

Bauingenieur

Die richtungweisende Zeitschrift im Bauingenieurwesen

Inhaltsverzeichnis

Zentrales Logistikmanagement auf innerstädtischen Baustellen

• Teil 1 – Strategische Umsetzung

1. Einleitung
2. Zentrales Logistikmanagement in der Bauproduktion
3. Aufgabenteilung Zentrales Logistikmanagement – Unternehmer
4. Fazit

• Teil 2 – Operative Umsetzung

1. Einleitung
2. Prinzip der Fließfertigung
3. Phasenunabhängige Konzepte
4. Phasenabhängige Konzepte
5. Fazit und Ausblick

Zentrales Logistikmanagement auf innerstädtischen Baustellen – Strategische Umsetzung

G. Girmscheid, S. Etter

Zusammenfassung In diesem Artikel wird zuerst die Problematik des hohen Anteils an unproduktiver Arbeitszeit auf Hochbaustellen erläutert, worauf die Autoren ein neues Logistik-konzept auf Basis des Supply Chain Management, der Shared Service Centres und der Consolidation Centres herleiten. Für das entwickelte Konzept des zentralen Logistikmanagements wird ein umfassendes Planungsmodell vorgestellt sowie der Umfang des Baulogistikfeinkonzeptes erläutert. Schlussendlich wird die Arbeitsteilung zwischen dem zentralen Logistikmanagement und den ausführenden Unternehmen im Hinblick auf die Minimierung der Schnittstellen aufgezeigt.

Centralized logistics management for intra-urban construction sites – strategical implementation

Abstract The issue of the high percentage of unproductive working time on urban building construction sites is illustrated in this publication. According to this problem, a new logistics concept is developed by the authors, which is based on the theory of Supply Chain Management, Shared Service Centres and Consolidation Centres. Furthermore, a holistic planning model is introduced for this central logistic management and the coverage of the detailed logistics concepts of construction is illustrated. Finally, the division of labour between the central logistics management and the executing companies is illuminated with the focus on how the amount of interfaces can be minimized between them.

1 Einleitung

1.1 Problemstellung

Als zentrales Steuerungs- und Lenkungsorgan hat die Logistik in der gesamten Industrie stark an Bedeutung gewonnen. Während in der stationären, verarbeitenden Industrie die Logistik (z.B. in der Automobilbranche) bereits stark industrialisiert und rationalisiert wurde, sind in der Bauindustrie die entsprechenden Logistik-konzepte noch in Entwicklung oder werden

nur zögerlich umgesetzt [1]. Insbesondere in der Bauindustrie besteht aber Potential für Effizienzsteigerungen im Bereich der Logistik: Laut Boenert [2], Krauss [3], Schmidt [4] und Seemann [5] werden im Hochbau lediglich ca. 30% der gesamten Arbeitszeit für die Haupttätigkeiten eingesetzt. Von den restlichen 70% der Arbeitszeit identifizierte Krauss rund 52% als „schwachstellenverdächtige Zeitanteile, bei denen eine positive Beeinflussung durch eine verbesserte Logistik möglich wäre“ [3, Kap. 1, S. 5]. Die Aufteilung dieser 52% schwachstellenverdächtige Zeitanteile ist im **Bild 1** dargestellt. Die Hauptanteile, welche aus dem Bild 1 identifiziert und mittels einer verbesserten Logistik reduziert werden können, teilen sich auf die folgenden Tätigkeiten auf:

- Handtransporte 9 %
- Materialsuche 6 %
- Unnötiges Handeln und Wege 10 %

Entsprechend könnte durch die Elimination dieser Zeitanteile der Anteil der produktiven Arbeitszeit erhöht werden. Diese produktive Arbeitszeit wird als Zeitanteil der Haupt- und Nebentätigkeiten der unvermeidbaren Zeitanteile definiert. Zu den Haupttätigkeiten werden die Bauproduktionsprozesse der direkten Wertschöpfung, die auch meist als abrechenbare LV-Positionen definiert sind (wie Schalung montieren, Beton einbringen, Fliesen verlegen etc.) gezählt; bei den Nebentätigkeiten sind es die Supportprozesse wie beispielsweise Materialtransporte, Lagerung, Vorbereitung der Arbeiten (wie z.B. Gerüste aufstellen). Als weitere unvermeidbare Zeitanteile gelten zudem die Prozesse der Informationslogistik (Informationssammlung-, -verarbeitung und -verteilung), die ablaufbedingten Unterbrechungen (Warten auf Materialtransport mittels Turmdrehkran etc.), die persönlichen Unterbrechungen (Pausen, Rauchen, Toilette etc.) sowie die Abwesenheiten (Krankheit, Ferien, Militär).

Arbeitszeitverteilung Hochbau

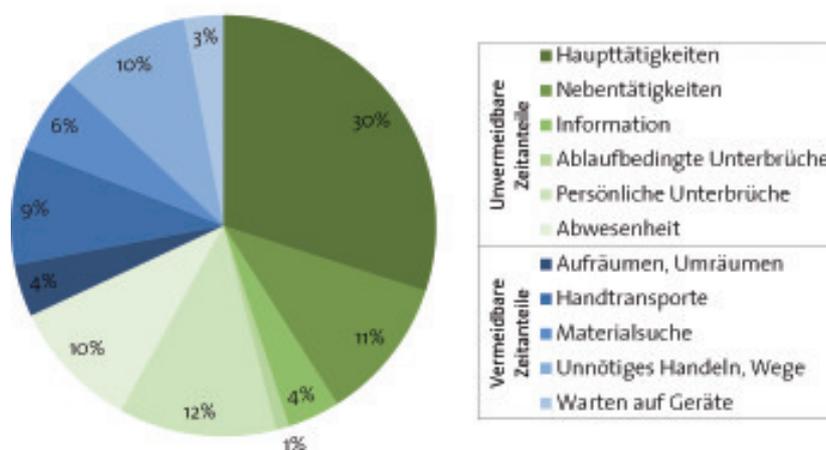


Bild 1. Anteile der Tätigkeiten an der Gesamtzeit bei Roh- und Ausbaurbeiten nach Krauss [3]
 Fig. 1. Proportion of the activities time for the shell and interior construction measured on the whole construction, according to Krauss [3]

Prof. Dr.-Ing. Gerhard Girmscheid

M.ASCE, John O. Bickel Award 2004 und 2005
 Professor für Bauprozess- und Bauunternehmensmanagement
 Vorsteher Institut für Bau- und Infrastrukturmanagement
 ETH Zürich, CH – 8093 Zürich
 girmscheid@ibi.baug.ethz.ch
 Tel. (+41) 44 633 3787

Sebastian Etter, MSc ETH Bau-Ing.

Wissenschaftlicher Assistent
 Institut für Bau- und Infrastrukturmanagement
 ETH Zürich, CH – 8093 Zürich
 etter@ibi.baug.ethz.ch
 Tel. (+41) 44 633 21 22

Die konventionellen Logistikkonzepte, welche bis anhin auf den meisten Hochbaustellen angewendet wurden, basieren darauf, dass den einzelnen Gewerken und Subunternehmern die Verantwortung für die Beschaffung, Anlieferung, Lagerung, Umschlagung, Wartung, Bereitstellung und Entsorgung sämtlicher Ressourcen übergeben wurde. Vom GU/TU werden oft nur noch Leistungs-, Termin- und Qualitätskontrollen durchgeführt – auf eine zentrale Koordination der Supportprozesse wird oft verzichtet. Da auf Hochbaustellen schnell mehrere Dutzend verschiedene Subunternehmer beteiligt sind, ergibt sich daraus eine sehr hohe Anzahl an verschiedenen Schnittstellen [4]. Daraus resultierende Konflikte werden in drei unterschiedliche Gruppen eingeteilt:

- Konflikte zwischen Fertigungsprozessen z.B. Behinderung von Betonierarbeiten durch die Fertigungsprozesse Schalen oder Bewehren
- Konflikte zwischen Fertigungs- und Logistikprozessen z.B. Behinderung von Transportwegen durch Ausbauarbeiten
- Konflikte zwischen Logistikprozessen z.B.

Doppelbelegung des Baukranes oder von Lagerflächen
Ein großer Teil dieser Konflikte tritt auf, weil die einzelnen Subunternehmer oft nicht im Sinne des Gesamtoptimums handeln und nur die persönliche Wertschöpfung zu optimieren versuchen. Dies auch ohne Rücksicht auf parallele oder folgende Prozesse, an deren Wertschöpfung sie nicht beteiligt sind. Sullivan, Barthorpe et al. [1] haben diese Problematik als Silo-Denken („silo mentality“) bezeichnet und als eines der Hauptursachen der fehlenden Effizienz im Baubetrieb identifiziert.

Die Konfliktsituationen durch nicht koordinierte Produktions- und Supportprozesse begünstigen die vermeidbaren Arbeitszeitanteile und können somit als eine der Ursachen der mangelnden Effizienz auf innerstädtischen Hochbaustellen identifiziert werden. Diese Problematik könnte durch Anreizsysteme für die Unternehmen versucht werden zu lösen. Mit diesem Anreizsystem müssen die Unternehmer dazu animiert werden, dass sie sich mehr am Gesamtoptimum orientieren und untereinander entsprechend koordinieren. Eine Möglichkeit zur Konfliktsituationsminimierung ist die zentrale Koordination durch den GU/TU oder den Bauherrn. Eine solche zentrale Logistikkoordination muss dann die Logistikbedürfnisse der parallel arbeitenden Gewerkeunternehmer koordinieren und hat die Aufgabe, diese Schnittstellen zu Nahtstellen zu machen. Im Folgenden wird ein Konzept des zentralen Logistikmanagements vorgestellt, das eine Stabsstelle der Gesamtleitung des GU/TU oder des Bauherrn sein sollte.

1.2 Stand der Technik

1.2.1 Logistik

Weber definierte in seiner Arbeit die Logistik als eine 4-R-Aufgabe, welche besagt, dass „Die richtigen Produkte im richtigen Zustand zur richtigen Zeit am richtigen Ort“ [6, Kap. 2, S. 9] sein müssen, wobei diese Aussage oft noch durch richtige Menge, richtige Qualität oder richtiger Preis ergänzt wird. Schönsleben definierte zusätzlich zu der Logistik noch folgendermaßen das Logistikmanagement: „Logistik ist die Organisation, die Planung und Realisierung des Flusses und der Speicherung von Gütern, Daten und Steuerung entlang des Produktlebenszyklus. Logistikmanagement ist die effek-

tive und effiziente Führung der Logistik-Aktivitäten, um die Bedürfnisse der Kunden zu erfüllen“ [7, Kap. 1, S. 7].

Im vorliegenden Artikel wird die Logistik nach der Definition von Schönsleben [7] verstanden, wobei die Kunden die ausführenden Unternehmer und als Ziel des Logistikmanagements die Definition nach Weber [6] aufgefasst wird. Die Baulogistik kann somit als Überbegriff für die Supportprozesse für die Bauproduktionsprozesse (Fertigungsprozesse) angesehen werden. Die Aktivitäten der Supportprozesse umfassen sämtliche Tätigkeiten, welche unter die Beschaffung, Anlieferung, Sortierung und Kommissionierung, Lagerung, Aufbereitung, Bearbeitung, Wartung, das Umschlagen und die Bereitstellung sämtlicher benötigter Ressourcen fallen. Als Ressourcen gelten die materiellen wie auch immateriellen Güter, welche in der Bauproduktion benötigt werden. Dies sind:

- die Baustoffe
- die Bauhilfsmittel
- die Baustelleneinrichtung
- die Arbeitskräfte
- die Informationen
- die Finanzmittel

1.2.2 Supply Chain Management im Bauwesen

Die Association for Operations Management (APICS) fasst als Supply Chain Management (SCM) sämtliche Maßnahmen zusammen, welche für ein holistisches Bewirtschaften einer Supply Chain (SC) notwendig sind [8]. Als SC werden die Ressourcenströme für ein bestimmtes Produkt bezeichnet, mit welchen der gesamte Lebenszyklus erfasst wird. Wird zusätzlich der Informationsfluss vom Kunden (Bedürfnisse) erfasst, spricht Hilletoth [9] von der Demand Chain (DC) und in Kombination mit der SC entsprechend von der Demand Supply Chain (DSC).

Während Ebrahimy, AbouRizk et al. [10] oder auch Simchi-Levi, Kaminsky et al. [11] SCM-Konzepte für das Bauwesen nach der Definition von APICS entwickelten, haben Akintoy, McIntosh et al. [12] sowie Vrijhoef und Koskela [13] aufgezeigt, dass in der Bauwirtschaft ein erfolgreiches SCM durch langfristige Partnerschaften möglich ist. Durch diese langfristigen Partnerschaften können die DC direkt in das SCM eingebunden werden und im Idealfall würde dadurch das gesamte Netzwerk vom Rohstofflieferant bis zum Bauwerksnutzer abgedeckt werden. Nach Akintoy, McIntosh et al. [12] sind im Vereinigten Königreich (UK) erste Ansätze zu diesen langfristigen Partnerschaften zwischen einzelnen Bauunternehmer zu beobachten.

Krauss [3] hat in ihrer Arbeit das SCM im Bauwesen als Projekt Supply Chain Management (PSCM) aufgefasst, da Bauwerke üblicherweise einen Prototypcharakter aufweisen. Sie betonte dabei, dass im Bauwesen durch das SCM bislang nur geringe Verbesserung erreicht werden könnten. Vrijhoef und Koskela [13] haben aber bereits zuvor aufgezeigt, dass durch die konsequente Umsetzung der folgenden Grundsätze

- der Informationstransparenz,
- der Stabilität der Bauproduktionsprozesse bei Projektrisiken,
- der Synchronisierung der Materialflüsse,
- der Bewirtschaftung von kritischen Ressourcen und
- des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses (KVP) siehe auch [14, Kap. 10.2, S. 618]

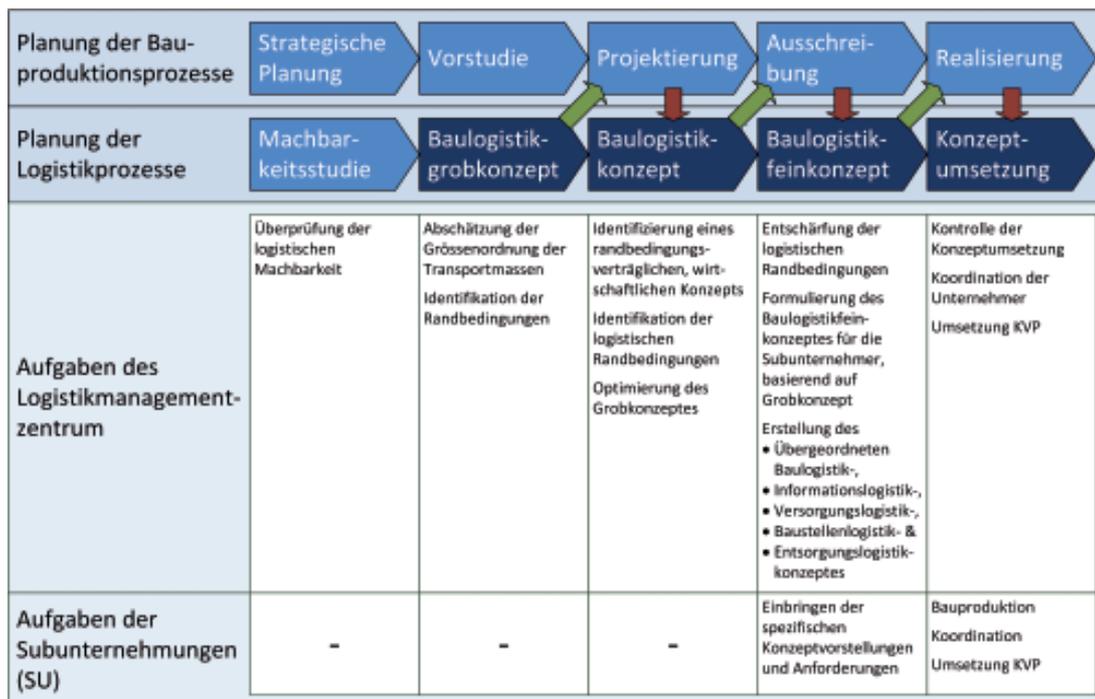


Bild 2. Aufgabenteilung in der parallelen und rollierenden Bauprozessplanung
Fig. 2. Division of labour in a parallel and rolling planning of construction processes

weitreichende Effizienzsteigerungen im Baubetrieb mittels SCM erreicht werden können. Um eine Effizienzsteigerung im Bauprozess durch eine holistische Bewirtschaftung der Baulogistik zu erreichen, müssen in einem ersten Schritt sämtliche Versorgungsketten (als SC) vom Rohmaterial bis zur Endmontage inklusive den entsprechenden Akteuren identifiziert werden. Als zweiter Schritt muss untersucht werden, an welchen Stellen und in welchen Prozessen Ineffizienzen vorhanden sind und als dritter Schritt werden diese eliminiert. Ineffizienzen können beispielsweise unzuweckmäßige Controllingstellen, entbehrliche Zwischenhändler oder überdimensionierte Materiallager sein. Dabei besteht eine geeignete Optimierungsstrategie, welche auch für das Konzept des zentralen Logistikmanagements angewandt wurde, darin, die Anzahl der Schnittstellen zu minimieren.

