

# Prozessbasierte Entscheidungsmodelle für die Auswahl projektspezifischer Schalungssysteme

**Edited Volume**

**Author(s):**

Girmscheid, Gerhard; Kersting, Max

**Publication date:**

2010

**Permanent link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-006299292>

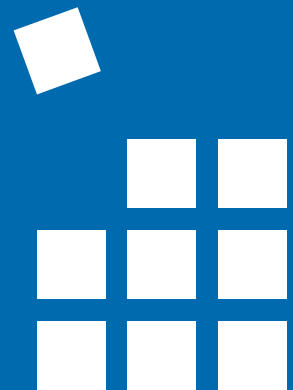
**Rights / license:**

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#)

Gerhard Girmscheid  
Max Kersting

# Prozessbasierte Entscheidungsmodelle für die Auswahl projektspezifischer Schalungssysteme

**Band B**



Institut für Bau- und Infrastrukturmanagement ETH Zürich  
Professur für Bauprozess- und Bauunternehmensmanagement  
Prof. Dr.-Ing. Gerhard Girmscheid





# Prozessbasierte Entscheidungsmodelle für die Auswahl projektspezifischer Schalungssysteme

Band B



Herausgeber und Autor

**Prof. Dr.-Ing. Gerhard Girmscheid**

Institut für Bau- und Infrastrukturmanagement

ETH Zürich

Professur für Bauprozess- und

Bauunternehmensmanagement



Autor

**Dipl.-Ing. Max Kersting**

Projektbearbeiter

Institut für Bau- und Infrastrukturmanagement

ETH Zürich

Doktorand und wissenschaftlicher Mitarbeiter

Weitere Autoren:

Dr.-Ing. Bernhard Schaiter (Teil 1)

Dipl.-Ing. Michael Kapp (Teil 1 und Teil 2)

Frau Franziska Baumgartner (Teil 3 und Teil 10)

Frau Sibylle Gschwend (Teil 3 und Teil 10)

Herr René Huber (Teil 3 und Teil 10)

Herr Daniel Muheim (Teil 3 und Teil 10)

Herr Stefan Annen (Teil 4 und Teil 11)

Herr Ralph Jud (Teil 4 und Teil 11)

Herr Matthias Krucker (Teil 7b)

Herr Remo Jucker (Teil 7b)

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Girmscheid, G., Kersting, M.:

Prozessbasierte Entscheidungsmodelle für die Auswahl projektspezifischer  
Schalungssysteme / Gerhard Girmscheid, Max Kersting

IBI – Institut für Bau- und Infrastrukturmanagement.

Zürich: Eigenverlag des IBI an der ETH Zürich, 2010

ISBN 978-3-906800-18-9

---

© 2010

Eigenverlag des IBI an der ETH Zürich

ISBN 978-3-906800-18-9

## Gesamtinhaltsverzeichnis

### Band A:

Teil 1: Grundlagen zur Schalungssystemauswahl – Praxis der Schalungssysteme, sowie Stand der Praxis und Forschung bei der Schalungssystemauswahl .....	1
Teil 2: Projektdatenauswertung – Praktische Erfahrungen und Ent- scheidungsgrundlagen für den projektspezifischen Schalungseinsatz .....	133
Teil 3: Zeitstudien bei Stahlbetonskelettbau – Schalen, Bewehren, Betonieren .....	257
Teil 4: Interaktionen der Rohbauprozesse – Projektspezifische, systemorientierte bauteilbezogene Schalungsauswahl.....	453
Teil 5: Grob-Kalkulationsschema zur projektspezifischen Ermittlung des kostenoptimalen Schalungssystems .....	575
Teil 6: NWA – Nutzwertanalyse – Projektspezifische Verfahrens- bzw. Schalungssystemauswahl mittels qualitativer Methoden	593
Teil 7a: NPV – Wirtschaftlichkeitsanalyse von Bauhilfsmaterialien – Analyse- und Prognosemodell zur alternativen Bereitstellung von Produktionseinrichtungen (Buy or Rent) in Bauunternehmen .....	651

### Band B:

Teil 7b: Simulationsmodell zu Teil 7a .....	765
Teil 8: Schalungsspezifisches, prozessorientiertes Weg-Zeit-Analyse-Modell .....	827
Teil 9: Quantitatives, projektspezifisches Entscheidungsmodell zur Schalungssystemauswahl mit Arbeitszeit-Verbrauchs- sowie Logistik-Interaktionen-Analyse.....	1029

Teil 10: Anhang zu Teil 3 (Zeitstudien bei Stahlbetonskelettrohbau) . 1127

Teil 11: Anhang zu Teil 4 (Interaktionen der Rohbauprozesse) ..... 1271



# **Prozessbasierte Entscheidungsmodelle für die Auswahl projektspezifischer Schalungssysteme**

**Forschungsbericht Teil 7b**

**Simulationsmodell zu Teil 7a**

**NPV – Wirtschaftlichkeitsanalyse von Bauhilfsmaterialien – Analyse- und Prognosemodell zur alternativen Bereitstellung von Produktionseinrichtungen (Buy or Rent) in Bauunternehmen**

**Erstellt von: Matthias Krucker**

**Remo Jucker**





## Inhaltsverzeichnis Teil 7b

<b>1</b>	<b>VORWORT .....</b>	<b>768</b>
<b>2</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>769</b>
<b>3</b>	<b>GRUNDLAGEN .....</b>	<b>770</b>
<b>3.1</b>	<b>Investitionen in der Baubranche .....</b>	<b>770</b>
<b>3.2</b>	<b>Planung von Inventarinvestitionen .....</b>	<b>772</b>
<b>3.3</b>	<b>Wirtschaftlichkeitsberechnung .....</b>	<b>774</b>
<b>3.4</b>	<b>Investitionsrechnungen .....</b>	<b>774</b>
3.4.1	Statische Investitionsrechnungen .....	775
3.4.2	Dynamische Investitionsrechnungen .....	777
3.4.3	Unsicherheit in der Investitionsrechnung .....	779
<b>3.5</b>	<b>Wirtschaftlichkeitsbewertungsmodell .....</b>	<b>782</b>
<b>4</b>	<b>DETAILLIERTE ANALYSE DER ANGEWENDETEN METHODEN.....</b>	<b>786</b>
<b>4.1</b>	<b>Bedarfsermittlung .....</b>	<b>786</b>
4.1.1	Retrospektive Vorhaltemenge des Bauproduktionsmittels .....	787
4.1.2	Prospektive Vorhaltemenge des Bauproduktionsmittels .....	788
<b>4.2</b>	<b>Statische Systemauswahl .....</b>	<b>790</b>
<b>4.3</b>	<b>Bereitstellungsvariante .....</b>	<b>795</b>
4.3.1	Miet-NPV .....	796
4.3.2	Besitz-NPV .....	798
4.3.3	Diskontierungszinssatz .....	800
4.3.4	Differenz- und Effizienzaxiom .....	803
<b>5</b>	<b>SIMULATIONS-TOOL SYSDEC .....</b>	<b>804</b>
<b>5.1</b>	<b>Konzept und Aufbau .....</b>	<b>804</b>
<b>5.2</b>	<b>Anwendung .....</b>	<b>805</b>
<b>5.3</b>	<b>Praxistauglichkeit .....</b>	<b>812</b>
	<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....</b>	<b>813</b>
	<b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>814</b>
	<b>ANHANG A - GEBRAUCHSANWEISUNGEN.....</b>	<b>816</b>
	<b>ANHANG B - SOFTWARE.....</b>	<b>826</b>

# 1 Vorwort

Die vorliegende Arbeit wurde am Institut für Bauplanung und Baubetrieb (IBB) der ETH Zürich bei der Professur für Bauprozess- und Bauunternehmensmanagement als Bachelorarbeit vorgelegt. Als Studenten der Bauingenieurwissenschaften konnten wir uns während der Bearbeitungszeit im Frühlingsemester 2008 intensiv mit baubetrieblichen Problemstellungen auseinandersetzen. Dabei war besonders motivierend, dass wir uns mit einem Thema aus den aktuellen Forschungsaktivitäten des IBB befassen durften und dabei auch durchaus eigene Lösungsansätze verwirklichten.

Wir bedanken uns herzlich bei den Herren Bernhard Schaiter, David Lunze und Max Kersting vom IBB für die Betreuung unserer Arbeit. Wir sind bei Problemen immer auf offene Ohren und eine breite Unterstützung gestossen.

Ebenfalls gebührt Loris Bonaglia vom Schweizerischen Baumeisterverband und Stefan Sutter von der Fa. Avesco ein Dankeschön. Sie haben uns mit Daten für praxisnahe Kostenfaktoren der Bauproduktionsmittel versorgt.

Matthias Krucker und Remo Jucker

## 2 Zusammenfassung

Die projektspezifische sowie projektgruppenspezifische Systemauswahl (Geräte/Inventar) in einer Bauunternehmung erfolgt heute noch immer weitgehend intuitiv ohne Zuhilfenahme moderner, rechnergestützter Hilfsmittel. Resultierend daraus ergeben sich oft nur suboptimale Ergebnisse bei der Auswahl von Gerät und Inventar, da ohne systematische Entscheidungshilfen eine Berücksichtigung sämtlicher technisch und wirtschaftlich relevanter Einflussfaktoren nicht möglich ist. In Anlehnung an die in der stationären Industrie gebräuchlichen Systemauswahlmethodiken wurden am IBB diverse Auswahlmodelle entwickelt, wie z.B. die NPV-Wirtschaftlichkeitsanalyse. Sie ermöglicht eine differenzierte Beurteilung einer Systementscheidung zum einen auf Projektebene (konkrete Systemauswahl), sowie auf Unternehmensebene, wo die Entscheidung nach Art der Bereitstellung der Produktionseinrichtung (Miet-/Besitzmodell) zu fällen ist.

Auf Grund der Komplexität der theoretischen Grundlagen, welche eine direkte Anwendung in der Praxis verunmöglicht, wurden in einem ersten Schritt diese Grundlagen aufgearbeitet und in überschaubaren Ablaufdiagrammen visualisiert. Besondere Beachtung galt der allgemeinen Übersichtlichkeit und der Beschränkung auf die wesentlichen Punkte, so dass die Theorie zu einer praxisorientierten Anwendung gebracht werden konnte.

Die praxisorientierte Umsetzung ist mit Hilfe eines Tools auf der Basis von Microsoft Excel mit dem Namen *SYSDEC* angegangen worden. Dieses Tool erlaubt es, die Bedarfsermittlung, die Entscheidungen der Systemauswahl und der Bereitstellungsvariante benutzerfreundlich systematisch zu begründen. Bei der Ausarbeitung wurde durch eine flexible Gestaltung der Eingabemaske darauf geachtet, dass der Benutzer bei den Eingaben möglichst frei und uneingeschränkt handeln kann. Dies soll die Anwendung des Tools auf sämtliche Typen von Bauproduktionsmittel erlauben.

Erste Versuche haben gezeigt, dass das Tool durchaus sinnvolle und nachvollziehbare Resultate liefert. Es muss allerdings eine umfangreiche Datengrundlage seitens des Unternehmens, aber auch seitens der Bauproduktionsmittel vorhanden sein. Vor allem bei längerfristiger Planung ist das Tool eine zweckmässige und gut fundierte Entscheidungshilfe.

## 3 Grundlagen

### 3.1 Investitionen in der Baubranche

Was versteht man grundsätzlich unter einer Investition? Max Schweizer<sup>1</sup> definiert die Investition folgendermassen:

*„Eine Investition ist eine gezielte, mit Risiken und Chancen behaftete Umwandlung von flüssigen Finanzmitteln in mehr oder weniger gebundene Anlagen.“*

Das Ziel der Investition ist es, einen Gewinn für den Investor zu erreichen. Die Erzielung eines Gewinnes hängt dabei von Risiken und Chancen ab. So ist es möglich, dass der Kapitalrückfluss geringer als das investierte Kapital ausfällt und somit ein Verlust zu verzeichnen ist. Es bestehen andererseits auch Chancen, das eingesetzte Kapital zu vermehren und einen Rückfluss grösser als den investierten Betrag zu erzielen. Diese Chancen sind es, welche Investitionen überhaupt attraktiv machen.