1.2.3 Shared Service Centres und Consolidation Centres

Nach Fischer und Sterzenbach [15] sowie Ibold und Mauch [16] eignen sich die Shared Service Centres (SSC) insbesondere für eine effiziente und effektive Bereitstellung von Supportprozessen und -ressourcen, welche unabhängig von den Kernprozessen sind oder sich leicht von diesen separieren lassen. Während Fischer und Sterzenbach [15] sowie Ibold und Mauch [16] die theoretische Effizienzsteigerung durch die Einrichtung von SSC aufzeigten, haben Schmidt [4], Sobotka, Czarnigowska et al. [17, 18] sowie Vrijhoef und Koskela [13] in ihren Veröffentlichungen nachgewiesen, dass durch ein zentrales Logistikmanagement nach den Grundsätzen des SCM signifikante Effizienzsteigerungen im Baustellenbetrieb möglich sind. Sullivan, Barthorpe et al. [1] haben zur Verbesserung der Baulogistik die Konzept der Consolidation Centres (CC) entwickelt. Die CC werden an strategisch günstig gelegenen Standorten installiert (in der Nähe der Baustelle und gut erschlossen per Bahn oder Straße), mit einem Warehouse-System versehen und dienen als kurzfristigen Speicher sämtlicher Ressourcen, um einen kontinuier-

lichen und störungsfreien Materialfluss gewährleisten zu können.

Das Konzept des zentralen Logistikmanagements, welches in dieser Veröffentlichung vorgestellt wird, ergänzt das Konzept der CC, indem es zusätzlich die Supportprozesse koordiniert während es die notwendigen Ressourcen für einen erfolgreichen Bauproduktionsprozess bereitstellt. Die Konzepte der SSC und CC werden somit nach den Grundsätzen von Vrijhoef und Koskela [13] für das zentrale Logistikmanagement erweitert, wobei der Schwerpunkt der Tätigkeiten bei der Informationslogistik liegen wird.

2 Zentrales Logistikmanagement in der Bauproduktion

Das übergeordnete Ziel des zentralen Logistikmanagements ist die optimale und kontinuierliche Versorgung der Bauproduktionsprozesse mit den notwendigen Ressourcen und Informationen, um dadurch einen stetigen Bauproduktionsprozess mit gleichmäßiger Auslastung (Fließfertigung) zu erreichen. Die Bauproduktion als Leitprozess sollte möglichst unter keinen Umständen durch mögliche Konfliktsituationen der Ver- und Entsorgung gehemmt oder blockiert werden. Um dies sicherzustellen, ist die Hauptaufgabe des zentralen Logistikmanagements die Koordination und Kontrolle der Support- wie aber auch der Bauproduktionsprozesse. Ein wichtiges Hilfsmittel hierzu ist das Schnittstellenmanagement der parallelen und der sequentiellen Produktionsprozesse.

2.1 Planung des Logistikkonzeptes

Um sicherzustellen, dass das zentrale Logistikmanagement die Koordination- wie auch die Kontrollfunktion der Bauproduktions- und Supportprozesse [14] effizient durchführen kann, muss die Logistikplanung durch das zentrale Logistikmanagement als Stabsstelle der Gesamtleitung eines Projektes durchgeführt werden. Bei der Planung durch eine untergeordnete Stelle oder separater Planung in Teilprojekten be-

steht das Risiko, dass einzelne Bauproduktionsprozesse und Supportprozesse nicht oder zu wenig berücksichtigt werden, wodurch die Qualität der Supportprozesse sinkt und das Konfliktpotential auf der Baustelle steigt.

Die Planung der Logistikprozesse als Stabsstelle der Projektgesamtleitung muss zudem als rollierende Planung über die Projektphasen ausgestaltet werden, so dass einerseits die Wechselwirkung mit der Planung der Bauproduktionsprozesse berücksichtigt werden kann und auf veränderte Randbedingung reagiert werden kann. Im Folgenden wird der an die SIA 112 [19] angelehnte Planungsprozess erläutert (**Bild 2**).

Während der Strategischen Planung wird betreffend der Logistik eine Machbarkeitsstudie durchgeführt, um die logistische Durchführbarkeit nachzuweisen. Im darauf aufbauenden Baulogistikgrobkonzept wird durch das zentrale Logistikmanagement eine Massenermittlung der Transportmassen durchgeführt sowie die allgemeinen Randbedingungen für die weiterführende Planung und Ausführung identifiziert. Diese Ergebnisse fließen (erster grüner Pfeil in Bild 2) dann entsprechend in die Projektierungsphase der Bauproduktionsprozesse ein, deren Ergebnisse wiederum in das auf dem Baulogistikgrobkonzept basierende Baulogistikkonzept einfließen (erster roter Pfeil).

Um ein möglichst wirtschaftliches Baulogistikkonzept zu erhalten, werden dazu die spezifischen logistischen Randbedingungen identifiziert. Die Optimierung des Baulogistikgrobkonzeptes in der SIA Phase Projektierung anhand der spezifischen Randbedingungen ergibt das Baulogistikkonzept. Dieses Baulogistikkonzept wird anschließend mit den Ausschreibungsunterlagen mit den besonderen Bestimmungen an die offerierenden Unternehmer ausgegeben (zweiter grüner Pfeil).

Nach der erfolgreichen Ausschreibung fließen über die Vertragsverhandlungen mit den ausführenden Unternehmern weitere spezifische Konzeptvorstellungen und Anforderungen an das Logistikkonzept [20] ein (zweiter roter Pfeil). Aus diesem Input der Unternehmer und dem Baulogistikkonzept resultiert das Baulogistikfeinkonzept, welches aus dem übergeordneten Logistikkonzept und den einzelnen Konzepten der Informationslogistik, der Versorgungslogistik, der Bauproduktionslogistik und der Entsorgungslogistik besteht. Dabei ist zu beachten, dass das übergeordnete Logistikkonzept als Basis für die phasenabhängigen Konzepte der Informations-, Versorgungs-, Baustellen- und Entsorgungslogistik dient.

Die als Baulogistikfeinkonzept zusammengefassten Einzelkonzepte fließen als Vertragsbestandteile in die Werkverträge mit den Unternehmen ein (dritter grüner Pfeil) und werden während der Realisierung umgesetzt. Die einzelnen Konzepte des übergeordneten Logistikkonzepts sind keine statischen Konzepte, sondern werden über entsprechende Rückmeldungen der Akteure im Baubetrieb phasenabhängig kontinuierlich verbessert und ergänzt (KVP, dritter roter Pfeil).

2.2 Umfang des Baulogistikfeinkonzeptes

Die Leistungsbereiche des zentralen Logistikmanagements umfasst die Sicherstellung der im **Bild 3** dargestellten vier



Bild 3. Aufgabenbereiche der Bauproduktionslogistik
Fig. 3. Areas of activities in construction logistics

Aufgabenbereiche [3] der Bauproduktionslogistik während der gesamten Dauer der Projektentwicklung.

Um die Produktionsbereiche der verschiedenen parallel arbeitenden Unternehmen in einem Bauprojekt effizient sicherzustellen, ist es notwendig, dass für die einzelnen Produktionsbereiche (Herstellung / Montage) Konzepte ausgearbeitet werden, welche auf ein übergeordnetes Logistikkonzept abgestimmt sind. Das übergeordnete Logistikkonzept eines Bauprojekts garantiert dabei ein kohärentes und auf die Fließfertigung der parallel arbeitenden (Sub-)Unternehmer abgestimmtes Baulogistikfeinkonzept, welches durch das zentrale Logistikmanagement vorgegeben wurde. Um das Baulogistikfeinkonzept systematisch zu strukturieren, kann es entsprechend dem **Bild 4** gegliedert werden. Dabei muss zwischen den beiden Grundtypen „phasenunabhängiges Logistikkonzept“ und dem „phasenabhängigen Logistikkonzept“ unterschieden werden. Diesen beiden Grundtypen werden die folgenden Konzepte zugewiesen:

- Phasenunabhängige Logistikkonzepte
 - Übergeordnetes Logistikkonzept
 - Vertikales Informationslogistikkonzept
- Phasenabhängige Logistikkonzepte
 - Horizontales Informationslogistikkonzept
 - Versorgungslogistikkonzept
 - Baustellenlogistikkonzept
 - Entsorgungslogistikkonzept

2.2.1 Phasenunabhängige Logistikkonzepte

Die phasenunabhängigen Logistikkonzepte stellen die Randbedingungen und generellen Richtlinien für die phasenabhängigen Konzepte dar, anhand dessen diese entwickelt werden.

Der erste Bestandteil der phasenunabhängigen Logistikkonzepte ist das übergeordnete Logistikkonzept, in welchem die notwendigen und die hinreichenden Ziele mit den dazugehörigen Instrumenten und Maßnahmen definiert werden. Das übergeordnete Logistikkonzept besteht aus den folgenden Konzepten: Das Baustelleninfrastrukturkonzept definiert die notwendige Baustelleneinrichtung, um den Informations- und Ressourcenfluss störungsfrei sicherzustellen. Das Umweltkonzept beinhaltet die Maßnahmen, mit welchen die Beeinflussung der Umwelt durch die Baustellenemissionen (Verkehr, Lärm, Staub, Erschütterungen) minimiert werden.

Der zweite Bestandteil ist das vertikale Informationslogistikkonzept, in welchem der Informationsaustausch zwischen den einzelnen Phasen so geregelt wird, dass die nachfolgenden Prozesse stets auf ein vollständiges Dossier mit den notwendigen Informationen zugreifen können. Dies beinhaltet somit einerseits das Reporting, das Sitzungswesen und den Dokumentenfluss. Im vertikalen Informationslogistikkonzept werden auch die Schnittstellen zwischen den einzelnen sequentiell auszuführenden Gewerken geregelt. Im eben-

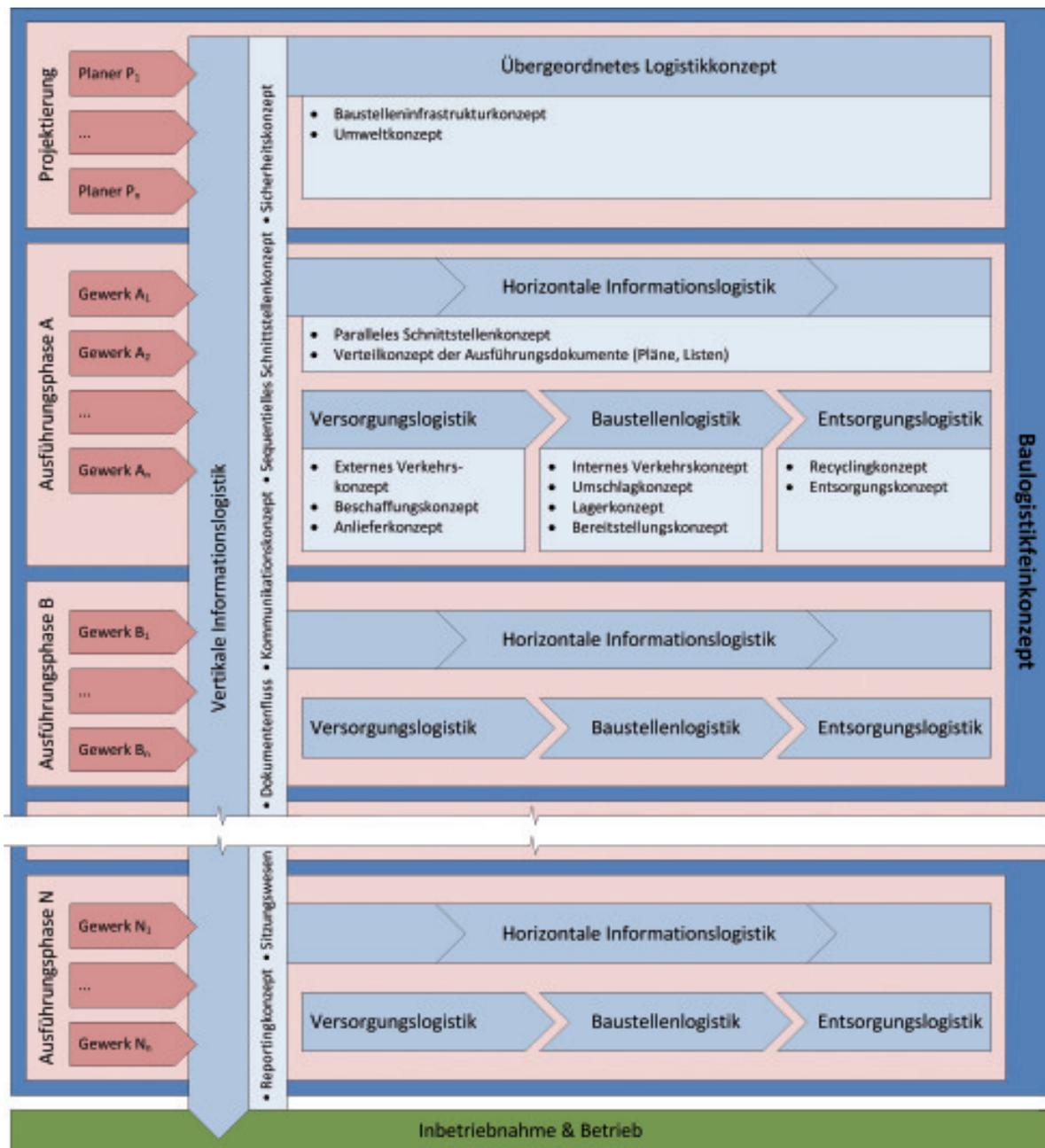


Bild 4. Leistungsbereiche des zentralen Logistikmanagements
 Fig. 4. Field of activities of a central logistics management

falls enthaltenen Kommunikationskonzept werden die Instrumente definiert, mit welchen die betroffene Öffentlichkeit über die Baustelle aktiv wie auch passiv informiert werden wird. Ein weiterer nicht zu vernachlässigender Bestandteil ist das Sicherheitskonzept, in welchem einerseits der Sicherheits- und Gesundheitsplan (SiGePlan) und andererseits auch die Zutrittskontrollen auf die Baustelle geregelt werden.

2.2.2 Phasenabhängige Logistikkonzepte

Die phasenabhängigen Logistikkonzepte definieren für jede einzelne Ausführungsphase (z.B. Aushub, Gründung, Rohbau, Gebäudehülle etc.) ein ganzheitliches Logistikkonzept [20].

Der erste Bestandteil der phasenabhängigen Logistikkonzepte ist das Baustellenlogistikkonzept. In diesem Konzept werden das interne Verkehrskonzept des Baustellenverkehrs, das Umschlagkonzept der angelieferten Materialien,

re auf der Baustelle die notwendigen Unterlagen für eine korrekte Ausführung haben (Pläne, Listen etc.). Zudem werden im horizontalen Informationslogistikkonzept auch die Schnittstellen zwischen den einzelnen parallel auszuführenden Gewerken geregelt.

Der zweite Bestandteil ist das Versorgungslogistikkonzept, mit welchem die Beschaffung, die Anlieferung und der externe Verkehr geregelt werden. Beim Beschaffungskonzept gilt anzumerken, dass durch das zentrale Logistikmanagement lediglich die Mindestanforderungen an die entsprechenden Ressourcen gestellt werden sollten, die Beschaffung selbst sollte durch den ausführenden Unternehmer geplant, durchgeführt und sichergestellt werden.

Der dritte Bestandteil der phasenabhängigen Logistikkonzepte ist das Baustellenlogistikkonzept. In diesem Konzept werden das interne Verkehrskonzept des Baustellenverkehrs, das Umschlagkonzept der angelieferten Materialien,

das Lagerkonzept und das Bereitstellungskonzept sämtlicher Ressourcen geregelt.

Der vierte und letzte Bestandteil stellt das Entsorgungskonzept dar. In diesem wird einerseits das Recyclingwesen im Recyclingkonzept geregelt, wie aber auch das Entsorgungskonzept für die nicht wiederverwertbaren Reststoffe aufgestellt.

3 Aufgabenteilung Zentrales Logistikmanagement – Unternehmer

3.1 Ressourcen

In der Baulogistik müssen die sechs erwähnten Ressourcentypen für eine erfolgreiche Baulogistik vom zentralen Logistikmanagement über die Konzepte des Baulogistikfeinkonzepts gemanagt werden. Diese Ressourcen werden folgendermaßen definiert:

– Baustoffe

Die Baustoffe umfassen sämtliche Baumaterialien, welche auf der Baustelle in das Gesamtbauwerk eingebaut werden. Dies sind beispielsweise Beton, Schüttmaterial, Fertigteile, Lüftungsrohre etc. wie aber auch die entsprechenden Befestigungs- und Zusatzteile welche zur Montage benötigt werden. Es kann sich um Baumaterialien für das endgültige Bauwerk wie aber auch für temporäre Bauhilfskonstruktionen (z.B. Spundwände) handeln.

– Bauhilfsmittel

Die Bauhilfsmittel umfassen sämtliche mobilen Umschlag-, Montage- und Arbeitsgeräte und -einrichtungen, welche benötigt werden, um die Bauproduktionsprozesse effektiv und effizient auszuführen. Die Arbeitsgeräte sind nur temporär auf der Baustelle und werden im Regelfall nach der Beendigung der entsprechenden Ausführungsphase wieder entfernt. Hierzu gehören die Baugeräte wie der Hydraulikbagger, LKW, Mobilkrane, Betonpumpen, Schalung etc.

– Baustelleneinrichtung

Die Baustelleneinrichtung umfasst sämtliche temporären, immobilen Einrichtungen, welche für eine effektive und effiziente Bauproduktion benötigt werden. Diese Einrichtungen werden im Regelfall nach der Fertigstellung entweder rückgebaut oder umgenutzt. Zu Baustelleneinrichtungen gehören beispielsweise die Baubüros, Baustellenenergieversorgung, Baustraßen, Ortbetonanlagen, Lagerplätze, Entsorgungsinfrastruktur etc.

– Arbeitskräfte

Zu den Arbeitskräften gehören sämtliche personellen Ressourcen der Bauproduktion inklusive den entsprechenden persönlichen Arbeitsinstrumenten und dem Kleinwerkzeug.

– Information

Zu der Ressource Information gehören sämtliche digitalen und analogen Unterlagen über das technische Wissen und die Erfahrungen, welche in der Planungs- und Ausführungsphase neu entwickelt oder gesammelt wurden.

– Finanzen

Zu den Finanzen gehören sämtliche Geldströme, welche benötigt werden, um die Planung, Ausführung und Übergabe zu finanzieren. Die Finanzströme werden immer über den Bauherrn respektive über den GU/TU abgewickelt, wobei auch das Controlling bei diesen verbleibt. Aus diesen Gründen werden die Finanzströme in dieser Arbeit nicht weiter berücksichtigt. Es sei aber erwähnt,

dass die Finanzen sorgfältig im Voraus geplant werden müssen, da bei Liquiditätsengpässen aufwendige Umplanungen, Bauverzögerungen oder Baustopps drohen.

3.2 Arbeitsphasen

Um die aufgeführten Ressourcen im Sinne einer holistischen Logistik effektiv und effizient managen zu können, sind verschiedene Arbeitsphasen notwendig. Diese Arbeitsphasen können für die einzelnen SC der Baustoffe, Bauhilfsmittel, Baustelleneinrichtung, Arbeitskräfte und Informationen folgendermaßen strukturiert werden:

– Planung

In der Planungsphase werden die 4-R-Aufgabe für die einzelnen Ressourcen nach Weber [6] bearbeitet. Diese Aufgabe kann in der Planung in die folgende 4-W-Aufgabenstellung [21] umformuliert werden: Was? Wie? Wann? Wo? Die Planungsphase endet im Regelfall mit dem Beschaffungsauftrag, kann aber auch rollierend weitergeführt werden.

– Beschaffung

In der Beschaffungsphase werden die entsprechend geplanten Ressourcen besorgt. Die Ressourcen können entweder bereits im Eigentum oder Besitz der mit der Beschaffung beauftragten Partei sein oder sie müssen erst noch besorgt werden. Die Beschaffungsphase endet meist mit der Anlieferung der entsprechenden Ressourcen auf der Baustelle. Bei den Bauhilfsmitteln, der Baustelleneinrichtung und den Arbeitskräften ist hinsichtlich einer holistischen Logistik auch die Rückführung ein Bestandteil der Beschaffung.

– Bereitstellung

In der Bereitstellungsphase werden die Ressourcen von der Anlieferung entgegengenommen, aufbereitet, umgeschlagen, eingelagert und zum richtigen Zeitpunkt der Bauproduktion zur Verfügung gestellt. Die Bereitstellung erfolgt kontinuierlich zum Bauproduktionsprozess (z.B. bei Ortbeton) oder bei der Rückführung (z.B. bei Baugeräten) zum Lager- oder Abstellplatz.

– Koordination

Die Koordination läuft parallel zu sämtlichen Arbeitsphasen und umfasst die Tätigkeiten, welche für den stetigen Informationsabgleich und Reaktionen auf veränderte Bedingungen notwendig sind. Zu den Koordinationsaufgaben gehören beispielsweise Sitzungen, Rapporte sowie Anfragen für zusätzliche Ressourcen und deren Bewilligungen oder Zurückweisungen.

Bei der Sicherstellung des Informationsfluss, welcher sehr eng über die Koordinationsaufgaben mit den anderen Ressourcen verknüpft ist, sind die Aufgabenphasen anders geordnet. Dies aus dem Grund, weil die Informationsbeschaffung und -bereitstellung nicht mehr gesondert betrachtet werden kann, sondern eine integrale Tätigkeit darstellt. Zudem ist die Planung geringfügig anders, die Wo-Frage ist nicht mehr relevant, da Informationen nicht ortsgebunden sind und wird durch die Frage nach dem Empfänger (Wer?) ersetzt. Weiter muss zwischen den Basis- und den Ausführungsdaten unterschieden werden. Die Aufgabenphasen der Informationslogistik sind entsprechend folgendermaßen gegliedert:

– Konzepterstellung

Die Konzepterstellung entspricht der Planungsphase mit der Bearbeitung der vier folgenden Fragen: Was für Informationen werden benötigt? Wie werden die relevanten In-

formationen gewonnen, aufbereitet und wie werden sie bereitgestellt? Wer benötigt die Informationen? Wann werden diese Informationen benötigt? Dabei muss das horizontale wie auch das vertikale Informationskonzept ausgearbeitet werden.

– Bereitstellung Basisdaten

Die Bereitstellung der Basisdaten umfasst sämtliche Prozesse, um die Ausführungsunterlagen aus der Bauprojektplanung den ausführenden Unternehmer zukommen zu lassen, inklusive der Beschaffung der Daten. Mit den Basisdaten muss das Bauwerk in der geplanten Qualität und in den geplanten Zeitfenstern erstellt werden können. Die Informationen werden in Form von Plänen, Listen, Berichte etc. bereitgestellt. Die Bereitstellung der Basisdaten erfolgt gesondert pro Gewerk.

– Bereitstellung Ausführungsdaten

Die Bereitstellung der Ausführungsdaten umfasst sämtliche Prozesse der Beschaffung der Informationen über die tatsächlich auszuführenden Tätigkeiten. Dies sind beispielsweise Pläne, Koordinationslisten, Materiallisten etc. Nach vollendeter Ausführung sind Ausmaße und Rapporte über die ausgeführten Gewerke, insbesondere die Abweichungen zu den Basisdaten notwendig.

– Koordination

Zu den Koordinationstätigkeiten im Informationsfluss wird die Informationsverarbeitung zur fehlerfreien Interpretation der bereitgestellten Informationen gezählt. Die bereitgestellten Informationen müssen immer besprochen (koordiniert) werden, so dass alle beteiligten Seiten diese korrekt interpretieren. Dies kann über Sitzungen, Berichte oder auch informelle Treffen geschehen. Die Maßnahmendefinition bei Abweichungen und Störungen ist ebenfalls eine Tätigkeit der Informationskoordination.

3.3 Aufgabenteilung

Im Sinne der Schnittstellenoptimierung und Konfliktvermeidung müssen für die einzelnen Ressourcen während den einzelnen Arbeitsphasen die Schnittstellen eindeutig geregelt sein. Eine Übersicht für die Aufgabenteilung ist in **Bild 5** dargestellt.

Die Koordination sämtlicher Ressourcen und Arbeitsphasen kann nicht auf eine Partei beschränkt werden; hier sind immer alle Akteure gleichermaßen gefordert. Bei den Ressourcen Baustoffe, Baugeräte, Bauhilfsstoffe und Arbeitskräfte handelt es sich hierbei hauptsächlich um das Rapport- und Sitzungswesen, um den Informationsstand abzugleichen. Zudem beinhalten die Koordinationstätigkeiten auch die Anfragen resp. Bewilligung von außerplanmäßigen Ressourcen. Abgewickelt wird die Koordination über die Informati-

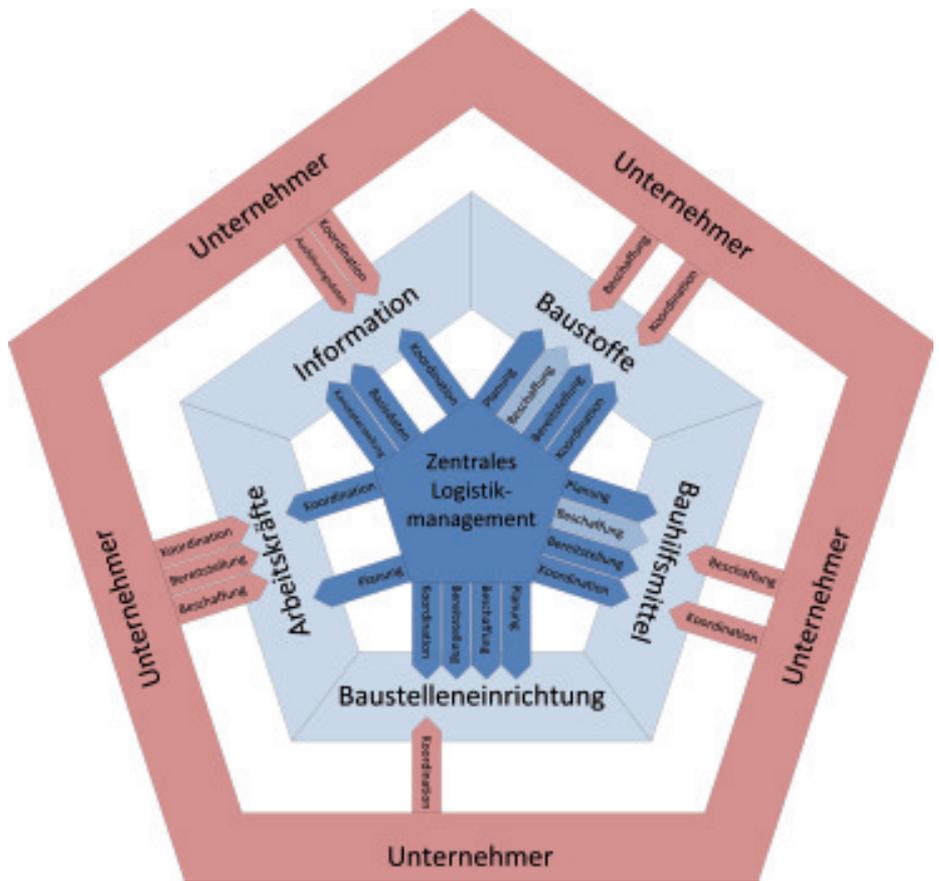


Bild 5. Aufgabenteilung zentrales Logistikmanagement – Unternehmer

Fig. 5. Division of labour between the central logistics management and the executing company

onlogistik, weshalb diese im Bereich „Information“ des Bildes 5 auch aufgeführt ist.

Die weiteren Arbeitsphasen für die einzelnen Ressourcen werden im Folgenden genauer erläutert.

3.3.1 Baustoffe

Bei den Baustoffen übernimmt das zentrale Logistikmanagement die globale Planung sämtlicher Ressourcen in der Projektierungsphase. Die Planung der Baustoffe erfolgt in einem ersten Schritt durch die technische Projektierung, so dass die Funktionalität und Sicherheit des Bauwerkes sichergestellt ist. Um die Logistik und somit die Ausführung des Bauwerkes möglichst effizient durchzuführen, soll in einem zweiten Schritt das zentrale Logistikmanagement die eingesetzten Baustoffe hinsichtlich des Transportes und der Montage optimieren. Dabei soll der Fokus möglichst auf leichte Fertigteile mit geringem Transportvolumen gelegt werden, welche mit einfachen Mitteln montiert werden können. Im Rahmen der Koordination sollten für eine praxisnahe Planung auch die Unternehmer mit in den Planungsprozess einbezogen werden.

Die Beschaffung der Ressourcen in der Ausführungsphase erfolgt durch den ausführenden Unternehmer selbst, da dieser im Regelfall eigene Lieferverträge abgeschlossen hat. Ein weiterer Grund ist, dass der Wettbewerb zwischen den Baustoffzulieferern nicht behindert und dadurch etwaige Preisvorteile aus der Hand zu gegeben werden sollen. Es obliegt somit in der Verantwortung der Unternehmer, dass die richtigen Baustoffe, im richtigen Zustand, zum richtigen

Zeitpunkt auf der Baustelle angeliefert werden. Die Anlieferung erfolgt immer zentral und die Baustoffe werden vom zentralen Logistikmanagement in Empfang genommen.

Das zentrale Logistikmanagement übernimmt die Koordination der Bereitstellung der Baustoffe, das betrifft zudem das Bewirtschaften der Lagerplätze für die Baustoffe zwischen der Anlieferung und dem Einbau. Dies kann bedeuten, dass die Baustoffe bei Just-in-Time (JiT) Anlieferungen direkt weiter zur Bauproduktion geleitet oder dass sie zuerst über Zwischenlager umgeschlagen werden, um bei beispielsweise kritischen Baustoffen Lieferengpässe überbrücken zu können oder Puffer für Leistungsschwankungen der Unternehmer aufzubauen.