In der Baubranche sind die Umstände aussergewöhnlich. Es geht nicht primär darum, das Kapital dort zu investieren, wo es am meisten Gewinn erzielt. Natürlich ist diese Überlegung auch massgebend, vielmehr ist es jedoch das Ziel, die Investition auf die gegebene Auftragssituation abzustimmen und den definierten Nutzen mit minimalem Aufwand zu erreichen. Das Erreichen des definierten Nutzens ist für ein Bauunternehmen gleichzustellen mit Einnahmen. Die Höhe der Einnahmen ist gegeben, die Grösse der Ausgaben hingegen lässt sich mithilfe durchdachter Investitionen verändern, was zu einer Erhöhung des Gewinnes als Differenz zwischen Einnahmen und Ausgaben führen kann resp. soll. Es lohnt sich offensichtlich, die Investitionsentscheide fundiert und systematisch anzugehen.

Investitionen werden in fünf Unterteilungen gegliedert<sup>2</sup>:

- Sachinvestitionen:  
Darunter versteht man Investitionen in materielle Anlagen wie zum Beispiel Grundstücke, Gebäude, Maschinen, Fahrzeuge, Einrichtungen usw.
- Finanzinvestitionen:  
Patente, Beteiligungen, Wertschriftenkäufe sowie bestimmte Teile des Umlaufvermögens fallen in diesen Bereich.
- Produktinvestitionen:

---

<sup>1</sup> Schweizer [1], S. 43

<sup>2</sup> Schweizer [1], S. 44

Vor allem Produktentwicklungs- und Produktverbesserungsinvestitionen in der Industrie gelten als Produktinvestitionen.

- Organisationsinvestitionen:

In diese fallen Investitionen zur Errichtung oder Verbesserung der Organisationsstruktur.

- Potentialinvestitionen:

Darunter versteht man Investitionen zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit einer Unternehmung durch Förderung und Ausbildung der Mitarbeiter.

In der Bauindustrie dominieren normalerweise die Sachinvestitionen, d.h. die Investition in Sachgüter wie Anlagen, Maschinen, Mobilien usw. Die vorliegende Arbeit befasst sich ausschliesslich mit dieser Art von Investitionen.

Um solche Investitionen systematisch erfassen und Entscheide methodisch fällen zu können, sind diverse Investitionsrechnungen entwickelt worden, welche zum Teil auch in der Bauindustrie Anwendung finden. Dabei wird die Vorteilhaftigkeit von Investitionsalternativen mit statischen und dynamischen Investitionsrechnungen beurteilt. Die Investitionsrechnungen werden im Kapitel 3.4 detailliert vorgestellt.

Es gilt an dieser Stelle anzumerken, dass diese zum Teil umfassenden Investitionsrechnungen aufgrund der schwer quantifizierbaren Einflussgrössen von vielen Baufachleuten zum vornherein als Zahlenspielerei erachtet werden und ihnen kaum Beachtung geschenkt wird. Die unberechenbaren Umstände des Bauprozesses und Baumarktes würden eine exakte Planung und Berechnung unmöglich machen, behaupten sie.<sup>3</sup> Max Schweizer<sup>4</sup> entgegnet diesen Meinungen mit den Worten:

*„Wirtschaftliche Planungen und Berechnungen versuchen lediglich, unter Berücksichtigung aller messbaren Grössen, mikro- und makro-ökonomische Abläufe, Zusammenhänge, Wirkungen und Rückwirkungen entsprechend ihrer Wichtigkeit transparent, d.h. rechnerisch überprüfbar zu gestalten.“*

Es geht also nicht in erster Linie darum, exakte Resultate zu erlangen, sondern vielmehr eine Transparenz und Überprüfbarkeit in den Entscheidungen und ein systematisches Vorgehen vorweisen zu können.

---

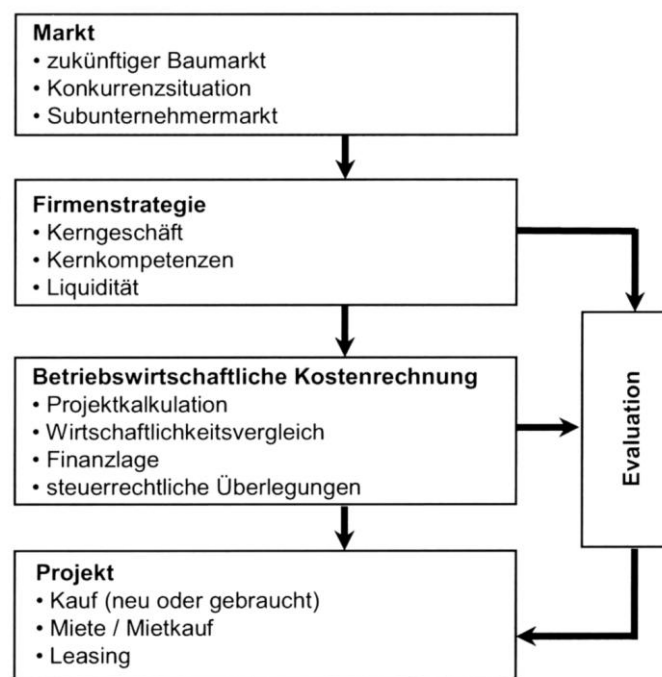
<sup>3</sup> Schweizer [1], S. 73

<sup>4</sup> Schweizer [1], S. 73

## 3.2 Planung von Inventarinvestitionen

Für eine fundierte Investitionsplanung und -entscheidung sollte neben einer systematischen Auswahl des Produktionssystems auf Projektebene auch eine langfristige, an den strategischen Zielen des Unternehmens orientierte Analyse der Investitionen erfolgen. Die Investitionsplanung bei Bauproduktionsanlagen umfasst die Berücksichtigung der folgenden Elemente im Bauunternehmen<sup>5</sup>:

- Gegenwärtiger und zukünftiger Markt
- Eigene Firmenstrategie
- Interne betriebswirtschaftliche Kostenrechnung
- Projekt- oder projektclusterbezogene Überlegungen



**Bild 1: Entscheidungsprozess für Inventarinvestitionen [2]**

Während einige der in Bild 1 aufgeführten Faktoren intuitiv oder anhand qualitativer Prognosemodelle abgeschätzt werden müssen (z.B. Konkurrenzsituation), steht heute auch in der Bauindustrie für viele Elemente eine Evaluation mittels quantitativer Wirtschaftlichkeitsberechnung zur Verfügung. Dabei gestaltet sich der Investitionsentscheid aufgrund des Unikatcharakters der Projekte ziemlich komplex.

Da eine Einzelbetrachtung für jedes Projekt oft einen unverhältnismässigen Aufwand bedeutet, können in einem ersten Schritt Projektcluster<sup>6</sup> nach produktionstechnischen Gesichtspunkten, d.h. ähnlichen Leistungen und

<sup>5</sup> Girmscheid [2], S. 800f

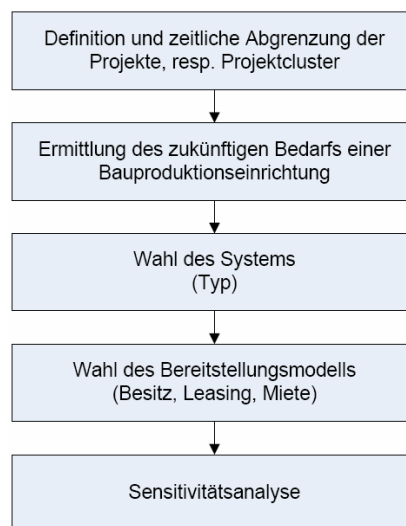
<sup>6</sup> Projektcluster: Gesamtheit von Projekten unter ähnlichen produktionstechnischen Gesichtspunkten

Anwendungsbereichen des Inventars, gebildet werden.<sup>7</sup> Im nächsten Schritt wird der Bedarf der spezifischen Bauproduktionseinrichtung wie Geräte, Maschinen und Gerüstsysteme anhand eines quantitativen Prognosemodells ermittelt.

Mit Hilfe der Wirtschaftlichkeitsanalyse, konkret mit Hilfe der Kostenvergleichsrechnung, kann nun die projekt- bzw. projektclusterspezifische Systemauswahl (Gerätetyp, Gerätegrösse, Hersteller, etc.) getroffen werden. Anschliessend wird dann mit einer längerfristigen wirtschaftlichen Betrachtung, also projekt- resp. projektclusterübergreifend, die richtige Wahl des Bereitstellungsmodells (Besitz oder Miete) auf Unternehmensebene evaluiert.

Der Investitionsentscheid steht somit am Ende eines Prozesses auf der Grundlage einer Vereinfachung (Bildung von Projektclustern), eines Prognosemodells und zweier Investitionsrechnungen mit je einer Vielzahl von Einflussfaktoren. Diese Eingangsgrössen können in gewissen Grenzen schwanken oder gar aufgrund einer fehlerhaften Datengrundlage falsch bestimmt sein. Aus diesem Grund ist es unabdingbar, diesen Prozess mit einer Sensitivitätsanalyse zu überprüfen. Dabei wird der Einfluss von Inputfaktoren auf das Ergebnis untersucht. Die so ermittelten kritischen Eingangsgrössen (Faktoren, welche bei kleiner Variation das Ergebnis des Prozesses beeinflussen), sollten Gegenstand einer genauen Betrachtung sein oder, sofern eine exakte Bestimmung dieser Eingangsgrössen nicht möglich ist, bewusst als Risikofaktoren in die Investitionsplanung integriert werden.

Zusammenfassend kann man das Vorgehen bei der Planung von Inventarinvestitionen folgendermassen darstellen (Bild 2):



**Bild 2: Vorgehen beim Investitionsentscheid mittels Wirtschaftlichkeitsberechnung**

<sup>7</sup> Girmscheid [3], S. 128



### 3.3 Wirtschaftlichkeitsberechnung

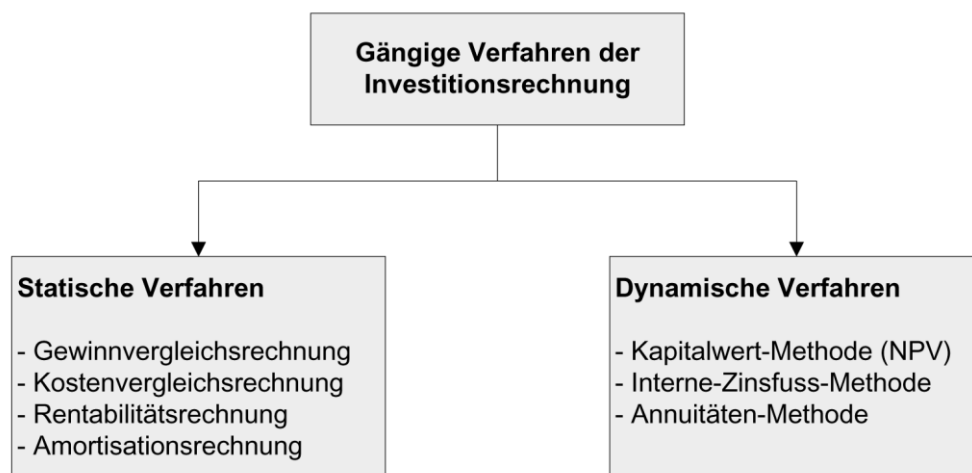
Die Wirtschaftlichkeit wird allgemein als Verhältnis zwischen dem Handlungsergebnis (z. B. Ertrag, Nutzen) und dem dafür erforderlichen Mitteleinsatz (Aufwand, Ausgaben) definiert.<sup>8</sup> Diese absolute Wirtschaftlichkeit hat im Sinne des Wirtschaftlichkeitsprinzips grundsätzlich zwei verschiedene Ziele:

- Mit gegebenen Mitteln (z. B. Produktionsfaktoren) den grösstmöglichen Erfolg (z. B. Gewinn) zu erzielen (Maximumprinzip)
- Ein vorgegebenes Ziel (z. B. bestimmte Gewinnhöhe) mit dem geringstmöglichen Aufwand (z. B. Geldausgaben) zu erreichen (Minimumprinzip)

Die Wirtschaftlichkeit von Investitionsentscheidungen eines Bauunternehmens basiert aufgrund des definierten Nutzens (z.B. Aushubleistung, Ladekapazität) auf dem Minimumprinzip. D.h. die optimale Wirtschaftlichkeit wird erreicht, wenn der Aufwand des Systems (Kosten) minimiert ist. Um die Wirtschaftlichkeit einer Investition zu bewerten, sind demnach die anfallenden Ein- und Auszahlungen, Zahlungszeitpunkte sowie allenfalls Angaben über das Risiko der Zahlungen notwendig.<sup>9</sup>

### 3.4 Investitionsrechnungen

Die Investitionsrechnungen bilden das Instrument um diese zukunftsorientierten wirtschaftlichen Handlungen rational zu beurteilen. Die häufigsten in der Praxis verwendeten Methoden sind in Bild 3 dargestellt. Dabei wird, je nachdem ob der Zeitfaktor berücksichtigt wird, zwischen statischen oder dynamischen Modellen unterschieden.