3.3.2 Bauhilfsmittel

Bei den Bauhilfsmitteln übernimmt das zentrale Logistikmanagement analog den Baustoffen die Planung sämtlicher Ressourcen in der Projektierungsphase. Im ersten Schritt werden durch die technische Planung die Mindestanforderungen und Randbedingungen aufgestellt. In einem zweiten Schritt werden durch das zentrale Logistikmanagement die exakten Arbeitsgeräte und -einrichtungen für die optimale Versorgung der Bauproduktionsprozesse evaluiert. Dies muss mit einem ständigen Abgleich der Planungen mit den Baustoffen durchgeführt werden, so dass die Geräte optimal auf die Baustoffe – insbesondere die Fertigteile – abgestimmt sind. Um eine praxisnahe Planung zu erreichen, müssen im Rahmen der Koordination ausführende Unternehmer mitbezogen werden.

Die Beschaffung der Bauhilfsmittel in der Ausführungsphase erfolgt wiederum durch den ausführenden Unternehmer, welchem im Regelfall ein entsprechender Maschinenpark bereits zur Verfügung steht. Sollte das zentrale Logistikmanagement über den GU/TU oder Bauherrn einen eigenen Maschinenpark besitzen, ist es aus Kostengründen auch möglich, dass die Beschaffung durch diesen durchgeführt wird. Die Beschaffung der Bauhilfsmittel umfasst wiederum alle notwendigen Tätigkeiten, um die Ressourcen auf die Baustelle zu liefern.

Die Bereitstellung erfolgt über das zentrale Logistikmanagement, welches den Gerätepark der Logistikinfrastruktur auf der Baustelle unterhält. Dies ist notwendig, um die meist stark eingeschränkten Platzverhältnisse auf innerstädtischen Baustellen auf Fertigungsflächen nicht noch weiter einzuschränken.

3.3.3 Baustelleneinrichtung

Bei der Baustelleneinrichtung übernimmt das zentrale Logistikmanagement die Planung der notwendigen immobilen Infrastruktur auf der Baustelle in der Projektierungs- und Ausschreibungsphase. Diese muss mit den einzelnen Bauphasen abgeglichen werden, wodurch diese im Regelfall abhängig von den einzelnen Bauphasen geplant und während der Realisierung entsprechend umgestellt wird. Denn jede Baustelle ist ein kontinuierlich sich veränderndes Produktionssystem. Bei der Planung soll besonders darauf geachtet werden, dass die Umbauphasen der Baustelleneinrichtung möglichst selten und geringfügig ausfallen, um die daraus folgenden Störungen der Bauproduktion zu minimieren. Die Planung sollte ebenfalls mit den ausführenden Unternehmern koordiniert erfolgen.

Da es sich bei der Baustelleneinrichtung um die zentrale Infrastruktur auf der Baustelle handelt, sollte die Beschaffung

wie auch die Bereitstellung durch das zentrale Logistikmanagement durchgeführt werden. Während der Ausführung melden die ausführenden Unternehmer beim zentralen Logistikmanagement ihre Bedürfnisse für den jeweiligen Bauproduktionsprozess an, worauf das zentrale Logistikmanagement die entsprechenden Kapazitäten während der entsprechenden Zeitdauer zur Verfügung stellt.

3.3.4 Arbeitskräfte

Bei den Arbeitskräften übernimmt das zentrale Logistikmanagement die Grobplanung der Größen der einzelnen Arbeitsequipen, um den Platzbedarf der einzelnen Gewerke in der Projektierungsphase abzuschätzen. Diese Planung der Größen wird dann nach Vergabe an die Bauaufträge angepasst. Die genaue Anzahl der Arbeiter wird schlussendlich durch den ausführenden Unternehmer angegeben. Die Unternehmer koordinieren dies aber mit dem zentralen Logistikmanagement, so dass rechtzeitig auf etwaige Platzprobleme reagiert werden kann.

Die Beschaffung und Bereitstellung der Arbeitskräfte erfolgt durch den ausführenden Unternehmer, weil diese eingespielte Arbeitsteams haben und für die qualitäts- und termingerechte Leistung verantwortlich sind. Dies garantiert einen effizienten Produktionsprozess mit einer kurzen Einarbeitungs- und Lernphase. Der Unternehmer muss zudem verpflichtet werden, die einzelnen Arbeitskräfte dem zentralen Logistikmanagement zu melden, so dass einerseits Schwarzarbeit verhindert und andererseits die Sicherheit auf der Baustelle gewährleistet werden kann.

Durch eine entsprechende Zutrittskontrolle sollte jeweils bekannt sein, wer sich auf der Baustelle befindet. Während die Regelung der Anzahl der Arbeiter kooperativ abgewickelt wird, sind die Zutrittskontrollen vom zentralen Logistikmanagement eindeutig vorgegeben.

3.3.5 Information

Bei der Informationslogistik besteht die erste Arbeitsphase im Erstellen der beiden Informationskonzepte (vertikales und horizontales Informationskonzept). Das Erstellen der beiden Informationskonzepte wird durch das zentrale Logistikmanagement durchgeführt. Mit dieser Maßnahme soll sichergestellt werden, dass das Informationskonzept systematisch strukturiert ist, um die Informationsflüsse einfach zu halten.

Die Bereitstellung der Basisdaten (dies beinhaltet ebenfalls deren Beschaffung) erfolgt über das zentrale Logistikmanagement, welches die entsprechenden Ausführungsunterlagen den zuständigen Unternehmern zukommen lässt.

Die Bereitstellung der Ausführungsdaten – dies beinhaltet ebenfalls deren Beschaffung (Pläne, Absteckungsdaten etc.) – erfolgt über die zentrale Logistikstelle, da diese direkt an der Informationsquelle ist und die Daten mittels eines vordefinierten Reportsystems (im vertikalen Informationskonzept geregelt) den Unternehmern zur Verfügung stellen kann. Die Aufbereitung der Daten nach ausgeführten Arbeiten sollte möglichst beim Unternehmer geschehen (Erstellen von Ausmaßen, Pläne des ausgeführten Werkes etc.), so dass das zentrale Logistikmanagement die verschiedenen Auswertungen aller Unternehmer effizient interpretieren kann, um schnellstmöglich etwaige Maßnahmen definieren zu können. Die Maßnahmendefinition erfolgt kooperativ mit den Unternehmern.

4 Fazit

Zusammenfassend kann als Fazit gezogen werden, dass durch eine konsequente Analyse der Ressourcen- und Informationsströme als SC und durch eine entsprechend angepasste Logistik im innerstädtischen Baubetrieb ein hohes Effizienzpotential brach liegt. Um dieses Potential auszuschöpfen, sind drei grundsätzliche Änderungen im Bauwesen notwendig:

1. Um das Gesamtoptimum eines Bauprojektes zu erreichen, müssen alle Akteure ihr Silo-Denken durchbrechen und sich kooperativ verhalten.
2. Um die Kooperation in den einzelnen Projekten zu stärken, sind wiederholende Partnerschaften wertvoll. Mit

langfristigen Partnerschaften können Partner von Anfang in die Planung miteinbezogen und Lernphasen in der Bauproduktion verkürzt werden.

3. Die Supportprozesse und Schnittstellen müssen zentral auf Stufe Bauherr oder GU/TU koordiniert und kontrolliert werden, um eine kontinuierliche und möglichst störungsfreie Versorgung der Bauproduktion zu gewährleisten.

Mit dem Konzept des zentralen Logistikmanagements können diese Grundsätze umgesetzt werden und eine entsprechende Leistungssteigerung bei gleichem personellem und zeitlichem Aufwand ist möglich. Die Zukunft eines effizienten Bauwesens liegt in der forcierten und partnerschaftlichen Kooperation.

Literatur

- [1] *Sullivan, G., S. Barthorpe, et al.* (2010). *Managing construction logistics*. Chichester, Wiley-Blackwell.
- [2] *Boenert, L.* (2010). *Kostensenkung durch ein zentrales Logistikmanagement*. *Baulogistik – Konzepte für eine bessere Ver- und Entsorgung im Bauwesen*. U. Clausen. Dortmund, Verlag Praxiswesen: 14–42.
- [3] *Krauss, S.* (2005). *Die Baulogistik in der schlüsselfertigen Ausführung : ein Modell für die systematische Entwicklung projekt- und fertigungs-spezifischer Logistikprozesse*. Berlin, Bauwerk.
- [4] *Schmidt, N.* (2003). *Wettbewerbsfaktor Baulogistik: neue Wertschöpfungspotenziale in der Baustoffversorgung*. Hamburg, Dt. Verkehrs-Verl.
- [5] *Seemann, Y. F.* (2007). *Logistikkoordination als Organisationseinheit bei der Bauausführung*. Aachen, Mainz.
- [6] *Weber, J.* (2008). *Simulation von Logistikprozessen auf Baustellen auf Basis von 3D-CAD Daten*. Dortmund, Universitätsbibliothek Technische Universität Dortmund.
- [7] *Schönsleben, P.* (2011). *Integrales Logistikmanagement Operations und Supply Chain Management innerhalb des Unternehmens und unternehmensübergreifend*. Heidelberg, Springer.
- [8] *APICS (2010)*. *Dictionary*. APICS – The Association for Operations Management. Chicago IL, APICS.
- [9] *Hilletoth, P.* (2011). „Demand-supply chain management: industrial survival recipe for new decade.“ *Industrial Management & Data Systems* 111(1–2): 184–211.
- [10] *Ebrahimy, Y., S. M. AbouRizk, et al.* (2011). „Symphony Supply Chain Simulator: a simulation toolkit to model the supply chain of construction projects.“ *Simulation-Transactions of the Society for Modeling and Simulation International* 87(8): 657–667.
- [11] *Simchi-Levi, D., P. Kaminsky, et al.* (2009). *Designing and managing the supply chain: concepts, strategies, and case studies*. Boston, Mass. [u.a.], McGraw-Hill/Irwin.
- [12] *Akintoye, A., G. McIntosh, et al.* (2000). „A survey of supply chain collaboration and management in the UK construction industry.“ *European Journal of Purchasing & Supply Management*(3–4): 159–168.
- [13] *Vrijhoef, R. und L. Koskela* (1999). „Roles of Supply Chain Management in Construction.“ *European journal of purchasing and supply management*: 14.
- [14] *Girmscheid, G.* (2010). *Strategisches Bauunternehmensmanagement prozessorientiertes integriertes Management für Unternehmen in der Bauwirtschaft*. Heidelberg, Springer.
- [15] *Fischer, T. und S. Sterzenbach* (2006). „ZP-Stichwort: Shared Service Centers.“ *Zeitschrift für Planung & Unternehmenssteuerung* 17(1): 123–128.
- [16] *Ibold, F. und H. Mauch* (2008). *Shared Services zwischen Zentralisierung und Dezentralisierung – Corporate Shared Services*. F. Keuper und C. Oecking, Gabler: 449–456.
- [17] *Sobotka, A. und A. Czarnigowska* (2005). „Analysis of supply system models for planning construction project logistics.“ *Journal of Civil Engineering and Management* 11(1): 73–82.
- [18] *Sobotka, A., A. Czarnigowska, et al.* (2005). „Logistics of construction projects.“ *Foundations Of Civil And Environmental Engineering* 6: 203–216.
- [19] *Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein* (2001). *SIA 112 – Leistungsmodell*. Zürich, SIA.
- [20] *Girmscheid, G.* (2010). *Angebots- und Ausführungsmanagement – Leitfaden für Bauunternehmen. Erfolgsorientierte Unternehmensführung vom Angebot bis zur Ausführung*. 2., bearb. und erw. Aufl., Springer Verlag, Berlin / vdf Hochschulverlag der ETH Zürich, Zürich.
- [21] *Girmscheid, G.* (2012). *Bauproduktionsprozesse des Tief- und Hochbaus*. 4. Aufl., Eigenverlag des IBI an der ETH Zürich, Zürich.

Zentrales Logistikmanagement auf innerstädtischen Baustellen – Operative Umsetzung

G. Girmscheid, S. Etter

Zusammenfassung Auf innerstädtischen Hochbaubaustellen wird ein grosser Anteil der eingesetzten Arbeitszeit nicht produktiv eingesetzt. Um die Effizienz und somit den Anteil der produktiven Arbeitszeit zu steigern, muss auf eine optimierte Logistik zurückgegriffen werden können, welche die Bauproduktionsprozesse optimal unterstützt. Ein mögliches Logistikmodell besteht in einem zentralen Logistikmanagement, welches sämtliche Supportprozesse und dadurch die Logistik managt. In der vorliegenden Veröffentlichung werden für innerstädtische Hochbaubaustellen praxisorientierte Logistikkonzepte erläutert und vorgestellt, mit welchen ein zentrales Logistikmanagement die Baustelle effizient mit den notwendigen Supportdienstleistungen versorgen kann. Um die verschiedenen Konzepte strukturiert und systematisch vorzustellen, wurde die Logistik in phasenunabhängige Konzepte und phasenabhängige Konzepte aufgeteilt. Die phasenunabhängigen Konzepte umfassen die vertikale Informationslogistik sowie die übergeordneten Logistikkonzepte, während in den phasenabhängigen Konzepten die horizontale Informationslogistik, die Versorgungslogistik, die Bauproduktionslogistik und die Entsorgungslogistik geregelt werden. Zudem wird das Logistikmanagement in die AVOR miteinbezogen; so kann sichergestellt werden, dass die Bauproduktionsprozesssteuerung optimiert auf eine Fließfertigung abgestellt wird. Weiter wird eine Koordination des Rohbaus und Ausbau mittels einer Stockwerklogistik ermöglicht. Als Fazit kann gezogen werden, dass ein effizienterer Baustellenbetrieb hauptsächlich durch eine verbesserte Informationslogistik erreicht werden kann, wobei hier vermehrt moderne EDV-Mittel mit zentralen Datenbanken und zentraler Datenverarbeitung zum Einsatz kommen müssen. Mit diesen Massnahmen sollen die nicht wertschöpfenden Tätigkeiten minimiert werden und somit die Effizienz im Baubetrieb gesteigert werden.

Centralized logistics management for intra-urban construction sites – operational implementation

Abstract A significant portion of operational hours on intra-urban construction sites is consumed by unproductiveness. A crucial part of increasing the percentage of productive operational hours, and as such improving efficiency, is relying on an optimized logistics concept, that fully supports the employed construction production processes. One possible logistics model consists of a central logistics management that oversees the logistics by means of support processes. This paper addresses practice-oriented logistics concepts for intra-urban construction sites, which in conjunction with a centralized logistics management can be used to efficiently supply construction sites with the necessary support services. For the purpose of presenting ideas in a structured and systematic fashion, logistics was subdivided into phase dependent and phase independent concepts. The phase independent concepts span the vertical information logistics as well as the higher-level logistics concepts, whereas the phase dependent concepts cover the horizontal information logistics, supply logistics, construction logistics and disposal logistics. Including logistics management during work prep ensures that the construction production control process is optimally aligned with the continuous production flow. Furthermore, coordination between shell and finishings is rendered possible by level logistics. Ultimately, it can be concluded, that an efficient day-to-day running of the construction site is achieved mainly by improved information logistics., wherein electronic data processing must take place in modern centralized databases, which should be employed to a greater extent. These provisions will minimize value reducing workings and thus increase efficiency during construction operation.

1 Einleitung

1.1 Problemstellung

Wie in Girmscheid und Etter [1] erläutert wurde, sind im Baubetrieb im Hochbau bis zu 30 % der eingesetzten Arbeitszeit schwachstellenverdächtig, d.h. sie werden nicht produktiv eingesetzt. Die Hauptursache dieser ungenügenden Effizienz ist oft eine mangelhafte Logistikkooperation oder nicht optimal auf die Bauproduktionsprozesse abgestimmte Supportprozesse. Dies kann jedoch durch das hier dargestellte Logistikmanagement signifikant verbessert werden.