**Bild 3: Gängige Verfahren der Investitionsrechnung**

<sup>8</sup> Der Brockhaus Wirtschaft. Leipzig, Mannheim: Brockhaus 2004.

<sup>9</sup> Pflaumer [4], S.3

### 3.4.1 Statische Investitionsrechnungen

Statische Verfahren berücksichtigen die Zahlungsströme unter der Prämisse, dass alle Größen auf denselben Zeitraum oder Zeitpunkt bezogen sind.<sup>10</sup> D.h. der zeitliche Faktor des Zahlungsstroms wird nicht berücksichtigt. Dadurch kann insbesondere bei Zahlungsströmen während eines längeren Zeitraums oder zu einem späten Zeitpunkt die Ergebnisqualität stark leiden. Zudem können unternehmensrelevante Aspekte wie Liquidität, Rentabilität und das Investitionsrisiko nicht berücksichtigt werden.

Der fehlende Zeitfaktor verringert allerdings den Datenerhebungsaufwand im Vergleich zu den dynamischen Verfahren erheblich. Zudem können die Zahlungen mangels Zeitdimension oft gut zusammengefasst werden. Dadurch wird auch der Rechenaufwand kleiner.

Statische Verfahren werden aus diesen Gründen zur Grobevaluation oder bei kurzen Betrachtungszeiträumen verwendet, so z.B. bei projektspezifischen- resp. projektclusterspezifischen Entscheidungen. Als bedeutende Vertreter der statischen Verfahren wird hier genauer auf die Gewinn- und Kostenvergleichsrechnung, die Rentabilitätsrechnung und die Amortisationsrechnung eingegangen.

#### Gewinnvergleichsrechnung

Wie es der Name ankündigt, werden bei der Gewinnvergleichsrechnung die Gewinne (Ertrag minus Aufwand) der Investitionsalternativen berechnet. Von den Investitionsalternativen wird diejenige gewählt, die den maximalen Gewinn erbringt. Da bei Bauproduktionsmittel der Gewinn im Allgemeinen nicht einer einzelnen Investition zugeordnet werden kann<sup>11</sup>, ist diese Methode für Bauproduktionsmittel nur schlecht anwendbar.

#### Kostenvergleichsrechnung

Die Kostenvergleichsrechnung bietet sich, aufgrund der idealen Interpretation des im vorherigen Kapitel erwähnten Minimalprinzips, bestens als Methode für den statischen Wirtschaftlichkeitsvergleich an. Sie ist aus diesem Grund in der Praxis weit verbreitet. Für jede Investitionsalternative werden in der Kostenvergleichsrechnung die anfallenden Kosten ermittelt und summiert. Dabei muss natürlich der Nutzen von jeder Alternative gleich sein. Der Entscheid fällt zu Gunsten des Systems mit dem minimalen Kostenaufwand.

Für Kostenvergleichsrechnungen sind folgende Kostenarten von Bedeutung<sup>12</sup>:

- Kalkulatorische Abschreibungen

---

<sup>10</sup> Brockhaus - Die Enzyklopädie: in 30 Bänden. 21., neu bearbeitete Auflage. Leipzig, Mannheim: F.A. Brockhaus 2005-07

<sup>11</sup> Bauer [5], S. 619

<sup>12</sup> Bauer [5], S. 619

- Kalkulatorische Zinsen (gewünschte Mindestverzinsung)
- Löhne und Lohnnebenkosten
- Materialkosten
- Instandhaltungskosten
- Energiekosten
- Raumkosten
- Werkzeugkosten

Bei den kalkulatorischen Abschreibungen entspricht die Summe der Abschreibungen über die Nutzungsdauer den Wiederbeschaffungskosten und ist damit geeignet, den Wertverlust des Produktionsmittels als „Kostenfaktor“ in die Kostenvergleichsrechnung einzubringen. Dies im Gegensatz zur bilanzmässigen Abschreibung, bei welcher die Abschreibungsbeträge den Anschaffungskosten entsprechen.

### **Rentabilitätsrechnung**

Die Rentabilitätsrechnung berücksichtigt als Erweiterung der Gewinnvergleichsrechnung das Verhältnis vom Gewinn zum durchschnittlich eingesetzten Kapital.

$$\text{Rentabilität} = \frac{\text{Durchschnittlicher Gewinn}}{\text{Durchschnittl. eingesetztes Kapital}} [-]$$

Die Rentabilität wird aufgrund ihrer Ermittlung auch als ROI („Return on investment“) bezeichnet. Ein Vorteil der Rentabilitätsrechnung ist, dass der Einbezug des eingesetzten Kapitals ein wichtiges wirtschaftliches Kriterium berücksichtigt. Man wählt hier natürlich möglichst die Variante mit der höchsten Rentabilität.

Da die Rentabilitätsrechnung auf dem durchschnittlichen Gewinn aufbaut, ist diese Methode, wie die Gewinnvergleichsrechnung, aufgrund der Schwierigkeit der Zurechnung des Gewinns auf verschiedene Systeme, im Bauproduktionsprozess schlecht anwendbar.

### **Amortisationsrechnung**

Mit der Amortisationsrechnung (auch Pay-Back-Methode, Pay-off-Methode oder Methode der Liquidationsgrenze genannt) wird der Zeitraum berechnet, in welchem das eingesetzte Kapital wieder in das Unternehmen zurückfliesst<sup>13</sup>. Die Amortisationszeit wird folgendermassen berechnet:

$$\text{Amortisationszeit} = \frac{\text{Kapitaleinsatz}}{\text{Durchschnittl. jährlicher Rückfluss}} [\text{Jahre}]$$

---

<sup>13</sup> Brockhaus - Die Enzyklopädie: in 30 Bänden. 21., neu bearbeitete Auflage. Leipzig, Mannheim: F.A. Brockhaus 2005-07

Anhand dieser Methode kann zudem das Risiko der Investition abgeschätzt werden. Je länger die Wiedergewinnungszeit ist, desto grösser ist das Risiko der Investition, da die Wahrscheinlichkeit des Eintretens unvorhersehbarer Ereignisse sich mit zunehmender Zeit vergrössert. Bei Einzelinvestitionen lohnt sich die Investition nicht, wenn die Amortisationszeit annähernd gleich gross oder sogar grösser als die Nutzungsdauer ist. Bei einer Variantenentscheidung berücksichtigt man diejenige Variante mit der kürzesten Amortisationszeit.

### 3.4.2 Dynamische Investitionsrechnungen

Die dynamischen Verfahren erfassen neben der Grösse der Zahlung auch den zeitlichen Aspekt und sind dadurch aufwändiger in der Durchführung. Anhand eines marktspezifischen Diskontierungszinssatzes (siehe Kapitel 4.3.3 „Diskontierungszinssatz“) werden die Zahlungsströme auf einen Referenzzeitpunkt bezogen. Damit ist der Vergleich von gleichen oder unterschiedlich hohen Zahlungsströmen zu verschiedenen Zeitpunkten möglich. Dynamische Verfahren wendet man daher bei längerfristigen Betrachtungszeiträumen an, z.B. bei Investitionsentscheidungen von Inventar. Für die dynamische Wirtschaftlichkeitsberechnung ist die Kapitalwertmethode, auch Barwertmethode oder Net-Present-Value-Methode (NPV-Methode) genannt, weit verbreitet und wird als solche in dieser Arbeit für die Wahl der Bereitstellungsvariante (siehe Kapitel 4.3 „Bereitstellungsvariante“) verwendet.

#### Kapitalwertmethode (Barwertmethode, NPV-Methode)

Der Kapitalwert (Net-Present-Value) einer Investition beschreibt die Summe aller durch diese Investition hervorgerufenen Ein- resp. Auszahlungen (*Kapitalwert = Einzahlungen – Auszahlungen*). Beim Verfahren der Kapitalwertmethode werden sämtliche Ein- und Auszahlungen auf den Beginn der Investition abgezinst und somit vergleichbar gemacht. Zur Abzinsung ist ein Kalkulationszinssatz festzulegen, der die gesamte Rechnung stark beeinflusst. Diese Abhängigkeit ist ein Nachteil der Kapitalwertmethode.

Die Beurteilung der Investition erfolgt folgendermassen:

- Ist der *Kapitalwert* = 0, so hat die Investition für den Investor keine Vorteil gegenüber einer Anlage am Kapitalmarkt. Der Kalkulationszinssatz ist identisch mit dem auf dem Kapitalmarkt erhaltenen Zinssatz.
- Ist der *Kapitalwert* > 0, so übersteigen die diskontierten Einzahlungen den Betrag der diskontierten Auszahlungen und mit der Investition konnte gegenüber einer Anlage am Kapitalmarkt ein Gewinn verzeichnet werden. Der Kalkulationszinssatz ist höher als der Zinssatz des Kapitalmarktes.
- Ist der *Kapitalwert* < 0, so ist der Kalkulationszinssatz kleiner als der Zinssatz am Kapitalmarkt und die Investition weist gegenüber einer Anlage am Kapitalmarkt einen Verlust aus.

Da in der Baubranche der Nutzen, d.h. die Einzahlungen, durch die Projektausschreibung gegeben ist, resp. bei jeder Alternative gleich sein muss, werden hier lediglich gemäss dem Minimalprinzip die Ausgaben berücksichtigt.<sup>14</sup> Entscheidend ist die Summe der Ausgaben, welche je kleiner, desto wirtschaftlich vorteilhafter ist. Mehr dazu ist den Kapiteln 3.5 „Wirtschaftlichkeitsbewertungsmodell“ und 4.3 „Bereitstellungsvarianten“ zu entnehmen.

Der Vollständigkeit halber seien auch folgende weitere in der Literatur verbreitete dynamische Investitionsrechnungen genannt<sup>15</sup>:

### **Interne-Zinsfuss-Methode**

Bei der internen Zinsfuss-Methode wird für einen Kapitalwert = 0 ein interner Zinsfuss berechnet. Bei dessen Berechnung ist iterativ mit Hilfe eines Interpolationsverfahrens vorzugehen. Wirtschaftlich absolut vorteilhaft ist eine Investition bei dieser Methode, falls der errechnete interne Zinsfuss den Kalkulationszinsfuss übersteigt.

Der Rechenaufwand für diese Methode ist wegen der Interpolation relativ hoch, was als Nachteil aufgeführt werden kann.

### **Annuitätenmethode**

Die Annuitätenmethode ist eine abgeänderte Form der Kapitalwertmethode. Die Annuität wird errechnet, indem der Kapitalwert mit einem Wiedergewinnungsfaktor multipliziert wird. Der Wiedergewinnungsfaktor ist abhängig von der Nutzungsdauer und dem Kalkulationszinsfuss.

Eine Investition ist wirtschaftlich vorteilhaft gegenüber einer Anlage am Kapitalmarkt, wenn die *Annuität*  $> 0$  ist.

Die Frage, wie lange die Betrachtungszeiträume sein müssen, damit sich eine dynamische Berechnung aufdrängt, ist nicht generell beantwortbar und hängt stark von den Werten der Diskontierungsfaktoren, resp. der Marktentwicklung, ab. Da sich die einzelnen Geldwertentwicklungs- und Ausgabensteigerungsfaktoren addieren resp. subtrahieren, ist es möglich, einen Diskontierungsfaktor von ungefähr oder sogar exakt null zu erhalten. In einem solchen Falle ist logischerweise eine dynamische Betrachtung auch bei längeren Zeiträumen nicht nötig. Es kann mit der statischen Analyse dasselbe Resultat erzielt werden.

Ansonsten ist eine dynamische Analyse auf Grund des genaueren Ergebnisses immer vorzuziehen. Ob sich der damit verbundene Mehraufwand jedoch auszahlt, ist von Fall zu Fall neu zu beurteilen.

---

<sup>14</sup> Girmscheid [6], S. 24

<sup>15</sup> Berger [7], Anhang S. 20 - 21

### 3.4.3 Unsicherheit in der Investitionsrechnung

Die dynamischen Investitionsprozesse unterliegen wegen der langfristigen Betrachtung einer grossen Unsicherheit bezüglich ihrer Datengrundlage. Die systematische Berücksichtigung dieser Risiken kann auf zwei Arten erfolgen. Man kann einerseits in einer Sensitivitätsanalyse den Einfluss von Inputfaktoren auf das Ergebnis untersuchen und somit kritische Eingangswerte bestimmen, oder man definiert unsichere Parameter als stochastische Zufallsvariablen, für welche Wahrscheinlichkeitsverteilungen bestimmt werden. Deren Auswirkung wird dann anhand einer Simulation mit mehreren hundert Szenarien untersucht.

Nach Gareis<sup>16</sup> wird dem Problem der Unsicherheit in der Praxis oft mit folgenden Methoden begegnet:

- Zinsfüsse / Diskontierungssätze werden überhöht resp. zu tief angesetzt.
- Eine kürzere Nutzungsdauer als die erwartete Nutzungsdauer der Investition wird angenommen.
- Die jährlichen Einzahlungen werden niedriger, die jährlichen Auszahlungen höher als erwartet angesetzt.

Durch die Anwendung solcher Methoden wird bewusst ein falsches Bild der Realität gezeichnet. Dadurch können sich durchaus falsche Investitionsentscheidungen ergeben. Die unsicheren Inputfaktoren müssen daher für einen zuverlässigen Investitionsentscheid Gegenstand einer genauen und systematischen Betrachtung anhand einer Sensitivitätsanalyse oder stochastischen Modellierung sein.

#### Sensitivitätsanalyse

Das Ergebnis der Wirtschaftlichkeits- oder Investitionsrechnung, resp. die Vorteilhaftigkeit eines Systems, ist von den zugrunde liegenden Parametern abhängig. In vielen Fällen können diese aufgrund der unvollständigen Datengrundlage oder wegen ihres zukunftsorientierten Charakters nur ungenau erfasst werden.

In einem ersten Schritt sollte für diese Parameter abgeschätzt werden, innerhalb welcher Grenzen die Werte zu erwarten sind. Mit den daraus berechneten Erwartungs- oder Mittelwerten als sozusagen „quasi-sichere“ Parameter kann die Investitionsrechnung durchgeführt werden.<sup>17</sup> Da die tatsächlichen Werte der Parameter von den verwendeten Zahlen abweichen könnten, sollte das Ergebnis der Investitionsrechnung auf dessen Sensitivität untersucht werden. Dabei wird überprüft, ob eine Veränderung der Eingabegrössen im Rahmen ihrer Streuung ein anderes Ergebnis erwirkt, also ein anderes System ausgewählt würde.

---

<sup>16</sup> Gareis [8], S. 35

<sup>17</sup> Gareis [8], S. 36

Mit den heute zur Verfügung stehenden rechnergestützten Hilfsmitteln gestaltet sich die Sensitivitätsanalyse nicht besonders aufwändig. Es muss allerdings beachtet werden, dass eigentlich sämtliche Kombinationen der Grenzwerte aller Parameter berücksichtigt werden sollten. Aus diesem Grund empfiehlt es sich, zuerst die Auswirkung einzelner Parameter zu evaluieren, da aufgrund dieser Resultate einige Kombinationen von vornherein aufgrund der unterschiedlichen Gewichtung der Parameter ausgeschlossen werden dürfen.

Ändert dieser Prozess innerhalb des Wertebereichs der Parameter das Ergebnis der Investitionsrechnung, können daraus die kritischen Grössen ermittelt werden, welche als Risikofaktoren in die Investitionsplanung einfließen.

## Stochastische Modellierung

Die stochastische Modellierung beruht auf einer Simulation des Entscheidungsprozesses mit probabilistisch bestimmten Ausgangsdaten. Diese beschränkt sich in der Regel auf die Berücksichtigung von unsicheren Zahlungsströmen als Eingangsgrößen. Damit ist es möglich, die Unsicherheit zukünftiger Zahlungsströme und damit die Unsicherheit der Investition, also das Risiko, zu quantifizieren.

In der Wissenschaft wird derzeit die Monte Carlo Simulation (MCS) zur Bewertung von unscharfen Ereignissen herangezogen, die auf keiner statistischen Grundlage beruhen<sup>18</sup>, so auch bei der Bewertung von Risiken eines Bauprojekts.<sup>19</sup> Bei der Monte Carlo Simulation handelt es sich um ein Verfahren zur numerischen Lösung mathematischer Problemstellungen durch die Verwendung von Zufallszahlen, mit denen Zufallsereignisse erzeugt werden.<sup>20</sup> Damit lassen sich die möglichen Varianten und Ausprägungen von Ereignissen, welche auf keiner empirischen Datengrundlage beruhen, im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsanalyse darstellen. Auf eine detaillierte Darstellung der Monte Carlo Simulation wird verzichtet und zur Vertiefung auf die erwähnte Literatur verwiesen.

---

<sup>18</sup> Girmscheid [6], S. 12

<sup>19</sup> Girmscheid [9] und Busch [10]

<sup>20</sup> Mertens [11]



### 3.5 Wirtschaftlichkeitsbewertungsmodell

Das Wirtschaftlichkeitsbewertungsmodell hat zum Ziel, die Wirtschaftlichkeit von zukunftsorientierten Handlungen zu beurteilen und dadurch eine Entscheidungsgrundlage für Investitionen zu liefern. Da sich diese Investitionen in der Zukunft abspielen, beruhen die Entscheidungen auf Prognosen und müssen aufgrund unvollkommener Informationen unter Unsicherheit gefällt werden. Um trotz dieser Unsicherheiten zu quantitativen und konkreten Ergebnissen zu gelangen, ist auf Daten der vergangenen Jahre zurück zu greifen. Werden diese Daten entsprechend aufbereitet, wird die Tendenz der Entwicklung der vergangenen Jahre sichtbar. Diese Tendenz kann als Grundlage für die zukünftige Entwicklung dienen.

In einem ersten Schritt der Wirtschaftlichkeitsbewertung muss folglich der zukünftige Bedarf auf der Basis von retrospektivem Datenmaterial prognostiziert werden. Erst dann kann in einem zweiten Schritt die Vorteilhaftigkeit der alternativen Investitionsmöglichkeiten mit Hilfe eines Wirtschaftlichkeitsvergleichs abgeschätzt werden. In einem dritten Schritt ist es möglich, die Wirtschaftlichkeit auch hinsichtlich der Bereitstellungsvarianten zu analysieren.

Nach Girmscheid<sup>21</sup> wird das Wirtschaftlichkeitsbewertungsmodell für Bauproduktionseinrichtungen in drei Prozesse untergliedert:

- Prognosemodell zur Ermittlung des prospektiven Materialbedarfs auf der Grundlage von retrospektivem Datenmaterial (Bedarfsermittlung)
- Prognosemodell zur Analyse der Wirtschaftlichkeit von Systemen mittels statischem Kostenvergleich (Systemauswahl)
- Prognosemodell zur Analyse der Wirtschaftlichkeit der Bereitstellungsvarianten mittels dynamischem Kostenvergleich (Bereitstellungsvariante)

#### Bedarfsermittlung

Der Betrachtungszeitraum des Prozesses Bedarfsermittlung kann mit folgendem Zeitstrahl dargestellt werden (Bild 4):

---

<sup>21</sup> Girmscheid [6], S. 11

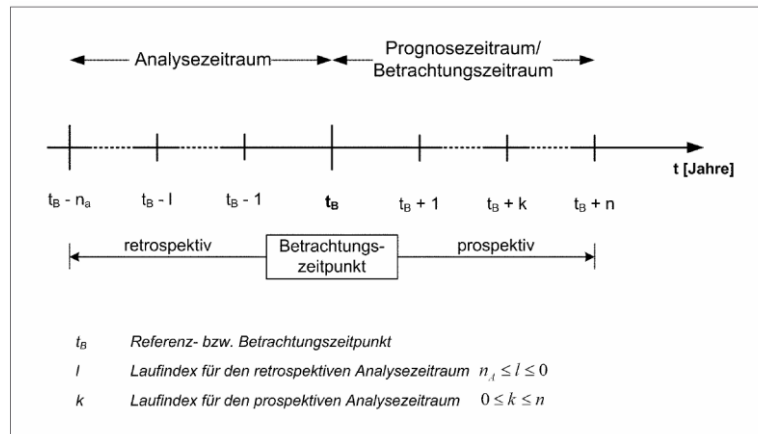


Bild 4: Betrachtungszeitraum Bedarfsermittlung [3]

Der Prognosezeitraum ist abhängig von der Grösse und Bedeutung der geplanten Investition zu wählen. Bei Investitionen in Bauhilfsmaterial bzw. Schalungsbedarf beispielsweise sind Umsatzprognosen für die kommenden fünf Jahre erforderlich<sup>22</sup>.

Der retrospektive Analysezeitraum orientiert sich stark am Prognosezeitraum und sollte über eine ausreichende Menge an Daten verfügen. Bei der gesamten Bedarfsermittlung ist auf möglichst gleich bleibende Randbedingungen zu achten, da sonst keine verlässlichen Prognosen erstellt werden können.

### Systemauswahl

Die Systemauswahl muss auf *Projektebene* durchgeführt werden, da in der Bauindustrie jedes Projekt, oder zumindest das Projektcluster, ein produktionstechnisches Unikat darstellt und die Entscheidung hinsichtlich des wirtschaftlichsten Systems somit stark projektabhängig ist. Weil der Zeitraum zwischen Ausschreibung, Vergabe, Bauausführung und Bauabschluss relativ kurz ausfällt, fallen Geldwertentwicklung und Ausgabensteigerung kaum ins Gewicht und es ist für diese projektspezifische resp. projektclusterspezifische Entscheidung ein *statischer* Wirtschaftlichkeitsvergleich ausreichend. Diese statische Kostenvergleichsanalyse (KV-Analyse) wird mit Hilfe des Cash-Drains vollzogen, welcher den Geldabfluss, d.h. die Ausgaben beziffert.<sup>23</sup>

Eine klare Systemabgrenzung ist Voraussetzung für einen aussagekräftigen Vergleich. Die zeitliche Grenze wird bei der projektspezifischen resp. projektclusterspezifischen KV-Analyse durch die Laufzeit des Projektes resp. des Projektclusters gegeben. Eine inhaltliche Systemabgrenzung wird erreicht, indem sämtliche projektspezifisch resp. projektclusterspezifisch anfallenden Kosten im gegebenen Zeitraum berücksichtigt werden.

<sup>22</sup> Girmscheid [6], S. 13

<sup>23</sup> Girmscheid [6], S. 28

## **Bereitstellungsvariante**

Um Investitionsentscheidungen langfristig und nachhaltig fällen zu können, reicht eine rein projekt- resp. projektclusterbezogene Sicht nicht aus. Es ist notwendig, die Entscheidungen auch in einen projektclusterübergreifenden Zusammenhang zu stellen. Im Prozess Bereitstellungsvariante wird deshalb die Beurteilung auf *Unternehmensebene* vorgenommen. Die Wirtschaftlichkeit der Bereitstellungsvarianten wird folglich nicht nur über ein Projekt resp. einen Projektcluster, sondern über eine strategische Geschäftseinheit (SGE) bestimmt.