Der Mangel an Kooperation macht sich insbesondere stark bei innerstädtischen Grossprojekten bemerkbar, in welchen die einzelnen Realisierungsetappen gestaffelt ausgeführt werden. Hier werden einerseits die Benutzer der bereits sich in Betrieb befindenden Etappen durch den Baustellenbetrieb durch Emissionen gestört, andererseits wird der Baustellenbetrieb durch Einschränkungen zum Schutz der Benutzer gehemmt.

Prof. Dr.-Ing. Gerhard Girmscheid

M.ASCE, John O. Bickel Award 2004 und 2005
Professor für Bauprozess- und Bauunternehmensmanagement
Vorsteher Institut für Bau- und Infrastrukturmanagement
ETH Zürich, CH-8093 Zürich
girmscheid@ibi.baug.ethz.ch
Tel. (+41) 44 633 3787
Fax (+41) 44 633 1452

Sebastian Etter, MSc ETH Bau-Ing.

Wissenschaftlicher Assistent
Institut für Bau- und Infrastrukturmanagement
ETH Zürich, CH-8093 Zürich
etter@ibi.baug.ethz.ch
Tel. (+41) 44 633 21 22

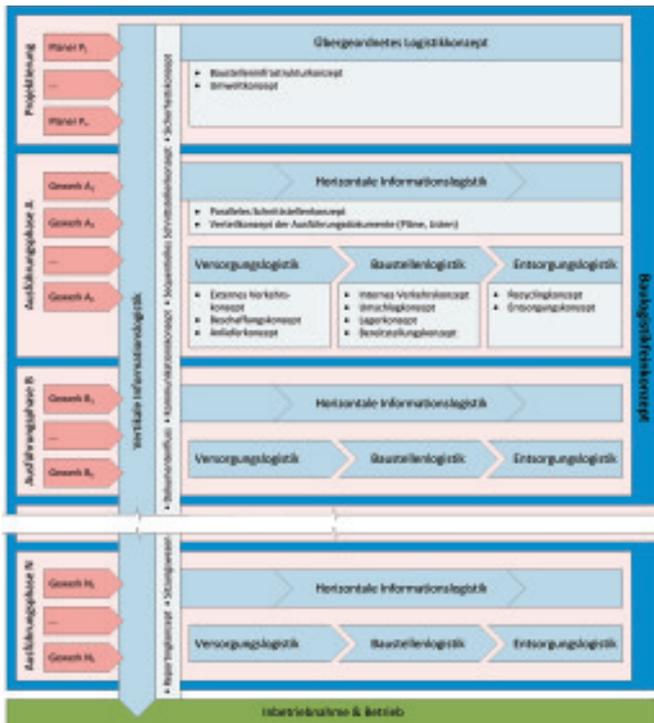


Bild 1. Logistikkonzepte des Bauglogistikfinkonzeptes
 Fig. 1. Logistics concepts of the detailed construction logistics concept

1.2 Lösungsansatz

Um die Problematik dieser schwachstellenverdächtigen Zeitanteile durch eine nicht optimale Supportprozess- und Bauproduktionsprozessplanung zu entschärfen, haben Girmscheid und Etter [1] ein Konzept für ein zentrales Logistikmanagement entwickelt.

Durch eine konsequente Analyse der Ressourcen- und Informationsströme als Supply Chain (SC) und durch eine angepasste Logistik im innerstädtischen Baubetrieb kann das brach liegende Effizienzpotential ausgeschöpft werden. Dies bedingt aber, dass einerseits vermehrt langfristige Partnerschaften zwischen den einzelnen ausführenden Unternehmer, den Planern sowie den GU/TU eingegangen werden und andererseits, dass eine neue Stabstelle beim GU/TU/Bauherr geschaffen wird, welche die Baustelle und insbesondere die Bauglogistik zentral steuert.

Mit diesen Massnahmen sollen optimale Logistikkonzepte für die Bauproduktion ermöglicht werden, in deren Planung die ausführenden Unternehmer möglichst frühzeitig mit eingebunden werden. Diese Logistikkonzepte, die einzelnen Konzepte sind im Bild 1 aufgeführt, müssen eine kontinuierliche und stetige Auslastung der Bauproduktion ermöglichen und dienen somit der Sicherstellung der Fließfertigung.

2 Prinzip der Fließfertigung

Um die schwachstellenverdächtigen Zeiten in der Bauproduktion zu minimieren, ist es notwendig, dass die einzelnen Fertigungsprozesse auf einander abgestimmt werden. Dies wurde einerseits durch Hasenclever, Horenburg et al. [2] mit der Strategie die Prozesse zu vereinfachen und harmonisieren, zu stabilisieren und regulieren sowie zu mobilisieren formuliert. Zudem wurde von Girmscheid [3] ein analytisches, generisches „Top-Down“-Vorgehen zur Entwicklung des Basisbauproduktionsprozesses und des Ressourcenplans vorgestellt. Diese systemische Bauproduktionsplanung resultiert in einer strukturierten Aufteilung des gesamten Bauproduktionsprozesses in Hauptprozesse, Modulprozesse und Elementarprozesse, deren Leistungsfähigkeit gegenseitig abgestimmt und optimiert werden muss. Die zu erreichende Fließfertigung hat eine kontinuierliche und gleichmässige Auslastung der einzelnen Arbeitsequipen mit möglichst repetitiven Arbeiten zum Ziel. Dadurch sollen einerseits die Schnittstellenkonflikte minimiert und andererseits Lerneffekte im fortschreitenden Bauproduktionsprozess erzielt werden.

Geeignete Darstellungsformen für die Fließfertigung sind einerseits die Gantt-Balkendiagramme, um die Zeitdauern und die Abhängigkeiten der einzelnen Prozesse darzustellen, andererseits auch sogenannte Flächenmodelle um den einzelnen Prozessen die notwendigen Fertigungsflächen wie aber auch Logistikflächen zuzuweisen. Im Bild 2 ist exemplarisch ein Ausschnitt aus einem solchen Flächenmodell gegeben, in welchem die Fertigungszonen für die einzelnen Ausbaugewerke vorgeben sind in Flächenmodellen können zudem Lager-, Verkehrsflächen und andere Flächen zusätzlich eingetragen werden.

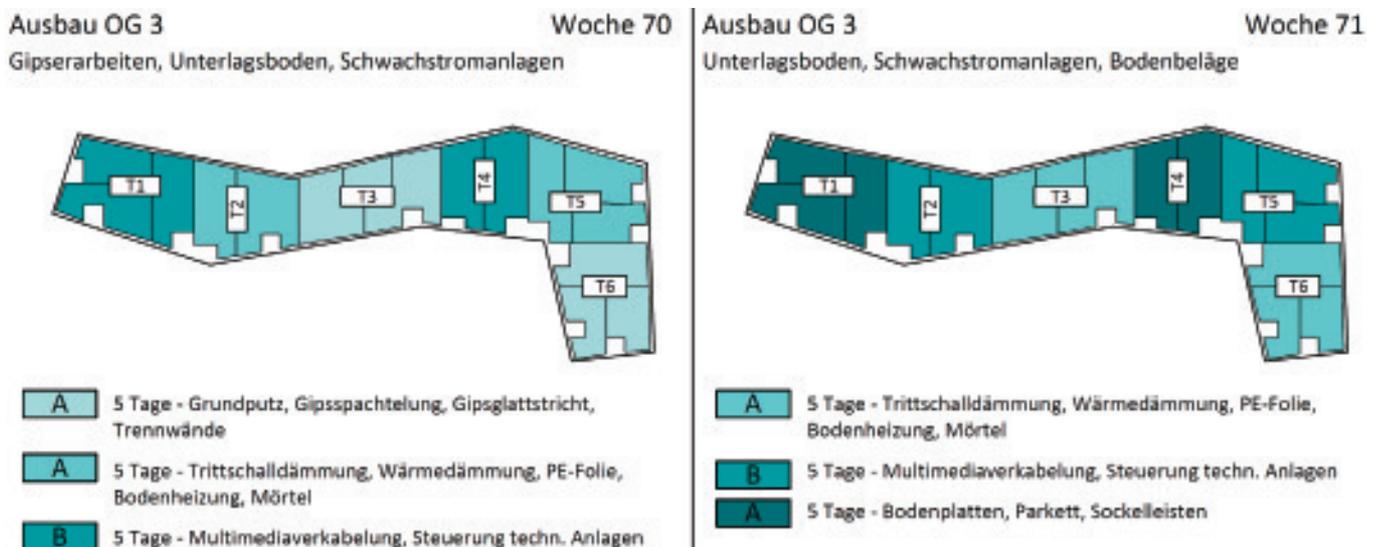


Bild 2. Ausschnitt aus dem Flächenmodell einer Hochbaustelle [4]
 Fig. 2. Part of a surface model of a high-rise construction site [4]

3 Phasenunabhängige Konzepte

3.1 Vertikale Informationslogistik

Das vertikale Informationskonzept regelt einerseits die physischen Einrichtungen welche notwendig sind, um die Informationen ersteller- und verbrauchergerecht zu sammeln und zu verarbeiten wie aber auch die informellen Strukturen um einen lückenlosen Informationsfluss zu erreichen. Das vertikale Informationskonzept hat eine zentrale Bedeutung, um einen gegen Störungen robusten Bauablauf erreichen zu können. Nur bei einem optimalen Informationsfluss können die Verantwortlichen bei Störungen sofort und korrekt entscheiden. Weiter können durch die von den Unternehmer zurückfliessenden Informationen (beispielsweise via Berichtswesen oder in Sitzungen) Korrekturmassnahmen für suboptimale Konzepte im Sinne eines KVP eingebracht werden. Zu den Bestandteilen des vertikalen Informationskonzepts gehören neben dem Organigramm des Projektes und der Baustelle folgende Inhalte:

- Das Reportingkonzept
Wer verfasst welchen Bericht mit welchem Mindestinhalt?
- Die Definition des Sitzungswesens
Welche Sitzungen mit welchen Traktanden und Teilnehmern in welchem Turnus?
- Der Dokumentenfluss
Wer verfasst welche Dokumente und über welchen Weg kommen diese zum Empfänger?
- Das Kommunikationskonzept nach aussen
Wie wird die Öffentlichkeit über die Baustelle informiert?
- Das sequentielle Schnittstellenkonzept
Welche Arbeitsphasen laufen sequentiell ab und wie müssen diese koordiniert werden?
- Das Sicherheitskonzept
Wer hat Zutritt auf die Baustelle, welche Sicherheitsregeln (Sicherheits- und Gesundheits-Plan) gelten auf der Baustelle?

Damit ein einheitlicher und kontinuierlicher Informationsfluss garantiert werden kann, müssen die Konzepte phasenunabhängig konzipiert werden. Bei sich ständig ändernden Abläufen in der Informationsbeschaffung, -verarbeitung und -verteilung besteht die Gefahr, dass ein mangelhafter Informationsfluss im Bauproduktionsprozess entsteht. Dies kann zu Verzögerungen oder Mängeln führen und somit Mehrkosten verursachen. Um ein innerstädtisches Grossprojekt erfolgreich und möglichst störungsfrei durchführen zu können, ist es notwendig, dass die Öffentlichkeit regelmässig informiert wird, um Akzeptanz oder mindestens Verständnis zu schaffen. Hierzu wurden von Merz [5] geeignete Massnahmen vorgestellt und erläutert.

3.2 Übergeordnetes Logistikkonzept

3.2.1 Baustelleninfrastrukturkonzept

Das phasenunabhängige Baustelleninfrastrukturkonzept umfasst sämtliche immobilen und mobilen Einrichtungen, welche über die gesamte Ausführungsphase auf der Baustelle im Einsatz sind. Anhand des Baustelleninfrastrukturkonzeptes werden die phasenabhängigen Konzepte ausgearbeitet. Es umfasst somit die folgenden Punkte [6]:

- Notwendige Umschlaggeräte und -einrichtungen
- Notwendige Infrastruktur zu Energieversorgung
- Notwendige Infrastruktur zur Wasser- und Abwasser-versorgung

- Notwendige Büro- und Sozialeinrichtungen
- Festlegung der grundsätzlich einzusetzenden Transportsysteme

Die Feinkonzipierung der ersten vier Punkte wird über die phasenabhängigen Konzepte geregelt, da diese im Verlauf der Bauausführung teilweise umgestellt bzw. angepasst werden müssen, um eine effiziente Bauproduktion ermöglichen zu können. Für das phasenunabhängige Konzept wird eine Grobplanung durchgeführt, welche als zwingende Basis für die Feinkonzepte dient. Im aufgeführten fünften Punkt des Baustelleneinrichtungskonzept wird ausgearbeitet, wie die Anlieferung grundsätzlich erfolgen soll. Im Regelfall erfolgt die Anlieferung per LKW oder per Bahn.

3.2.1 Umweltkonzept

Das phasenunabhängige Umweltkonzept umfasst die Auflagen der Behörden sowie die freiwilligen Massnahmen, welche zum Schutz der Umwelt im Baubetrieb getroffen werden müssen. Die Auflagen der Behörden müssen als harte Ziele des Baubetrieb aufgefasst werden, während die freiwilligen Massnahmen als weiche Ziele gelten können, im Regelfall aber auch als harte Ziele definiert werden sollten.

Diese Ziele des Umweltkonzept dienen dazu, dass die einzelnen phasenabhängigen Konzepte umwelttechnisch gesteuert werden können. Insbesondere das externe Verkehrskonzept sowie das Anlieferungs- und Entsorgungskonzept werden stark durch das Umweltkonzept beeinflusst.

Das Umweltkonzept muss phasenunabhängig ausgeführt werden, so dass die definierten Massnahmen kontinuierlich ausgeführt werden können und nicht für jede einzelne Bauetappen neue Richtlinien gelten. Durch Phasenunabhängigkeit soll die Qualität der Umsetzung der Auflagen und Massnahmen verbessert werden.

4 Phasenabhängige Konzepte

4.1 Horizontale Informationslogistik

4.1.1 Paralleles Schnittstellenkonzept

Im parallelen Schnittstellenkonzept werden die Schnittstellen zwischen den einzelnen Unternehmern, dem zentralen Logistikmanagement sowie etwaigen sonstigen Akteuren auf der Baustelle geregelt, welche zeitgleich unterschiedliche Arbeiten durchführen.

Das parallele Schnittstellenkonzept umfasst somit ein Flächenmodell (Koordinationspläne), welches jedem Akteur auf der Baustelle die jeweiligen Fertigungs-, Lager- oder sonstigen Flächen eindeutig zuweist. Die geometrischen Grenzen parallel auszuführender Gewerke müssen so angeordnet werden, dass die gegenseitige Behinderung der Fertigungsprozesse (Lärm, Erschütterungen etc.) oder Logistikeinrichtungen und -prozesse (Materialtransporte, Lagerplätze etc.) durch Emissionen möglichst verhindert oder minimiert wird. Ein weiterer Bestandteil des parallelen Schnittstellenkonzeptes ist eine Ansprech- und Koordinationsstelle im zentralen Logistikmanagement, über welche Überschneidungen oder unklar definierte Schnittstellen (z.B. Planungslücken, doppelt ausgeführte Arbeitsprozesse etc.) koordiniert werden.

4.1.2 Verteilikonzept der Ausführungsdokumente

Das Verteilikonzept der Ausführungsdokumente entspricht einem Verteilschlüssel, welcher Unternehmer zu welchem Zeitpunkt welche Dokumente bekommt, so dass die gefor-

dernten Leistungen korrekt ausgeführt werden können. Diese Dokumente können als Pläne, Listen, Berichte, Protokolle etc. digital wie aber auch in Papierform übergeben werden. Zudem sollte geregelt werden, wie gewisse Unterlagen (z.B. bei sicherheitsrelevanten und sensiblen Anlagen) verwendet werden dürfen, wer Einsicht haben muss und darf sowie ob diese nach der Fertigstellung der Arbeiten zurückgegeben werden müssen. Um die Informationsverteilung für die Ausführung in allen Etappen gewährleisten zu können, muss das Verteilkonzept für die Ausführungsdokumente phasenabhängig erstellt werden. Dies insbesondere deshalb, weil in innerstädtischen Grossprojekten häufig die Planung wie die Ausführung etappenweise durchgeführt wird, da die Finanzierung der einzelnen Etappen oft erst im Verlaufe des Gesamtprojekt definitiv geregelt wird.

4.2 Versorgungslogistik

4.2.1 Externes Verkehrskonzept

Mit dem Begriff des externen Baustellenverkehrs werden die Verkehrsströme, welche in direktem Zusammenhang mit dem Baubetrieb stehen und ausserhalb der Grenzen des Baustellenareals verlaufen, zusammengefasst. Um ein umfassendes externes Verkehrskonzept zu erstellen, müssen dazu die folgenden Punkte beachtet und ausgearbeitet werden:

- Die innerstädtische Zufahrtsstrecke zur Baustelleneinfahrt
- Stau- und Warteräume bei baustellenseitigen Kapazitätsengpässen
- Rangliste der Alternativrouten bei Verkehrsstörungen auf der Zufahrtsstrecke
- Verkehrslenkungssystem bei der Baustellenzufahrt (Ampeln, Verkehrsschilder)
- Betriebskonzept der Baustellenbahnhöfe bei der Anbindung des Logistiksystems an das öffentliche Schienennetz
- Definierung der Mindesttransportkapazität für die Unternehmer
- Emissionsschutz der direkten und indirekten Anstösser der Baustelle (Anwohner, Gewerbe, benachbarte Baustellen etc.)

Die Schnittstelle des externen Verkehrs zum eigentlichen Baubetrieb stellt das Tor der Baustellenzufahrt dar, welches aber im Konzept des internen Baustellenverkehrs geregelt wird.

Bei der Ausarbeitung des externen Verkehrskonzepts muss besonderes der Emissionsschutz der Anstösser beachtet werden. Dies ist insbesondere bei sukzessiv fertiggestellten innerstädtischen Grossprojekten der Fall, in welchen der Verkehr teilweise durch Bauabschnitte geführt werden muss, welche aber bereits fertiggestellt und in Betrieb sind. Der folgende Transport-Belastungs-Index (TBI) wurde von Girmscheid [7] entwickelt um die Belastung der sich in Betrieb befindenden Baufelder durch sich in Bau befindende Baufelder zu quantifizieren:

$$TBI_{Gebx} = \sum_{t=t_0}^{t_{end}} \left\{ \alpha_1 \left(\sum_{k_1=0}^n l_{Gebx,k_1} \cdot g_{k_1} \cdot \omega_{k_1} \right) + \alpha_2 \left(\sum_{k_2=0}^m A_{Gebx,k_2}^{Nutz} \cdot \beta_{Gebx,k_2} \cdot g_{k_2} \right) \right\} TA(t)_{Gebx} \cdot t$$

$$\beta_{Gebx,k_2} = \left(\frac{l_{Geb,i}}{\sum_{i=1}^4 l_{Geb,i}} \right) \cdot A_{Gebx,k_2}^{Nutz}$$

| | |
|--------------------------|--|
| α_1 | Gewichtungsfaktor der Nutzungsperimeter EG |
| α_2 | Gewichtungsfaktor der Nutzungsflächen oberhalb EG |
| l_{Gebx,k_1} | Perimeter der Erdgeschossnutzung k_1 , die dem Baustellenverkehr ausgesetzt sind. |
| g_{k_1} | Perimetergewichtungsfaktor (Belastungsfaktor) der Erdgeschossnutzung mit der Nutzung k_1 |
| g_{k_2} | Perimetergewichtungsfaktor (Belastungsfaktor) der Nutzung oberhalb des Erdgeschosses mit der Nutzung k_2 |
| ω_{k_1} | Perimetergewichtungsfaktor (Belastungsfaktor) der Gassen und Strassen mit der Anwohnernutzung k_1 |
| A_{Gebx,k_2}^{Nutz} | Nutzungsfläche k_2 des Gebäudes oberhalb EG |
| β_{Gebx,k_2} | Perimeterparameter zur Bestimmung des Nutzungsflächenanteils pro Gebäudeseite, die den Bautransporten ausgesetzt sind |
| $l_{Geb,i}$ | Seitenlänge der Nutzungskategorien k_1 im Erdgeschoss oder Seitenlängen des Gebäudes oberhalb EG mit der Nutzung k_2 , die dem Baustellenverkehr ausgesetzt sind |
| $\sum_{i=1}^4 l_{Geb,i}$ | Umfang des Gebäudes, im Regelfall 4 Seiten |
| $TA(t)_{Gebx}$ | Transportanzahl der Baustellenfahrzeuge pro Tag oder Monat oder Jahr |
| t | Zeiteinheit pro Tag oder Monat oder Jahr |
| k_1 | Kategorien der Erdgeschossnutzung; $1 \leq k_1 \leq n$ |
| k_2 | Kategorien der Geschosse oberhalb des EG; $1 \leq k_2 \leq m$ |

Der erste Teil-TBI bewertet die direkten Einwirkungen der Baustellentransporte auf die im Erdgeschoss befindlichen Nutzungseinheiten (z.B. Gastronomiebetriebe, Büros etc.) nach ihrer Sensitivität auf die Emissionen (Lärm, Abgase, Visualität) der Schwerlasttransporte. Der zweite Teil-TBI bewertet die indirekten Einwirkungen der Baustellentransporte oberhalb des Erdgeschosses.

4.2.2 Beschaffungskonzepte

Ebenfalls zu den phasenabhängigen Konzepten gehören die Beschaffungskonzepte. Mittels diesen wird pro Ausführungsphase für die einzelnen Ressourcen geregelt, wer diese wann in welcher Qualität zu beschaffen hat. Die zu beschaffenden Ressourcen sind die Folgenden:

- Baustoffe
- Bauhilfsmittel
- Baustelleneinrichtung
- Arbeitskräfte
- Informationen
- Finanzen

Die Ressource Finanzen werden in dieser Veröffentlichung nicht weiter betrachtet, da das zentrale Logistikmanagement als Stabstelle keine Finanzkompetenz hat. Ob die entsprechenden Ressourcen vom zentralen Logistikmanagement oder vom ausführenden Unternehmer beschafft und auf

die Baustelle geliefert werden, wurde in Girmscheid und Etter [1] erläutert.

Ein zentraler Aspekt des Beschaffungskonzeptes ist die Erstellung einer Materialdisposition. Für die Materialdisposition im jeweiligen Ausführungsprozess (Rohbau, Ausbau) ist der jeweilige Unternehmer verantwortlich. In der Materialdisposition wird festgelegt, wann welche Materialien benötigt werden und wie viel jeweils auf der Baustelle vorgehalten werden soll. Diese Anforderungen müssen jedoch in der und mit der zentralen Logistikstelle im Gesamtkontext der parallel laufenden Arbeitsprozesse der verschiedenen Unternehmer in den unterschiedlichen Gewerken koordiniert werden. Als Planungshilfe eignet sich hierzu eine Bewertung der einzelnen Materialien nach deren Lieferfristen und der Abhängigkeit des Bauprozesses von diesem einen Material. Das exemplarisch in **Bild 3** dargestellte Material M1 ist eine unkritische Ressource (keine bis wenig terminkritische Abhängigkeiten für den Bauprozess) und hat eine kurze Lieferzeit, diese Materialien müssen somit kaum auf der Baustelle vorgehalten werden, da bei einem kurzfristigen Engpass bei dieser Ressource keine nachfolgenden Prozesse gestört werden und zudem sofort wieder beschafft werden kann. Anders sieht dies beim Material M3 im Bild 3 aus, hier besteht eine hohe Abhängigkeit zu den nachfolgenden Prozessen und hat eine lange Lieferzeit und ein allfälliger Engpass an diesem Material stellt ein erhebliches Risiko für den Bauprozess dar. Um dieses Risiko zu minimieren ist es notwendig, dass eine entsprechende Bedarfsplanung durchgeführt oder ein entsprechender Vorrat auf der Baustelle vorgehalten wird um Lieferengpässe zu überbrücken.

Als Beispiel einer unproblematischen Ressource wie die Ressource M1 kann Schüttmaterial aufgeführt werden, welches aus einer nahen Kiesgrube per LKW angeliefert wird. Das Schüttmaterial kann auch kurzfristig in größeren Mengen bestellt und kann mit einer Just-in-Time (JiT) Anlieferung direkt zum Einbauort gebracht werden. Eine etwas problematischere Ressource wie die Ressource M2 stellen beispielsweise vorgefertigte Stahl-Fensterrahmen dar. Diese haben eine etwas längere Lieferzeit, da sie im Regelfall auf Abruf produziert werden, je nach Abmessungen aber Standardarbeiten darstellen. Zudem kann unter Umständen die Fassade bei Lieferschwierigkeiten nicht geschlossen werden, wodurch der Innenausbau verzögert werden kann.

Eine hoch problematische Ressource wie die Ressource M3 stellen beispielsweise sehr dicke und speziell gebogene Bewehrungsseisen aus hochwertigem Stahl dar. Sollten diese beispielsweise nur im Ausland produziert werden können und die Verfügbarkeit des Stahls eingeschränkt sein, resultieren sehr lange Lieferzeiten. Da sich solche hochbeanspruchte Bauteile oft an Schlüsselstellen im Bauwerk befinden und entsprechend nicht betoniert werden können, kann dies bei Lieferschwierigkeiten bis zu einem Baustopp führen.

4.2.3 Anlieferkonzepte

Das Anlieferkonzept regelt die Einfuhr sämtlicher beschafften Ressourcen auf das Baustellenareal. Um einen möglichst störungs- und konfliktfreien Bauablauf zu erreichen ist es notwendig, dass die Subunternehmer ihre Anlieferungen im Voraus beim zentralen Logistikmanagement anmelden, welche für die Anlieferung ein entsprechendes Zeitfenster definieren und dieses dem Subunternehmer mitteilen.

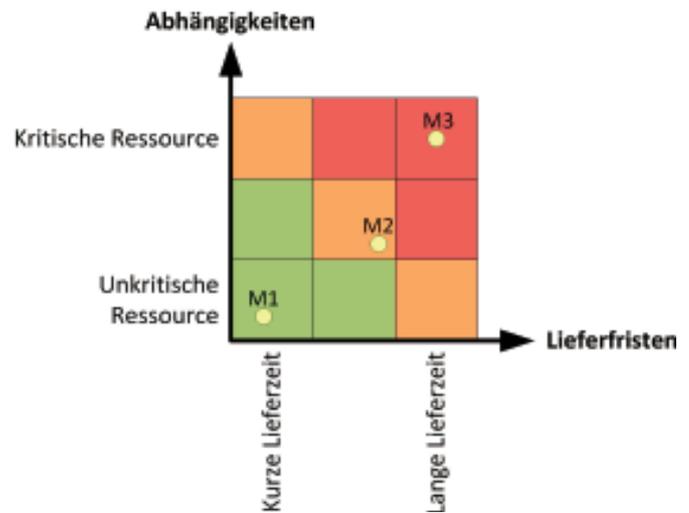


Bild 3. Bewertung der zu beschaffenden Materialien
Fig. 3. Rating of the materials to be procured

Um den Baubetrieb stabil aufrecht zu erhalten sollten im Regelfall nicht bewilligte, verfrühte oder verspätete Anlieferungen nicht akzeptiert oder so lange zurückgehalten werden, bis ein entsprechendes Anlieferfenster frei wird.

Um ein effizientes Entladen der Fahrzeuge zu bewerkstelligen, sollten durch das zentrale Logistikmanagement Standardgebäude definiert werden, welche für sämtliche Lieferungen verwendet werden müssen. Diese Gebäude können bei der Anlieferung durch standardisierte Hebe- geräte und Umschlaggeräte direkt in die Zwischenlager oder bei Just-in-Time Anlieferungen direkt in die entsprechende Fertigungszone gebracht werden.

Um eine effiziente Materialbewirtschaftung auf der Baustelle zu erreichen, sollten die Anlieferungen direkt beim Entladen erfasst und in einer zentralen Datenbank mit dem Abladeort (das entsprechende Zwischenlager oder der Einbau-, Fertigungsort) abgespeichert werden. Dies kann einerseits vollautomatisch mit RFID-Chips und GPS Sensoren geschehen, halbautomatisch mit RFID-Chips und manueller Orterfassung oder manuell mittels Barcodeerfassung und manueller Orterfassung der Materialanlieferung.

4.3 Bauproduktionslogistik

4.3.1 Internes Verkehrskonzept

Das Konzept für den internen Baustellenverkehr regelt die Anordnung und den Betrieb der notwendigen immobilen Infrastruktur für den Fahrzeug- und Personenverkehr auf dem Baustellenareal. Hierzu gehören die Anordnung der Parkplätze, Baustrassen, Zu- und Ausfahrtskontrollen, Radwaschanlagen sowie die Wege für den Personenverkehr. Portalkonstruktionen über den Baustrassen werden als temporäre, immobile Infrastruktur aufgefasst und werden ebenfalls im Konzept für den internen Baustellenverkehr geregelt. Nicht dazu gehören teilmobile Einrichtungen für den Materialumschlag wie Bau- und Portalkräne oder Fassadenlifte, diese Einrichtungen werden im Umschlagkonzept geregelt.

Der zentrale Punkt bei der Planung des internen Verkehrskonzepts ist die Anordnung der Baustrassen und den Anlieferzonen. Hierbei soll insbesondere darauf geachtet werden, dass bei der Anlieferung die LKW-Abstellplätze den Verkehrsfluss auf den Baustrassen nicht stören.