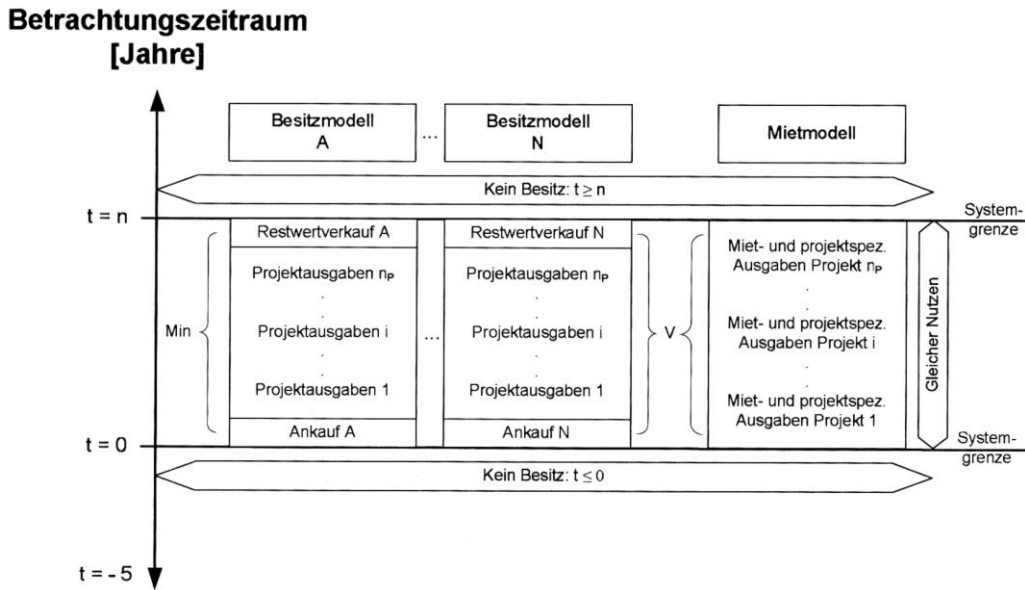
Aufgrund der längerfristigen Auswirkungen der Entscheidungen ist eine Berücksichtigung des zeitlichen Aspekts zwingend. Dementsprechend wird der Betrachtung eine *dynamische* Wirtschaftlichkeitsanalyse zu Grunde gelegt, welche entweder mit der Berechnung des Net-Present-Value (NPV) oder der Berechnung des Kosten-Barwertes durchgeführt werden kann. Da durch die Erfassung realer Zahlungsströme die NPV-Methode einen konsistenteren und klareren Vergleich erlaubt, wird in dieser Arbeit die NPV-Methode verwendet.<sup>24</sup>

Der NPV wird durch die Einnahmen und Ausgaben, also auf der Ebene des Geldvermögens, definiert. Um der zeitlichen Streuung gerecht zu werden, werden diese Einnahmen und Ausgaben als einmalige oder als periodische Grössen auf einen frei wählbaren Bezugszeitpunkt diskontiert. Der NPV stellt somit den diskontierten Cash-Drain dar.

Beim Wirtschaftlichkeitsvergleich der Bereitstellungsvarianten (Miet- und Besitzmodell) ist darauf zu achten, dass zu Beginn und am Schluss des Betrachtungszeitraumes gleiche Wertbedingungen vorliegen. Am einfachsten ist dies zu erreichen, indem man zu Beginn vom Zustand ‚kein Besitz‘ ausgeht. Dazu müssen allfällige, sich in Besitz befindende Systeme als verkauft betrachtet werden und bei Bedarf neu gekauft werden. Die Investitionskosten belaufen sich dann auf den aktuellen Marktwert des Systems. Am Ende des Betrachtungszeitraumes muss das System wieder verkauft werden, um die gleichen Wertbedingungen wie zu Beginn zu erreichen. Diese Überlegungen sind in Bild 5 visualisiert.

---

<sup>24</sup> Girmscheid [6], S. 25



**Bild 5: Betrachtungszeitraum NPV-Modell [3]**

Bild 6 zeigt die denkbaren Varianten der Bereitstellung mit deren Vor- bzw. Nachteilen. Es wird ersichtlich, dass die Frage der wirtschaftlich optimalen Bereitstellungsvariante auf Grund der unterschiedlichen Rahmenbedingungen von Fall zu Fall systematisch neu beurteilt werden muss.

	Vorteil	Nachteil
Kauf	Flexibilität, der Käufer ist Eigentümer	Kapitalbindung, laufende Kosten für Abschreibung und Verzinsung
Miete	Kosten nur für die Einsatzdauer	Abhängigkeit von Beständen und Preisen der Vermieter
Leasing	Die Kosten sind vorher bekannt, keine Kapitalbindung	Der Käufer ist nicht Eigentümer, ggf. unrealistische Festsetzung des Restwerts

**Bild 6: Vergleich der Beschaffungsvarianten Kauf – Miete – Leasing [2]**

## 4 Detaillierte Analyse der angewendeten Methoden

### 4.1 Bedarfsermittlung

Die Bedarfsermittlung wird für die zu betrachtenden Bauproduktionseinrichtungen innerhalb einer strategischen Geschäftseinheit (SGE) oder je nach Datenlage sogar innerhalb eines strategischen Geschäftsfeldes (SGF) vorgenommen. Damit erfolgt eine spartenorientierte Bereitstellung der Produktionsmittel, was aufgrund der Marktentwicklung in der Bauindustrie und der strategischen Organisation eines modernen Bauunternehmens eine geeignete Grundlage für eine Prognose bildet.

Der Prozess der Bedarfsermittlung (Bild 7) wird aus zwei unterschiedlichen Betrachtungsrichtungen angegangen<sup>25</sup>:

- Analyse – retrospektive (rückblickende) Ermittlung von Kennzahlen bezüglich Vorhaltemenge der Bauproduktionseinrichtung und Umsatz der SGE oder SGF.
- Prognose – prospektive (vorausschauende) Bedarfsermittlung für die Vorhaltemenge auf der Grundlage von Umsatzzielen der SGE oder des SGF des Unternehmens.

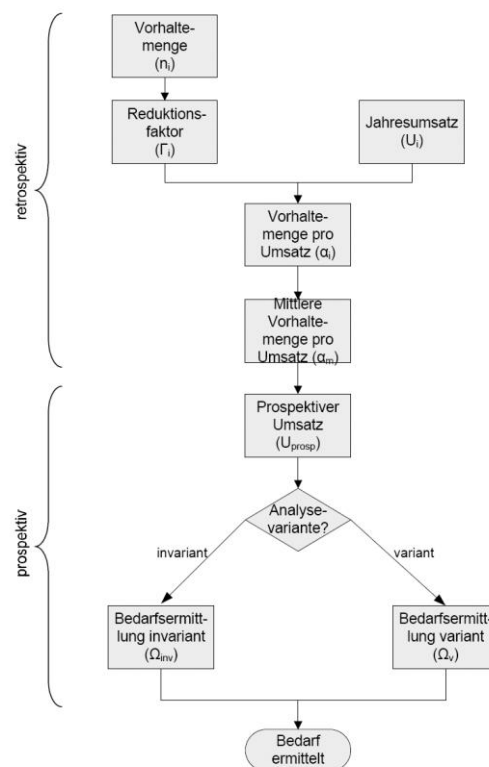


Bild 7: Schematischer Ablauf der Bedarfsermittlung

<sup>25</sup> Girmscheid [6], S. 35

#### 4.1.1 Retrospektive Vorhaltemenge des Bauproduktionsmittels

Das Ziel der retrospektiven Analyse ist die Ermittlung einer mittleren Vorhaltemenge pro Einheitsumsatz der SGE.

Der Betrachtungszeitraum der retrospektiven Analyse sollte einerseits Schwankungen ausgleichen und andererseits eine genügend umfangreiche Datengrundlage für die Prognose bilden. Geht man von einem üblichen Prognosezeitraum von rund fünf Jahren aus, sind mindestens retrospektive Daten im gleichen Zeitrahmen notwendig.

Für jedes Jahr  $i$  im retrospektiven Betrachtungszeitraum wird die jährliche Vorhaltemenge  $\alpha_i$  der zu betrachtenden Bauproduktionseinrichtung pro Jahresumsatz  $U_i$  der SGE oder des SGF ermittelt:

$$\alpha_i = \frac{n_i \cdot \Gamma_i}{U_i} \text{ [Anzahl Geräte / Einheitsumsatz]}$$

Dabei gilt  $n_i$  : Vorhaltemenge der Bauproduktionseinrichtung im Jahr  $i$  [Anzahl Geräte]

$$\Gamma_i = \left\{ \begin{array}{l} \frac{T_{\text{vorh},i}}{T_{\text{Vorgabe},i}} \text{ für } T_{\text{vorh},i} < T_{\text{Vorgabe},i} \\ \vee 1 \text{ für } T_{\text{vorh},i} \geq T_{\text{Vorgabe},i} \end{array} \right\} : \text{Reduktionsfaktor}$$

[-]

$T_{\text{vorh},i}$  : vorhandene Auslastung (IST) im Jahr  $i$  [Tage]

$T_{\text{Vorgabe},i}$  : vorgegebene Auslastung (SOLL) im Jahr  $i$  [Tage]

$U_i$  : Jahresumsatz im Jahr  $i$  [CHF]

Mit dem Reduktionsfaktor  $\Gamma_i$  wird die vorhandene Auslastung der Produktionseinrichtung mit einer gewünschten Sollauslastung verglichen. Damit berücksichtigt man, dass unter Umständen nicht alle Geräte der Vorhaltemenge im Jahr  $i$  zum Einsatz kamen oder während dieses Zeitraums nicht voll ausgelastet waren. Die effektiv vorhandene retrospektive Vorhaltemenge wird mit  $\Gamma_i$  reduziert, was als Ergebnis die rückblickend tatsächlich benötigte Vorhaltemenge bei voller Auslastung liefert.

Die in dieser Weise über einen in Anzahl Jahren beliebigen Analysezeitraum  $n_a$  jährlich ermittelte Vorhaltemenge  $\alpha_i$  wird zur weiteren Verwendung gemittelt und bildet damit die mittlere Vorhaltemenge pro Einheitsumsatz  $\alpha_m$ .

$$\alpha_m = \frac{\sum \alpha_i}{n_a} \text{ [Anzahl Geräte / Einheitsumsatz]}$$

Dabei gilt zu beachten, dass mit diesem Mittelwert unter Umständen wichtige Informationen ausgeblendet werden. So könnte zum Beispiel bei einer jährlichen Betrachtung der Vorhaltemengen eine Tendenz feststellbar sein, die es in der Prognose unbedingt zu beachten gilt. Oder die einzelnen jährlichen Vorhaltemengen unterscheiden sich willkürlich in so hohem Masse, dass keine zuverlässige Prognose möglich wird.

#### 4.1.2 Prospektive Vorhaltemenge des Bauproduktionsmittels

Die Prognose des zukünftigen Produktionsmittelbedarfs wird anhand der retrospektiven Relationen und dem prognostizierten Umsatz ermittelt. Dabei wählt man entweder das „invariante“ oder „variante“ Prognosemodell.

##### Invariantes Prognosemodell

Bei der invarianten Analyse wird die retrospektiv ermittelte mittlere Vorhaltemenge pro Einheitsumsatz  $\alpha_m$  direkt mit einer Umsatzprognose  $U_{prosp}$  multipliziert. Daraus ergibt sich die prognostizierte zukünftige invariante Vorhaltemenge  $\Omega_{inv}$ :

$$\Omega_{inv} = U_{prosp} \cdot \alpha_m \text{ [Anzahl Geräte]}$$

Der prognostizierte Umsatz sollte sich auf die gleiche SGE oder das gleiche SGF beziehen und dieselbe Zeiteinheit (im Allgemeinen ein Jahr) berücksichtigen wie der Umsatz  $U_j$  in der retrospektiven Ermittlung der Vorhaltemenge.

Das invariante Prognosemodell geht von folgenden Annahmen aus:

- Die Varianz der retrospektiv ermittelten Vorhaltemenge pro Einheitsumsatz  $\alpha_i$  ist gering. D.h. der Mittelwert entspricht ungefähr den jährlichen Faktoren.
- Der Anteil des Bauproduktionsmittelbedarfs am Umsatzvolumen der SGE oder des SGF bleibt gleich, resp. der Projektmix in der SGE wird gewahrt.
- Da die retrospektiv ermittelte Vorhaltemenge mengenmässig auf einer bestimmten Anzahl des Produktionsmittels beruht, ist auch die prognostizierte zukünftige Vorhaltemenge leistungsunabhängig. D.h. ein spezifisches Produktionsmittel muss jederzeit die gleiche Leistung erbringen.