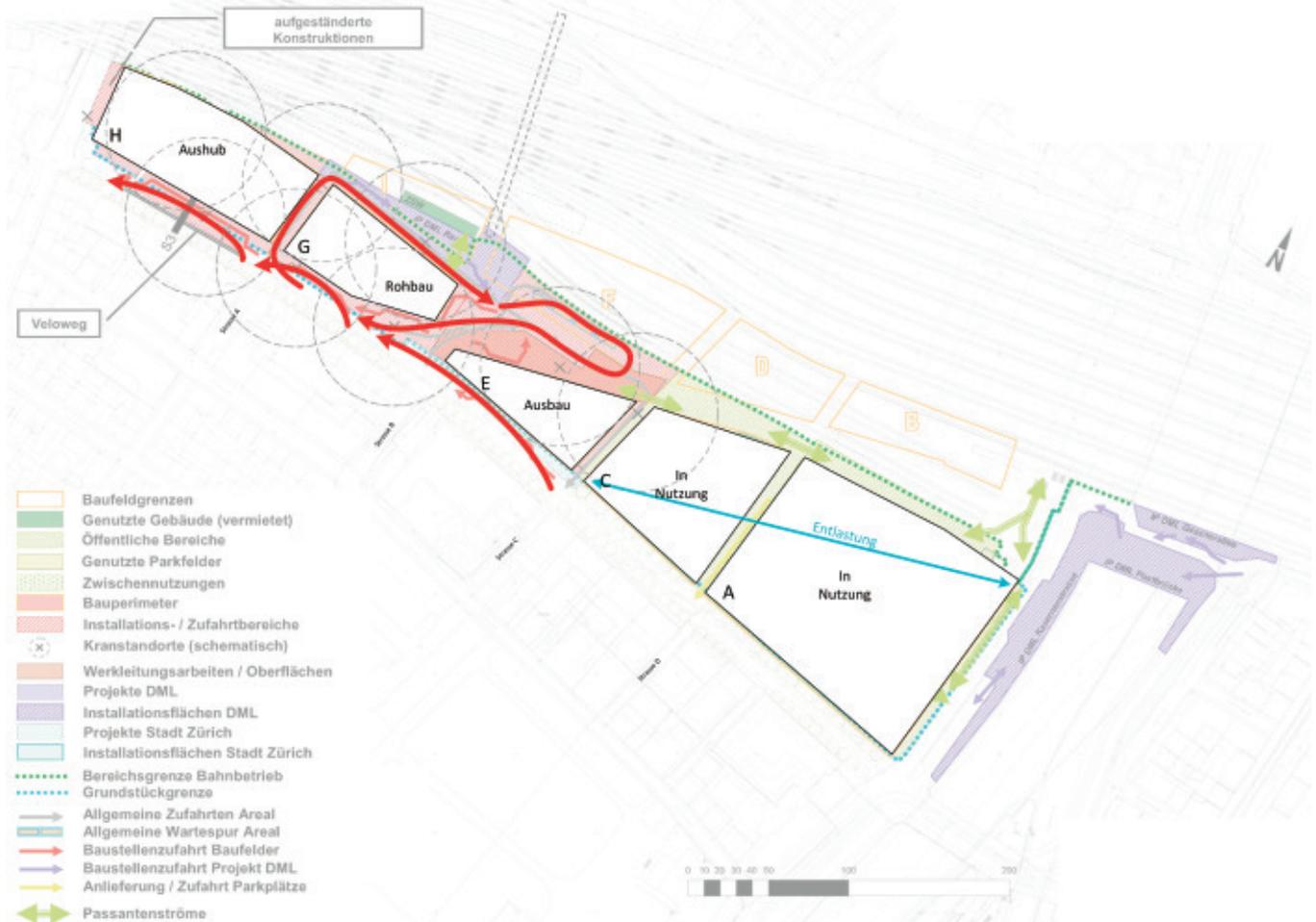


Bild 4. Groblayout des internen Verkehrskonzeptes
 Fig. 4. Rough layout of an internal traffic concept

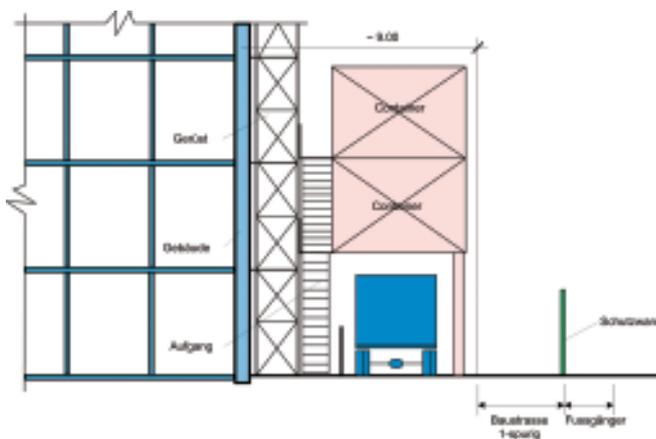


Bild 5. Detailskizze der internen Verkehrswege
 Fig. 5. Detailed draft of internal traffic routes

Eine weitere Möglichkeit, um Störungen im Baubetrieb zu vermeiden ist, dass die Baustrassen möglichst ohne Gegenverkehr geführt werden.

Bei der Konzipierung der Baustrassen im Baustellenareal ist es zudem unabdingbar, frühzeitig die Schwer- und Schwerlaststrecken zu berücksichtigen. Es müssen in den entsprechenden Bereichen frühzeitig Bodenverbesserungen oder – bei der Überfahrt von Untergeschossen – Abspriessungen eingeplant werden, sollte die Sicherheit nicht anders garantiert werden können.

Aus dem internen Verkehrskonzept resultiert schlussendlich ein Layout des Baustellenareals, wie es beispielsweise im **Bild 4** aus Girmscheid [7] abgebildet ist. Entsprechende Skizzen erläutern die Details der spezifischen Einrichtung – wie etwa die im **Bild 5** dargestellte Anordnung des öffentlichen Fussweges, der Baustrasse und einer Anlieferungs- und Abtransportzone, welche sich alle direkt neben dem zu erstellenden Gebäude befinden.

Da in innerstädtischen Baustellen mit fortschreitendem Baufortschritt oft die Verkehrswege umgelegt werden müssen, müssen die einzelnen Bauphasen im Voraus identifiziert und die interne Verkehrsinfrastruktur entsprechend angeordnet werden. Grundsätzlich sollten aber Umstellungen und Umbauten vermieden werden, um einerseits nicht den Baubetrieb durch Umstrukturierungen zu blockieren und um andererseits Routinen nicht zu stören, wodurch die Bauproduktion gehemmt werden könnte.

4.3.2 Umschlagkonzept

Das Umschlagkonzept regelt einerseits die Anordnung und Koordination der Geräte welche für den Materialumschlag benötigt werden und andererseits den Prozess des Materialumschlages selbst. Als Materialumschlag gelten folgende Prozesse:

- Entladen von Materialien in ein Zwischenlager
- Entladen von Materialien in eine Fertigungszone
- Umlagern von Material von einem Zwischenlager in ein anderes Zwischenlager

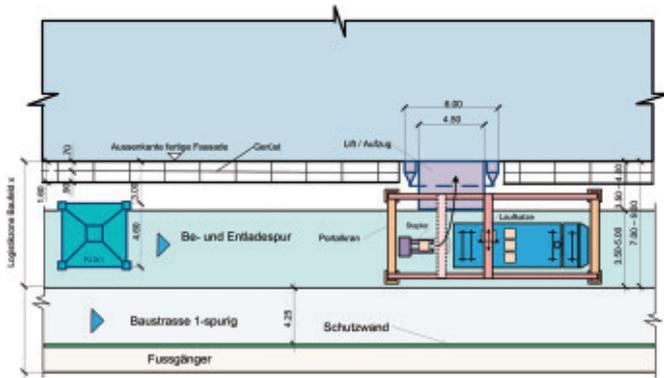


Bild 6. Exemplarisches Entlade- und Umschlagkonzept
 Fig. 6. Exemplary concept of discharging and handling concepts

– Bereitstellen von Material von einem Zwischenlager in eine Fertigungszone

Für eine ganzheitliche Materialbewirtschaftung auf der Baustelle ist wie bei der Anlieferung die Erfassung des Materialumschlages notwendig. Dabei gilt die Regel, dass das Material zur Verarbeitung möglichst nur einmal angefasst werden sollte, d.h. dass möglichst wenig zwischengelagert wird und das Material wenn möglich direkt eingebaut oder möglichst nahe an der Verarbeitungsstelle gelagert wird. Das umgeschlagene Gebinde mit dem entsprechenden Inhalt sowie der neue Bestimmungsort sind zu erfassen und zentral zu speichern. Wird diese Erfassung konsequent durchgeführt ist jederzeit nachvollziehbar, welche Mengen von welchen Materialien sich wo auf der Baustelle befinden. Womit die Suchzeiten als schwachstellenverdächtige Zeiten grösstenteils eliminiert werden können. Für die Erfassung wird das manuelle Barcodesystem mit manueller Ortsangabe empfohlen, da dieses mit einfachen Mitteln (Handheld mit Eingabemöglichkeit, Barcode-Etiketten) umsetzbar ist. Systeme welche mit RFID-Chips über Portale automatisch erfasst und mittels GPS der Standort ebenfalls automatisiert erfasst wird, benötigen grössere finanzielle Investitionen, industrialisieren den Baubetrieb aber deutlich. Durch diese Industrialisierung kann die Effizienz in der Bauproduktion weiter gesteigert werden.

Ebenfalls in das Umschlagkonzept gehört die Anordnung der Baukräne, welche zwischen den einzelnen Bauetappen umgesetzt werden. Die während der gesamten Bauzeit am selben Ort verbleibenden Baukränen werden im phasenunabhängigen Baustelleneinrichtungskonzept geregelt. Bei den phasenabhängigen Baukränen ist wie bei den phasenunabhängigen Baukränen darauf zu achten, dass Anlieferzonen möglichst im Überschneidungsbereich der Baukräne angeordnet werden sowie dass die Zwischenlager oder Fertigungszone in einem einzelnen Kranspiel angesteuert werden können. Die Baukräne, die meist durch Rohbau-Fertigungsprozesse besetzt sind, können mittels Portalkran über der Anlieferzone für die Ausbaulieferung entkoppelt werden. Der Portalkran wird von einem Gabelstapler bedient, der das Material schlussendlich an den Bestimmungsort transportiert – z.B. in das jeweilige Stockwerk über den Lift. Der vertikale Materialumschlag wird durch Fassaden- und Baulifte ermöglicht, das Material kann so direkt zu den entsprechenden Etagenlagern gebracht werden. Ein entsprechendes Konzept ist im **Bild 6** dargestellt.

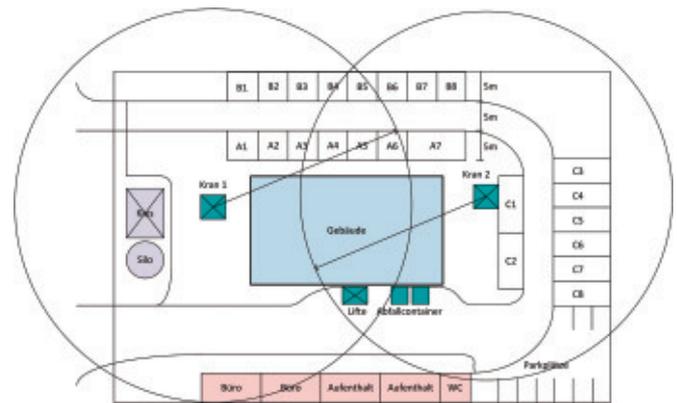


Bild 7. Anordnung der Aussenlagerflächen
 Fig. 7. Arrangement of outdoor storage areas

Da das Umschlagkonzept analog dem internen Verkehrskonzept den einzelnen Bauetappen angepasst werden muss, ist darauf zu achten, dass die notwendigen Einrichtung für den Materialumschlag wie Turmdrehkrane, Personen- und Materiallifte möglichst am gleichen Ort in verschiedenen Bauphasen (Rohbau/Ausbau) genutzt werden können. Bei nahezu immobilier Einrichtung, wie z.B. bei Baukränen, ist darauf zu achten, dass diese möglichst selten umgesetzt werden. Vollständig immobile Einrichtungen werden über das Baustelleneinrichtungskonzept geregelt.

4.3.3 Lagerkonzept

Im Lagerkonzept werden allen ausführenden Unternehmer eindeutige Lagerflächen, die mit einem Nummernsystem ausgestattet sind, zugewiesen (**Bild 7**). Dabei sollte beachtet werden, dass die Lagerflächen jeweils möglichst nahe am jeweiligen Fertigungsort sind, sowie nicht zu grosszügig gestaltet sind, so dass die Subunternehmer den Anreiz haben eine Just-in-Time Anlieferung einzurichten.

Materiallager bilden den Puffer zwischen den unregelmäßigen Materialanlieferungen und schwankendem Materialverbrauch bei der Herstellung. Daraus resultieren folgende Anforderungen an ein Lagerflächenmanagement:

- Koordinationsgespräche und Abstimmung mit allen Gewerken
- Bereitstellung benötigter Baustoffe in bedarfsgerechten Mengen im Zeitfenster der jeweiligen Bauphase durch bedarfssynchrone Versorgung gemäss der Just-in-Time Anlieferung
- Aufteilung der Lagerflächen in Teilflächen für die verschiedenen Materialien
- Zuweisung der Lagerflächen in den Stockwerken zum Einbau ohne gegenseitige Behinderung in den jeweiligen Zeitfenstern des Baufortschritts
- Eintragung des Anlieferungsplatzes und der Lagerflächen sowie der Baustrassen und Standorte der Einrichtungen für die einzelnen Bauphasen im Baustelleneinrichtungsplan
- Verkürzen der Wegstrecken
- Dezentrale und arbeitsplatznahe Lagerung in den Stockwerken bzw. Einbauorten, d.h. bei Anlieferung der Materialien an den Übergabepunkten unmittelbar vertikale Verteilung anstreben

Um dies sicherzustellen, ist die Entwicklung einer bauphasenabhängigen Stockwerklogistik notwendig, die folgende Grundsätze verwirklichen soll:

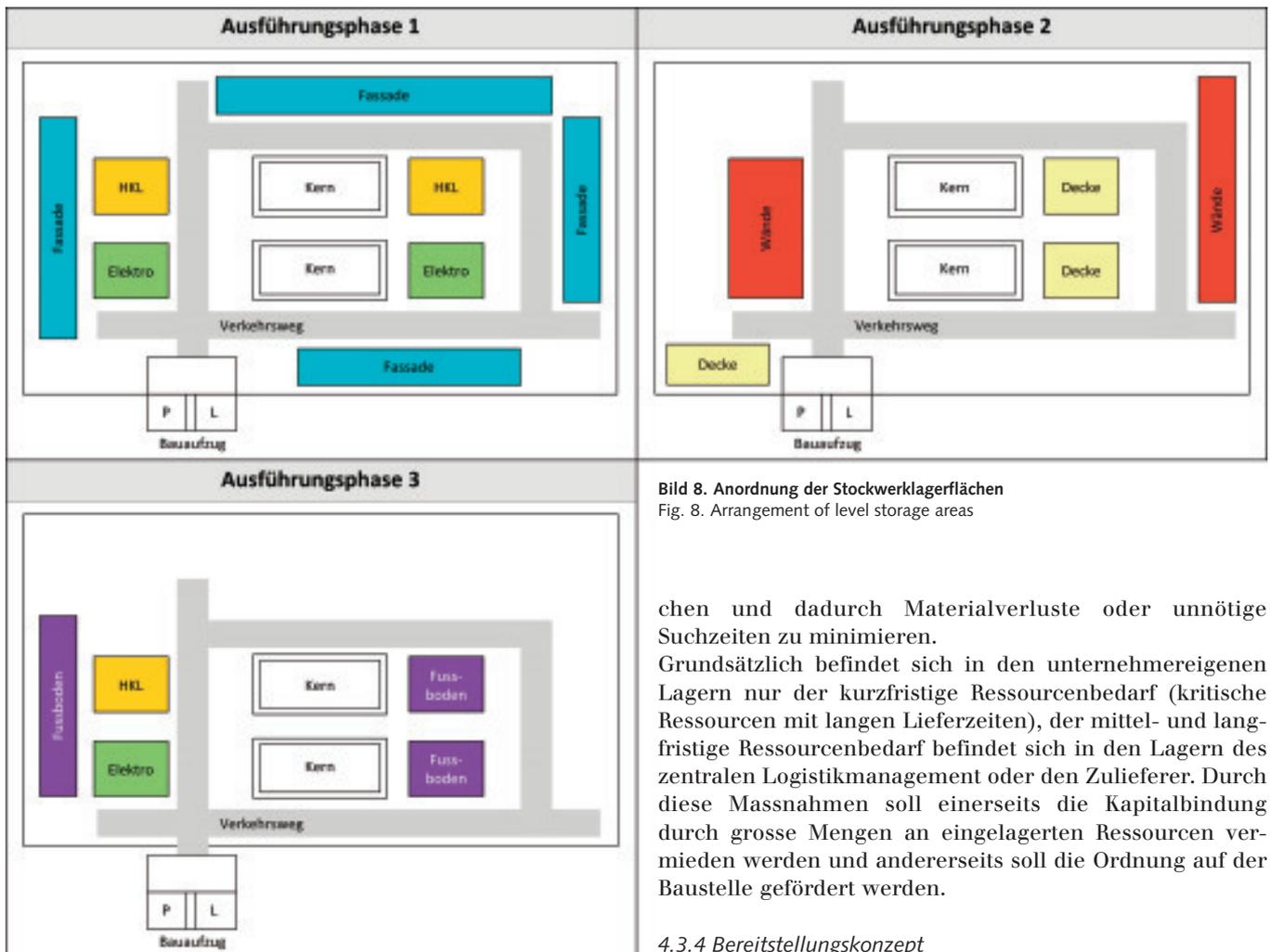


Bild 8. Anordnung der Stockwerklagerflächen
 Fig. 8. Arrangement of level storage areas

- Transportwege und Lagerflächen je Stockwerk für die jeweilige Bauphase planen
- Materialumlagerung vermeiden
- Gegenseitige Behinderungen der parallel arbeitenden Gewerke im Ausbau verhindern
- Materialien und bereits erbrachte Bauleistungen vor Beschädigungen schützen
- Sauberkeit auf der Baustelle erhalten
- Arbeitssicherheit erhöhen
- Lagerflächenbedarf auf dem Baugelände verringern
- Trassen freihalten (Ver- und Entsorgung)
- Lagerplatzbedarf durch koordinierte Lagerung verringern

Daher sind grundsätzlich pro Gewerk spezifische Etagenlager (Bild 8) unmittelbar beim Fertigungsort den allgemeinen Aussenlagerplätzen vorzuziehen. Das Planungs- und Zuordnungsprinzip der Lagerflächen sollte das Prinzip der Wegminimierung sein. Dies bedeutet, dass immer diejenigen Lagerflächen, welche sich am nächsten zur jeweiligen Fertigungszone befinden, vorgezogen werden müssen. Zudem muss das Gebindengewicht bzw. Einzelteilgewicht gemäss des jeweiligen zulässigen Lastmoments der Turmdrehkräne bei der Zuordnung zu den Lagerflächen berücksichtigt werden. Schwere Lasten werden also nahe bzw. näher zum Kranaufstellpunkt angeordnet als leichtere Lasten (Bild 7). Die Lagerung der Materialien muss in den durch das Anlieferkonzept definierten Gebinden stattfinden, um eine saubere Ordnung auf der Baustelle zu erreichen

chen und dadurch Materialverluste oder unnötige Suchzeiten zu minimieren.

Grundsätzlich befindet sich in den unternehmereigenen Lagern nur der kurzfristige Ressourcenbedarf (kritische Ressourcen mit langen Lieferzeiten), der mittel- und langfristige Ressourcenbedarf befindet sich in den Lagern des zentralen Logistikmanagement oder den Zulieferer. Durch diese Massnahmen soll einerseits die Kapitalbindung durch grosse Mengen an eingelagerten Ressourcen vermieden werden und andererseits soll die Ordnung auf der Baustelle gefördert werden.

4.3.4 Bereitstellungskonzept

Das Bereitstellungskonzept ist das rein informelle Konzept, welches direkt die optimale Versorgung der Bauproduktionsprozesse mit sämtlichen Ressourcen sicherstellen muss. Es handelt sich bei diesen Konzepten um die Schnittstelle zwischen der Anlieferung, dem Umschlagen und der Bauproduktion. Dabei wird zwischen zwei grundsätzlich unterschiedlichen Konzepttypen unterschieden: Die Bereitstellungskonzepte der Ressourcen Baustoffe, Arbeitskräfte und Informationen müssen sicherstellen, dass die Ressourcen jederzeit in der richtigen Menge dem Bauproduktionsprozess zur Verfügung stehen. Es handelt sich somit um quantitative Konzepte. Diese quantitativen Bereitstellungskonzepte regeln die Entgegennahme der Ressourcen, das Handling auf der Baustelle sowie die Lagerhaltung.

Der andere und relevantere Typ der Bereitstellungskonzepte beschäftigt sich mit den Ressourcen Bauhilfsmittel und Baustelleneinrichtung. Mit den Bauhilfsmitteln und der Baustelleneinrichtung muss einerseits die optimale Versorgung des Bauproduktionsprozess mit den notwendigen Supportprozessen sichergestellt werden, so dass möglichst wenige Störungen auftreten. Andererseits haben die Ressourcen Bauhilfsmittel und Baustelleneinrichtung auch zur Aufgabe bei Störungen möglichst flexibel einsetzbar zu sein, so dass jederzeit schnell und korrekt auf Störungen reagiert werden kann. Diese Bereitstellungskonzepte werden deshalb als leistungsbezogene Konzepte bezeichnet. Für diese leistungsbezogenen Konzepte ist ein Kompromiss zwischen zu geringer Flexibilität und unnötigen Kapazitäten zu finden. Um diesen Kompromiss optimal zu finden, ist

eine Risikoabschätzung wie für das Anlieferkonzept vorgestellt wurde unerlässlich.

Eine Massnahme, um eine effektive Bereitstellung aller Ressourcen zu gewährleisten, Überkapazitäten zu vermeiden und die Unordnung auf der Baustelle zu minimieren, ist, dass die ausführenden Unternehmer die Ressourcen beim zentralen Logistikmanagement auf einen bestimmten Zeitpunkt anmelden müssen und das zentrale Logistikmanagement diese Anfragen anschließend überprüft und bewilligt oder ablehnt. Dies kann von einem rein formellen Ablauf, dass Arbeitskräfte vom Unternehmer geplant, beschafft und auf der Baustelle eingesetzt werden ohne dass sie jemals mit dem zentralen Logistikmanagement in Kontakt traten bis zur Baustelleneinrichtung führen, welche durch das zentrale Logistikmanagement geplant, beschafft und betrieben wird. Es ist in jedem Fall unerlässlich, dass das zentrale Logistikmanagement darüber informiert ist, welche Ressourcen für welchen Bauprozess im Einsatz sind und die Ressourcen nicht wild eingesetzt werden. Nur so kann ein möglichst konfliktarmer Bauproduktionsprozess garantiert werden, welcher sich am Gesamtoptimum orientiert. Werden die Ressourcen nicht mehr benötigt oder ist die bewilligte Einsatzdauer zu Ende, muss die entsprechende Ressource wieder dem zentralen Logistikmanagement übergeben werden, damit diese planmässig dem nächsten Gewerk zur Verfügung gestellt werden kann. Dies betrifft hauptsächlich Ressourcen, welche mittels einem leistungsbezogenen Bereitstellungs-konzept gemanagt werden.

4.4 Entsorgungslogistik

Um den ganzheitlichen Materialflussaspekt des SCM gerecht zu werden, muss die Entsorgung und Aufbereitung der Baureststoffe ebenfalls beachtet werden. Dies wird durch das Entsorgungs- und das Recyclingkonzept bewerkstelligt. Durch das zentrale Logistikmanagement wird vorgegeben, wo sich die Sammelstellen für die Baureststoffe befinden und welche Materialien getrennt werden (**Bild 9**). Eine mögliche Auftrennung der Baureststoffe wäre beispielsweise in mineralische Baureststoffe, Holzabfälle, Metallabfälle und Sonstiges (Kunststoff etc.). Zudem wird durch die Logistikzentrale definiert, ob und welche Baureststoffe direkt auf der Baustelle aufbereitet und intern wiederverwendet werden (z. B. für Aufschüttungen oder als Zuschlagstoff), in eine Deponie gebracht, extern aufbereitet und recycelt oder verbrannt werden.

Die Sammelstellen auf dem Baustellenareal können bei geringem Anfall an Baureststoffen zentral angeordnet werden (wie beispielweise auf der Baustelle im Bild 9) oder bei hohem Anfall dezentral direkt bei den Fertigungszonen, um kurze Wege zu garantieren. Die Entleerungszyklen werden durch das zentrale Logistikmanagement vorgegeben bzw. müssen dort angemeldet werden, um den dadurch generierten Verkehr auf der Baustelle kontrollieren zu können. Das zentrale Logistikmanagement ist hierzu auf einen entsprechenden Informationsfluss angewiesen. Die Informationen können entweder direkt von den Subunternehmern, durch eigene Inspektionen oder durch Füllstandsensoren automatisch erhoben werden.

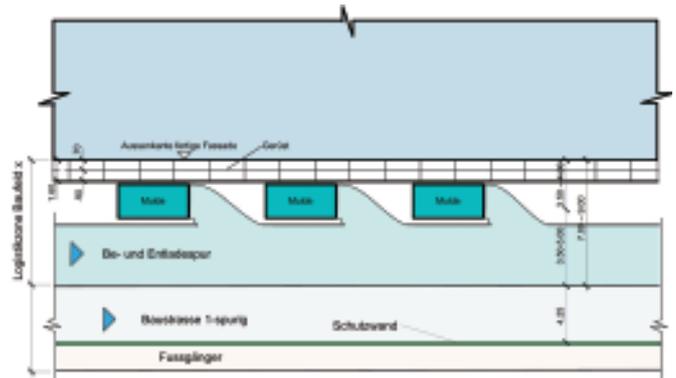


Bild 9. Entsorgungskonzept
Fig 9. Disposal concept

5 Fazit und Ausblick

In einem effizienten Baubetrieb sollten die Fertigungsprozesse den Hauptanteil der aufgewendeten Lohnstunden sein. Da die Fertigungsprozesse aber direkt an die Logistikprozesse gekoppelt sind und die ausführenden Unternehmer bis anhin meist nur für den auszuführenden Bauprozess die Verantwortung für die Logistik- wie auch die Fertigungsprozesse haben, wurden bis anhin kaum ganzheitliche Logistikkonzepte angewandt. Dies hatte und hat oft zur Folge, dass bis zu 30% der Lohnstunden nicht in die Haupttätigkeiten, sondern in vermeidbare Nebentätigkeiten wie Materialsuche oder Materialumschlag investiert wurden [8].

Um diese ungenügende Effizienz zu verbessern, wurde von Girmscheid und Etter [1] auf Basis der Shared Service Center (SSC) (Fischer und Sterzenbach [9], Ibold und Mauch [10]), der Consolidation Centres (Sullivan, Barthrope et al. [11]) und dem Supply Chain Management (SCM) Basiskonzepte eines zentralen Logistikmanagements für innerstädtische Hochbaustellen erarbeitet.

Damit das zentrale Logistikmanagement die Logistikprozesse strukturiert und systematisch planen und umsetzen kann, wurde die gesamte Logistik in phasenunabhängige und phasenabhängige Konzepte aufgeteilt. Die phasenunabhängigen Konzepte umfassen das Baustelleninfrastrukturkonzept, das Umweltkonzept sowie das vertikale Informationskonzept. Die phasenabhängigen Konzepte befassen sich mit der direkten Versorgung der Baustelle mit den Supportprozessen und werden in das horizontale Informationskonzept, das Versorgungskonzept, das Bauproduktionslogistikkonzept und das Entsorgungskonzept aufgeteilt. Eine Gesamtübersicht über die einzelnen Konzepte ist im Bild 1 dargestellt. Die Einzelkonzepte müssen sicherstellen, dass die im Bild 10 dargestellte Supportprozesskette, bestehend aus der Beschaffung, der Anlieferung und Logistikprozessen auf der Baustelle mit der anschliessenden Bauproduktion und der Entsorgung besteht, jederzeit alle Prozesse im Zusammenhang mit der Baustelle mit den richtigen Ressourcen, in der richtigen Menge, zur richtigen Zeit in der richtigen Qualität versorgt. Damit diese Supportprozesskette effizient funktioniert, ist es notwendig, dass in der Planungsphase möglichst korrekte Leistungsabschätzungen, wie beispielsweise in



Bild 10. Supportprozesskette für die Bauproduktion
Fig. 10. Supply process chain in civil construction

Girmscheid [12] erläutert werden, getroffen werden, so dass die Logistikprozesse korrekt dimensioniert werden können. Für die Feinplanung ist zudem zu empfehlen, dass die ausführenden Unternehmer ebenfalls in den Planungsprozess miteinbezogen werden. Dies aus den Gründen, dass diese einerseits die Gesamtproblematiken sehen und verstehen können und andererseits dass auf die Bedürfnisse der Unternehmer eingegangen werden kann. Eine ganzheitlich optimierte Planung wird durch einen möglichst frühen Einbezug der Unternehmer in die Planung gefördert, weshalb langfristige Partnerschaften für das zentrale Logistikmanagement von hoher Bedeutung sind.

In der Ausführung, wenn die Logistikkonzepte umgesetzt werden, ist es für eine optimale Versorgung der Bauproduktion unerlässlich, dass das zentrale Logistikmanagement sämtliche Logistikprozesse steuern kann. Um dies sicherzustellen, ist ein kontinuierlicher Informationsfluss zwischen dem zentralen Logistikmanagement und den Unternehmern notwendig. Dies bedeutet, dass die Unternehmer immer beim zentralen Logistikmanagement anfragen, wenn Bedarf an Logistikdienstleistungen (Anlieferungen, Materialumschlag, Bereitstellung von Material oder Geräten, zusätzlicher Lagerplatz etc.) besteht. Damit dieser Informationsfluss sichergestellt ist, muss dieser möglichst mit einfachen und mit einem geringen Aufwand betrieben werden können. Dies kann nur durch eine zentrale computerunterstützte Datenverwaltung sichergestellt werden, da der Informationsfluss im Vergleich zum herkömmlichen Baubetrieb um ein Vielfaches höher ist und jederzeit aber systematisch ausgewertet werden können muss. Entsprechende Instrumente müssen eine automatische Datenerfassung über die gesamte Supportprozesskette ermöglichen, die Daten automatisiert aufbereiten und den zuständigen Stellen zusenden, welche anschliessend die notwendigen Entscheide treffen können.

Solche Systeme sind bis anhin in Grundzügen auf dem Markt erhältlich, sind aber noch nicht ausgereift. Entsprechend besteht in diesem Bereich noch Forschungs- und Entwicklungsbedarf. Ein weiter noch nicht abgedecktes

Forschungsfeld ist das zentrale Logistikmanagement im Tief- und Tunnelbau, für welches die in Girmscheid und Etter [1] aufgeführten Konzepte noch entsprechend adaptiert werden müssen.

Literatur

- [1] *Girmscheid, G. und S. Etter* (2012). Zentrales Logistikmanagement auf innerstädtischen Baustellen – Strategische Umsetzung. Bauingenieur Ausgabe 10-2012.
- [2] *Hasenclever, T., T. Horenburg, et al.* (2011). Logistikmanagement in der Bauwirtschaft: Digitale Baustelle – innovativer Planen, effizienter Ausführen. W. Günthner und A. Borrmann, Springer Berlin Heidelberg: 205–290.
- [3] *Girmscheid, G.* (2010a). Angebots- und Ausführungsmanagement – Leitfaden für Bauunternehmen. Erfolgsorientierte Unternehmensführung vom Angebot bis zur Ausführung. Berlin, Springer.
- [4] *Etter, S.* (2011). Logistikplanung eines Hochhauses im innerstädtischen Bereich. MSc ETH Civil Eng. Masterarbeit, ETH Zürich.
- [5] *Merz, M.* (2010). Interne und externe Kommunikation in grossen Infrastrukturprojekten - Arbeitsinstrumente für die praktische Planung und Umsetzung. Master of Science, ETH.
- [6] *Girmscheid, G.* (2012). Bauproduktionsprozesse des Tief- und Hochbaus. 4. Aufl., Eigenverlag des IBI an der ETH Zürich, Zürich.
- [7] *Girmscheid, G.* (2011). Studie zu einem übergeordneten Logistikkonzept (unveröffentlicht). Zürich, ETH Zürich, IBI – Institut für Bau- und Infrastrukturmanagement.
- [8] *Krauss, S.* (2005). Die Baulogistik in der schlüsselfertigen Ausführung: ein Modell für die systematische Entwicklung projekt- und fertigungsspezifischer Logistikprozesse. Berlin, Bauwerk.
- [9] *Fischer, T. und S. Sterzenbach* (2006). „ZP-Stichwort: Shared Service Centers.“ Zeitschrift für Planung & Unternehmenssteuerung 17(1): 123–128.
- [10] *Ibold, F. und H. Mauch* (2008). Shared Services zwischen Zentralisierung und Dezentralisierung – Corporate Shared Services. F. Keuper und C. Oecking, Gabler: 449–456.
- [11] *Sullivan, G., S. Barthorpe, et al.* (2010). Managing construction logistics. Chichester, Wiley-Blackwell.
- [12] *Girmscheid, G.* (2010). Strategisches Bauunternehmensmanagement prozessorientiertes integriertes Management für Unternehmen in der Bauwirtschaft. Heidelberg, Springer.