Diese Punkte sind in der praktischen Anwendung selten erfüllt. Darum zieht man meistens das „variante“ Modell in Betracht.

##### Variantes Prognosemodell

Das „variante“ Prognosemodell unterscheidet sich vom „invarianten“ Modell lediglich durch die Berücksichtigung eines weiteren Faktors  $F_V$ . Die prognostizierte zukünftige „variante“ Vorhaltemenge  $\Omega_v$  beträgt demnach:

$$\Omega_v = U_{prosp} \cdot \alpha_m \cdot F_V \text{ [Anzahl Geräte]}$$

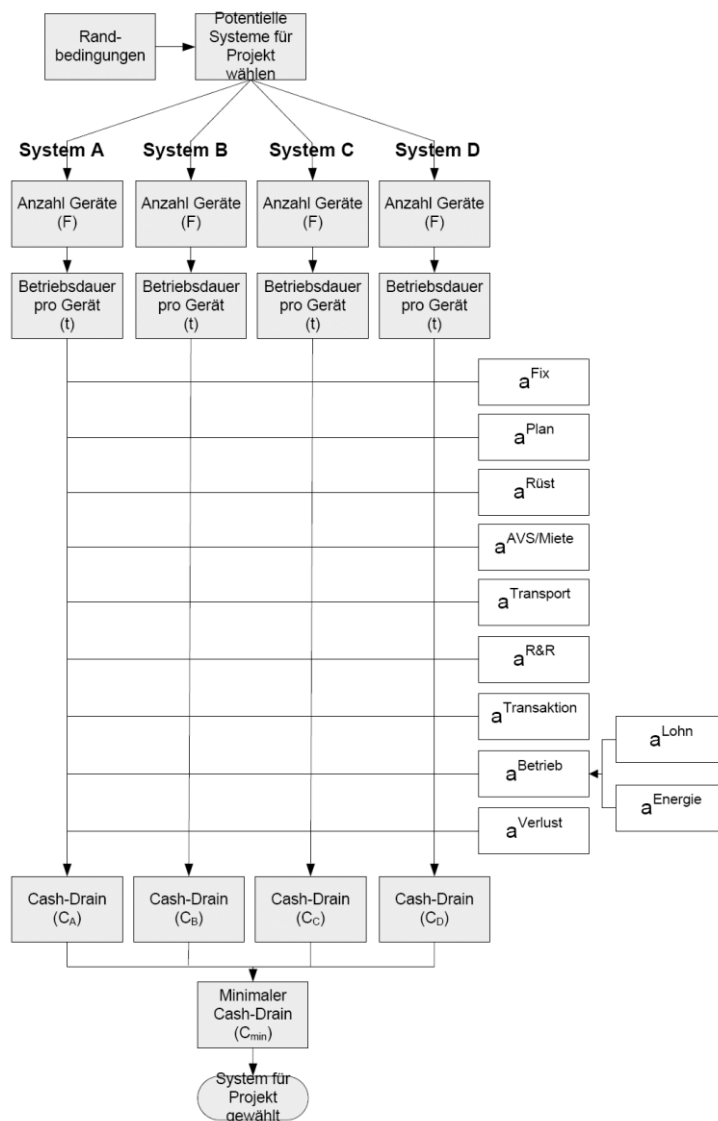
Der dimensionslose Varianzfaktor berücksichtigt die proportionale Änderung der verschiedenen Einflussfaktoren. So kann damit beispielsweise eine Tendenz abgebildet oder eine Leistungsberichtigung vorgenommen werden. Werden beispielsweise die Bauproduktionseinrichtungen (Baumaschinen) leistungsfähiger, so werden zur Erreichung des Projektzieles weniger Maschinen benötigt. In einem solchen Fall würde der Varianzfaktor einen Wert kleiner 1.0 annehmen und entsprechend eine geringere Vorhaltemenge resultieren.



## 4.2 Statische Systemauswahl

Die statische Systemauswahl wählt für jedes Projekt das wirtschaftlichste System auf Grund einer KV-Analyse aus. Bild 8 zeigt schematisch den Ablauf des Prozesses.

Für die Bereitstellungsvarianten Miete und Besitz ist die Systemauswahl getrennt durchzuführen, da grundsätzlich nicht dieselben Systeme im Miet- wie im Besitzmodell angewendet werden müssen. Es muss allerdings gewährleistet sein, dass die Besitzsysteme, im Gegensatz zu den Mietsystemen, in allen Projekten angewendet werden können. In der Folge resultieren pro Projekt resp. Projektcluster *ein* gewähltes Mietsystem und *ein* gewähltes Besitzsystem. Ob gesamtwirtschaftlich unter Einbezug verschiedener Projekte resp. Projektcluster das gewählte Miet- oder das gewählte Besitzsystem vorteilhafter ist, wird im nachfolgenden Prozess der Bereitstellungsvariante (siehe Kapitel 4.3 „Bereitstellungsvariante“) in einer längerfristigen Betrachtung analysiert.



**Bild 8: Schematischer Ablauf der Systemauswahl**

Zu Beginn der statischen Systemauswahl ist eine Auswahl an potentiellen Systemen für das betreffende Projekt resp. den betreffenden Projektcluster festzulegen. Dabei spielt es keine Rolle, ob die gewünschten Systeme bereits in Besitz sind oder nicht. Voraussetzung für alle Systeme ist lediglich, dass sie den folgenden Randbedingungen genügen:

- Der definierte Nutzen muss erbracht werden können.
- Das System muss verfügbar sein (Miete und/oder Besitz).
- Das notwendige Know-how muss vorhanden sein.

Diese Randbedingungen können als KO-Kriterien verstanden werden, da ein System zwingend alle Bedingungen erfüllen muss.

Für jedes potentielle System wird anhand der Systemkapazität und der im Projekt zu erbringenden Leistung die Anzahl Geräte abgeschätzt, die nötig ist, um das Projektziel in der festgelegten Zeit zu erreichen. Die Betriebsdauer pro Gerät orientiert sich an der gewählten Anzahl Geräte und darf maximal die festgelegte Bearbeitungszeit des Projektes erreichen. Es ist einleuchtend, dass bei einer höheren Anzahl Geräte die Betriebsdauer pro Gerät sinkt und vice versa.

Die bei der statischen Systemauswahl berücksichtigten Kostenfaktoren sind nach Girmscheid<sup>26</sup>:

Kostenfaktor	Beschreibung	Formel
<b>Fixkosten</b>	Fixpreis pro Projekt für Lager- und Umschlagskosten, Auftragsabwicklung, Beratung und Vertrieb, allgemeine Geschäftsausgaben, Aufsichts- und Allgemeinkosten	$A^{Fix}$
<b>Planungskosten</b>	Fixpreis pro Projekt für Arbeitsvorbereitung	$A^{Plan}$
<b>Rüstkosten</b>	Kosten für Vorbereitung und Einrichtung des Systems (Aufbau und Montage)	$A^{Rüst} = F \cdot a^{Rüst}$
<b>Mietkosten resp. interne Kosten</b>	Bei Besitz: Interne Kosten AVS (Amortisation, Verzinsung, Versicherung, Stationierung) Bei Miete: Mietkosten	$A^{AVS} = F \cdot t \cdot a^{AVS}$ $A^{Miete} = F \cdot t \cdot a^{Miete}$
<b>Transportkosten</b>	Transportkosten zur und von der Baustelle	$A^{Transport} = F \cdot a^{Transport}$
<b>Revisions- und Reparaturkosten</b>	Kosten für Reinigung, Instandsetzung und kleinere Reparaturen	$A^{R\&R} = F \cdot a^{R\&R}$
<b>Transaktionskosten</b>	Fixausgaben pro Projekt für Anbahnung, Vereinbarung, Kontrolle und Anpassung	$A^{Transaktion}$
<b>Betriebskosten</b>	Die Betriebskosten setzen sich aus den Lohnkosten und den Energiekosten zusammen	$A^{Betrieb} = F \cdot t \cdot (a^{Lohn} + a^{Energie})$
<b>Verlustkosten</b>	Verlustkosten bei Bruch, Diebstahl, Verschleiss oder starker Beschädigung.	$A^{Verlust} = F \cdot a^{Verlust}$

<sup>26</sup> Girmscheid [6], S. 53

Dabei gilt:	$F$ :	Anzahl benötigte Geräte
	$t$ :	Betriebsdauer eines Gerätes [d]
	$A^{Fix}$ :	Fixkosten [CHF]
	$A^{Plan}$ :	Planungskosten [CHF]
	$a^{Rüst}$ :	Kostensatz für Rüstkosten [CHF/Gerät]
	$A^{Rüst}$ :	Rüstkosten [CHF]
	$a^{AVS/Miete}$ :	Mietkostensatz resp. Kostensatz AVS [CHF/Gerät/d]
	$A^{AVS/Miete}$ :	Mietkosten resp. Interne Kosten AVS [CHF]
	$a^{Transport}$ :	Transportkostensatz [CHF/Gerät]
	$A^{Transport}$ :	Transportkosten [CHF]
	$a^{R\&R}$ :	Revisions- und Reparaturkostensatz [CHF/Gerät]
	$A^{R\&R}$ :	Revisions- und Reparaturkosten [CHF]
	$A^{Transaktion}$ :	Transaktionskosten [CHF]
	$a^{Lohn}$ :	Lohnkostensatz [CHF/Gerät/d]
	$a^{Energie}$ :	Energiekostensatz [CHF/Gerät/d]
	$A^{Betrieb}$ :	Betriebskosten (Lohnkosten und Energiekosten) [CHF]
	$a^{Verlust}$ :	Verlustkostensatz [CHF/Gerät]
	$A^{Verlust}$ :	Verlustkosten [CHF]

Die Fixkosten, die Planungskosten und die Transaktionskosten werden als unabhängig von der Anzahl benötigter Geräte und deren Betriebsdauer betrachtet.

Die Rüstkosten, die Transportkosten, die Revisions- und Reparaturkosten sowie die Verlustkosten nehmen proportional mit zunehmender Anzahl verwendeter Geräte zu, sind jedoch unabhängig von der Betriebsdauer. Vor allem bei den Revisions- und Reparaturkosten und den Verlustkosten mag diese Unabhängigkeit unverständlich erscheinen. Da diese Faktoren jedoch schwer in Schweizer Franken pro Tag zu beziffern sind, ist diese Betrachtung gerechtfertigt und es kann zur Berücksichtigung der Abhängigkeit bei einer höheren Betriebsdauer ein entsprechend höherer Revisions- und Reparaturkosten- resp. Verlustkostenbetrag angesetzt werden.

Die Mietkosten resp. internen Kosten und die Betriebskosten hingegen sind direkt abhängig von der Betriebsdauer und von der Anzahl Geräte.

Die Internen Kosten (AVS) setzen sich aus den vier Bestandteilen<sup>27</sup>

- Amortisation: Der Restwert bei Erreichen der Nutzungsdauer ist als null anzusetzen
- Verzinsung: Ertrag, welcher das investierte Geld in einer langfristigen Wertpapieranlage erzielen würde
- Versicherungskosten: Feuer- und Elementarrisikoversicherung
- Stationierung: Kosten für Platzbeanspruchung, Unterhalt und dergleichen

zusammen.

Transaktionskosten sind Kosten, die entstehen, „[...] weil die beteiligten Wirtschaftssubjekte nur über unvollkommene Informationen verfügen oder der Leistungsaustausch Kosten verursacht. Zu den Transaktionskosten zählen alle Kosten, die bei der Anbahnung eines Vertrags (Suchkosten, Informationskosten), bei Vertragsabschluss (Verhandlungskosten, Entscheidungskosten) sowie nach Vertragsabschluss (Kosten der Überwachung und der Durchsetzung von Ansprüchen, Transportkosten, sonstige Kosten der Abwicklung des Leistungsaustauschs) entstehen.“<sup>28</sup>

Die Betriebskosten setzen sich aus den Lohnkosten und den Energiekosten zusammen.

Bei den Lohnkosten ist zu beachten, dass sie *nicht* die Kosten einer Arbeitskraft pro Tag beschreiben, sondern die summierten Lohnkosten aller an einer Bauproduktionseinrichtung beschäftigten Arbeiter. Die Energiekosten setzen sich aus den Kosten für Treibstoff, Wasser, Druckluft, Öl etc. zusammen.

Abschliessend ist zu betonen, dass durchaus auch weitere Kostenfaktoren berücksichtigt oder gegebene vernachlässigt werden können. Damit die Systeme untereinander vergleichbar sind, ist jedoch unbedingt zu beachten, dass bei allen Systemen dieselben Kostenfaktoren einfließen.

Die Systemauswahl basiert auf einem Vergleich der Cash-Drains der verschiedenen Systeme. Der Cash-Drain eines Systems  $S=\{A, B, \dots\}$  ermittelt sich als Summe aller Ausgaben:

$$C_S = (A_S^{Fix} + A_S^{Plan} + A_S^{Rüst} + A_S^{AVS / Miete} + A_S^{Transport} + A_S^{R\&R} + A_S^{Transaktion} + A_S^{Betrieb} + A_S^{Verlust})_{S=\{A,B,\dots\}}$$

Dabei gilt:  $C_S$ : *Cash-Drain des Systems  $S=\{A, B, \dots\}$*

<sup>27</sup> Schweizerischer Baumeisterverband SBV [12], S. 17-18

<sup>28</sup> Brockhaus - Die Enzyklopädie: in 30 Bänden. 21., neu bearbeitete Auflage. Leipzig, Mannheim: F.A. Brockhaus 2005-07.

Das System mit dem kleinsten Cash-Drain, also den geringsten Ausgaben, ist wirtschaftlich am attraktivsten und wird zum gewählten System im entsprechenden Projekt resp. Projektcluster.

$$C_{\min} = \text{Min}\{C_S\}_{S=\{A,B,\dots\}}$$

Dabei gilt:  $C_{\min}$ : *Minimaler Cash-Drain der Systeme  $S=\{A, B, \dots\}$*

### 4.3 Bereitstellungsvariante

Der Prozess Bereitstellungsvariante stellt die im Prozess Systemauswahl gewählten Systeme in einen projekt- resp. projektclusterübergreifenden Zusammenhang und berücksichtigt bei der Beurteilung der Wirtschaftlichkeit auch den zeitlichen Aspekt. Mit Hilfe der NPV-Methode werden die anfallenden Kosten auf einen Bezugszeitpunkt diskontiert, um die Streuung bezüglich dem Zeitpunkt der Zahlung einzubeziehen.

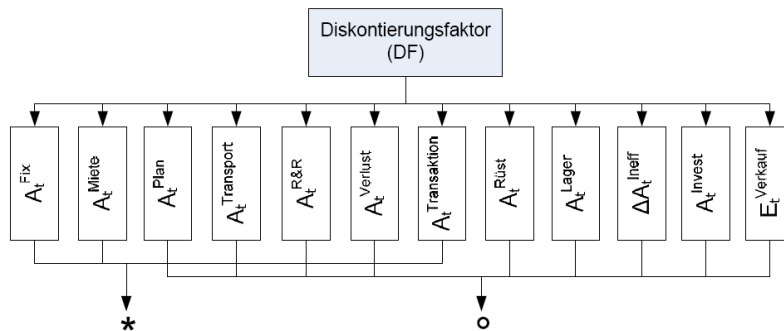
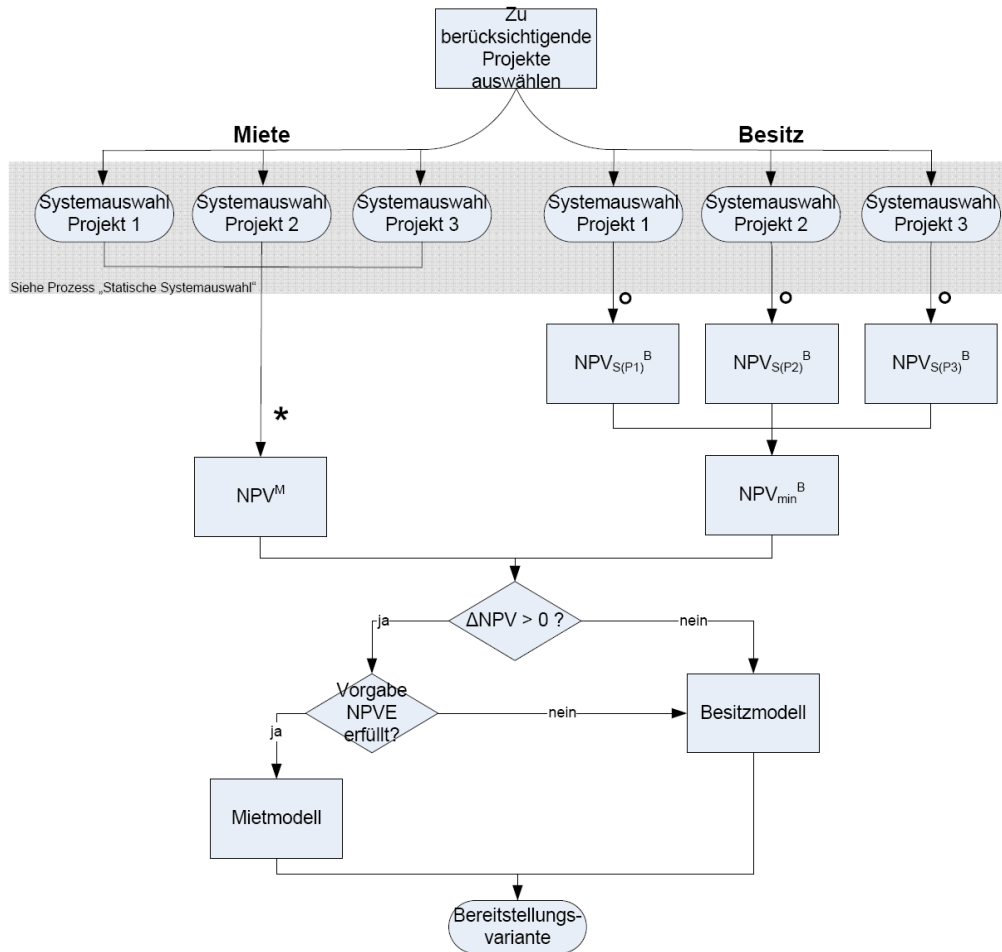


Bild 9: Schematischer Ablauf der Auswahl der Bereitstellungsvariante

Der Prozessablauf der Bereitstellungsvariante ist in Bild 9 dargestellt. Eingangs sind die zu berücksichtigenden Projekte resp. Projektcluster festzulegen. Diese Projekte resp. Projektcluster müssen sich inhaltlich ähneln und mit gleichartigen Bauproduktionseinrichtungen ausführbar sein, da sonst ein Vergleich absurd ist. Sie gehören demzufolge derselben SGE an. Für jedes dieser Projekte resp. Projektcluster ist die statische Systemauswahl vorgängig durchzuführen (siehe Kapitel 4.2 „Statische Systemauswahl“). Je Projekt werden darin ein System für Miete und ein System für Besitz ausgewählt. Diese ausgewählten Systeme bilden die Grundlage für die Berechnung des NPV.

#### 4.3.1 Miet-NPV

Die Berechnung des Miet-NPV gestaltet sich folgendermassen:

$$NPV^M = \sum_{\text{Projekte}} \left\{ \sum_{\text{einmaligeKosten}} \left[ \frac{1}{(1 + DF)^{t-t_B}} \cdot A_t(\text{einmalig}) \right] + \sum_{\text{periodischeKosten}} \left[ \sum_{t=t_1}^{t_2} \frac{1}{(1 + DF)^{t-t_B}} \cdot A_t(\text{periodisch}) \right] \right\}$$

Dabei gilt:

$NPV^M$ :	Miet-NPV [CHF]
$DF$ :	Diskontierungsfaktor [-] (siehe Kapitel 4.3.3)
$t$ :	Zeitpunkt der anfallenden Ausgaben [in Bruchteil von Jahren]
$t_B$ :	Bezugszeitpunkt der Diskontierung [in Bruchteil von Jahren]
$t_1$ :	Startzeitpunkt der periodisch (monatlich) anfallenden Ausgaben [in Bruchteil von Jahren]
$t_2$ :	Endzeitpunkt der periodisch (monatlich) anfallenden Ausgaben [in Bruchteil von Jahren]
$A_{t(\text{einmalig})}$ :	Einmalig anfallende Ausgabenkomponenten [CHF]
$A_{t(\text{periodisch})}$ :	Periodisch anfallende Ausgabenkomponenten [CHF]

Beim Mietmodell werden nach Girmscheid<sup>29</sup> folgende Kostenfaktoren berücksichtigt:

Kostenfaktor	Beschreibung	Symbol
<b>Fixkosten</b>	Fixpreis pro Projekt für Lager- und Umschlagskosten, Auftragsabwicklung, Beratung und Vertrieb, allgemeine Geschäftsausgaben, Aufsichts- und Allgemeinkosten	$A_t^{Fix}$
<b>Mietkosten</b>	Kosten für die Mietung der Bauproduktionseinrichtung	$A_t^{Miete}$
<b>Planungskosten</b>	Fixpreis pro Projekt für Arbeitsvorbereitung	$A_t^{Plan}$
<b>Transportkosten</b>	Transportkosten zur und von der Baustelle	$A_t^{Transport}$
<b>Revisions- und Reparaturkosten</b>	Kosten für Reinigung, Instandsetzung und kleinere Reparaturen	$A_t^{R\&R}$
<b>Verlustkosten</b>	Verlustkosten bei Bruch, Diebstahl, Verschleiss oder starker Beschädigung.	$A_t^{Verlust}$
<b>Transaktionskosten</b>	Fixausgaben pro Projekt für Anbahnung, Vereinbarung, Kontrolle und Anpassung	$A_t^{Transaktion}$

Die Kosten können entweder einmalig zu einem bestimmten Zeitpunkt oder periodisch in einem bestimmten Zeitraum anfallen.

Alle einmalig anfallenden Ausgabenkomponenten fließen unter der Bezeichnung  $A_t(\text{einmalig})$  in die Berechnung ein. Sie werden einzeln, abhängig vom anfallenden Zeitpunkt, auf das Bezugsdatum diskontiert. Danach wird die Summe über alle einmaligen Kosten des jeweiligen Projektes resp. Projektclusters gebildet.

Alle periodisch anfallenden Ausgabenkomponenten sind unter der Bezeichnung  $A_t(\text{periodisch})$  zusammengefasst. Der Gesamtbetrag wird zwischen dem Startzeitpunkt und dem Endzeitpunkt in monatlichen Teilzahlungen diskontiert. Diese diskontierten Teilzahlungen werden über die gegebene Dauer summiert. Nachfolgend wird die Summe über alle im jeweiligen Projekt resp. Projektcluster einbezogenen periodischen Kosten gebildet.

Um schlussendlich den Miet-NPV zu erhalten, werden die Summen der einmaligen und der periodischen Ausgabenkomponenten über alle zu berücksichtigende Projekte addiert.

<sup>29</sup> Girmscheid [6], S. 61



### 4.3.2 Besitz-NPV

Der Besitz-NPV wird wie folgt berechnet:

$$NPV^B = \sum \text{einmaligeKosten} \left[ \frac{1}{(1+DF)^{t-t_B}} \cdot A_t(\text{einmalig}) \right] + \sum \text{periodischeKosten} \left[ \sum_{t=t_1}^{t_2} \frac{1}{(1+DF)^{t-t_B}} \cdot A_t(\text{periodisch}) \right] - \frac{1}{(1+DF)^{t-t_B}} \cdot E_t^{\text{Verkauf}}$$

Dabei gilt:  $NPV^B$ : **Besitz-NPV [CHF]**  
 $E_t^{\text{Verkauf}}$ : **Verkaufseinnahmen [CHF]**

Beim Besitzmodell werden nach Girmscheid<sup>30</sup> folgende Kostenfaktoren berücksichtigt:

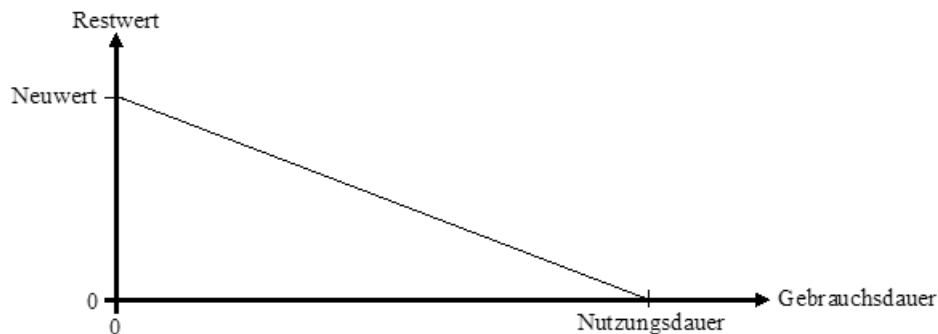
Kostenfaktor	Beschreibung	Symbol
<b>Planungskosten</b>	Fixpreis pro Projekt für Arbeitsvorbereitung	$A_t^{Plan}$
<b>Transportkosten</b>	Transportkosten zur und von der Baustelle	$A_t^{Transport}$
<b>Revisions- und Reparaturkosten</b>	Kosten für Reinigung, Instandsetzung und kleinere Reparaturen	$A_t^{R\&R}$
<b>Verlustkosten</b>	Verlustkosten bei Bruch, Diebstahl, Verschleiss oder starker Beschädigung.	$A_t^{Verlust}$
<b>Rüstkosten</b>	Kosten für Vorbereitung und Einrichtung des Systems (Aufbau und Montage)	$A_t^{Rüst}$
<b>Lagerkosten</b>	Diese entstehen, wenn zwischen zwei aufeinander folgenden Projekten das System zwischengelagert werden muss.	$A_t^{Lager}$
<b>Ineffizienzkosten</b>	Kosten durch ungünstige Systemwahl	$\Delta A_t^{ineff}$
<b>Investitionskosten</b>	Kosten für die Anschaffung	$A_t^{Invest}$
<b>Verkaufseinnahmen</b>	Einnahmen, die aus dem Verkauf nach Abschluss des Projektes resultieren	$E_t^{Verkauf}$

In gleicher Weise wie beim Miet-NPV werden auch beim Besitz-NPV die einmalig anfallenden Ausgabenkomponenten unter der Bezeichnung  $A_t(\text{einmalig})$  und die periodisch anfallenden unter der Bezeichnung  $A_t(\text{periodisch})$  zusammengezogen. Die Ermittlung der einmaligen und periodischen Kosten geschieht analog zum Miet-NPV.

Als wichtiger Einfluss kommen beim Besitz-NPV zusätzlich die Verkaufseinnahmen dazu, welche nach Abschluss des Projektes erzielt werden. Ist die Nutzungsdauer des Systems grösser als die Dauer des untersuchten Projektes resp. Projektclusters, so *muss* das System als nach Projektabschluss verkauft in die Berechnung eingehen. Nur so können die in Kapitel 3.5 „Wirtschaftlichkeitsbewertungsmodell“

<sup>30</sup> Girmscheid [6], S. 63

beschriebenen Randbedingungen ‚kein Besitz‘ eingehalten werden. Die Verkaufseinnahmen nehmen den Betrag des Restwertes abhängig von der Gebrauchsdauer an. Es wird davon ausgegangen, dass bei einer Gebrauchsdauer, die der Nutzungsdauer entspricht, das System den Restwert null erreicht und somit vollständig abgeschrieben ist (Bild 10).



**Bild 10: Zusammenhang Restwert - Gebrauchsdauer**

Um die Randbedingungen ‚kein Besitz‘ auch zu Beginn des Betrachtungszeitraumes zu erfüllen, sind Systeme, welche sich bereits im eigenen Besitz befinden, als verkauft anzusehen. Diese Systeme müssen bei Bedarf gekauft werden und generieren somit Investitionskosten in der Höhe des aktuellen Marktwertes des Systems. Der Marktwert ist identisch dem Restwert des Systems.

Lagerkosten entstehen, wenn zwischen Abschluss des ersten Projektes und Beginn des nachfolgenden Projektes das System für eine bestimmte Zeit ungenutzt ist und auf einem Werkhof zwischengelagert wird. Die Lagerkosten sind abhängig vom Platzbedarf und weiteren Lagerbedingungen.

Beim Besitzmodell spielen die Ineffizienzkosten eine bedeutende Rolle. Unter Ineffizienzkosten versteht man die Kosten, welche entstehen, wenn ein Projekt resp. Projektcluster mit einem wirtschaftlich suboptimalen System ausgeführt werden muss. Anders als beim Mietmodell kann nämlich beim Besitzmodell nicht für jedes Projekt resp. jeden Projektcluster das wirtschaftlich optimale System angewendet werden, da dies den Kauf und anschließende Verkauf von unzähligen Systemen bedingen würde. Es ist also davon auszugehen, dass ein und dasselbe Besitzsystem für alle zu berücksichtigenden Projekte resp. Projektcluster Anwendung finden muss.

Die Ineffizienzkosten werden in Anlehnung an Girmscheid<sup>31</sup> auf der Basis der Differenzaufwandswerte berechnet. Diese äussern sich an der unterschiedlichen Anzahl Geräte  $F$  und der dazugehörigen Betriebsdauer pro Gerät  $t$  und beziehen sich auf die Lohn- und Energiekosten.<sup>32</sup>

<sup>31</sup> Girmscheid [6], S. 62

<sup>32</sup> Girmscheid erwähnt bei den Schalungssystemen nur die Lohnkosten. Für Bauproduktionseinrichtungen allgemein ist ein Einbezug der Energiekosten sinnvoll.

In der untenstehenden Formel bezeichnet  $S1$  dasjenige System, welches angewendet werden *muss* und  $S2$  das System, dessen Anwendung für das entsprechende Projekt wirtschaftlich vorteilhaft wäre. Aufgrund der wirtschaftlichen Vorteilhaftigkeit besitzt  $S2$  die kleineren Ausgaben, was dazu führt, dass  $\Delta A_t^{Ineff}$  positiv wird und eine Anwendung von  $S1$ , wie schon erwähnt, Ineffizienzkosten aufwirft.

$$\Delta A_t^{Ineff} = F_{S1} \cdot t_{S1} \cdot (a_{S1}^{Lohn} + a_{S1}^{Energie}) - F_{S2} \cdot t_{S2} \cdot (a_{S2}^{Lohn} + a_{S2}^{Energie})$$

Der Besitz-NPV wird, im Gegensatz zum Miet-NPV, für *jedes* ausgewählte System über sämtliche Projekte resp. Projektcluster ermittelt. Jedes System besitzt folglich einen NPV, welchen es im Falle einer Anwendung auf alle Projekte resp. Projektcluster erzeugt. Das System mit dem kleinsten NPV ist über alle Projekte resp. Projektcluster gesehen das vorteilhafteste und wird somit als Besitzsystem vorgeschlagen.

### 4.3.3 Diskontierungszinssatz

Der Diskontierungszinssatz  $DF_k$  für einen spezifischen Kostenfaktor  $k$  (Planungskosten, Reparaturkosten, Mietkosten, etc.) im NPV-Modell wird vereinfachend aus vier einzelnen Faktoren (NF, IF, BF und PF) gebildet.

$$DF_k = \frac{m \cdot NF - n \cdot IF - o \cdot BF - p \cdot PF}{100} \quad [-]$$

wobei  $m, n, o, p \in [0, 1]$ .

Die Berücksichtigung der einzelnen Faktoren, resp. die Wahl der Parameter  $m, n, o$  und  $p$ , muss spezifisch auf den Kostenfaktor abgestimmt werden. Dabei sollten nicht mehrere abhängige geldwertmindernde Faktoren angewendet werden. D.h. normalerweise wird der Parameter  $m$  und nur einer der Parameter  $n, o, p = 1$  gesetzt! Im Folgenden werden die einzelnen hier verwendeten Diskontierungsfaktoren erläutert.

## Nominalzinssatz NF

Nach Girmscheid<sup>33</sup> stellt sich die Frage einer Basisinvestitionsalternative zur Bestimmung des Nominalzinses (Rendite) nur bedingt, da per Definition die Leistungen ausgeführt werden müssen und keine Option darstellen. Die Frage lautet nur, mit welcher Systemwahl und Bereitstellungsvariante langfristig die wirtschaftlichsten Ergebnisse erzielt werden. Um die nicht relevanten Faktoren auszublenden (siehe auch Schmidt<sup>34</sup> resp. Girmscheid<sup>35</sup>), wird daher der Durchschnittswert der Zinssätze über die letzten zehn Jahre von 10-jährigen Schweizer Staatsanleihen<sup>36</sup> empfohlen. Die Berücksichtigung der Werte von 1997 bis 2006 ergibt beispielsweise einen Nominalzinssatz von 3.022%.

## Inflationsfaktor IF

Der Anstieg des allgemeinen Preisniveaus, resp. die Geldentwertung, wird vereinfachend mit dem Inflationsfaktor berücksichtigt. Daneben könnten die einzelnen für die Kostenfaktoren massgebenden Teuerungsindizes auch separat verwendet werden (z.B. Lohnindex, Materialindex, Inventarindex, Mietindex, etc.)

Der Inflationsfaktor, resp. die Teuerung, wird in der Schweiz monatlich vom Bundesamt für Statistik (BFS)<sup>37</sup> ermittelt und kann beispielsweise über einen bestimmten Zeitraum gemittelt als prognostizierter Wert verwendet werden. Daneben verfasst das BFS dreimal pro Jahr eine Teuerungsprognose über die kommenden zwei Jahre, welche durchaus angewendet werden kann.

Die Inflation wird in der Net-Present-Value-Formel für die Ausgaben des allgemeinen Marktbezugs sowie für die Bewertung der Risikokosten angesetzt.<sup>38</sup>

## Baupreisfaktor BF

Ausgaben für den Fremdbezug von bauspezifischen Leistungen werden mit dem Baupreisindex diskontiert. Dieser Wert gibt die Entwicklung der Verkaufspreise wieder, die ein Bauunternehmen auf dem Markt effektiv für seine Leistung bezieht. Er wird ebenfalls vom Bundesamt für Statistik für den April und Oktober ermittelt und auf der Webseite publiziert<sup>39</sup> und kann aufgrund der Datengrundlage prognostiziert

---

<sup>33</sup> Girmscheid [6], S. 66

<sup>34</sup> Schmidt [13], S. 93ff

<sup>35</sup> Girmscheid [6], S. 66

<sup>36</sup> Schweizerische Nationalbank ([www.snb.ch](http://www.snb.ch) → Publikationen → Statistische Publikationen → Historische Zeitreihen → Zinssätze und Renditen)

<sup>37</sup> Bundesamt für Statistik ([www.bfs.admin.ch](http://www.bfs.admin.ch), Thema „Preise“, „Landesindex der Konsumentenpreise“; direkt: <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/05/02.html>)

<sup>38</sup> Girmscheid [6], S. 66

<sup>39</sup> Bundesamt für Statistik ([www.bfs.admin.ch](http://www.bfs.admin.ch), Thema „Preise“, „Baupreise“; direkt: <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/05/05.html>)

werden. Mit den differenziert aufgegliederten Indizes kann der für die Anwendung geeignete spezialisierte Index angewendet werden (z.B. Hochbau / Tiefbau).

### **Produktionskostenfaktor PF**

Die Entwicklung der bei der Produktion einer Bauleistung anfallenden Kosten wird mit dem Produktionskostenindex berücksichtigt. Er wird in der Schweiz vom Baumeisterverband ermittelt und repräsentiert die effektiv anfallenden Kosten des Unternehmers während der Ausführung von Bauarbeiten (Kosten für Personal, Material, Inventar und Fremdleistungen)<sup>40</sup>. Für die Bestimmung eines aussagekräftigen Produktionskostenindex ist eine detaillierte Analyse der Entwicklung innerhalb des Anwendungsbereichs (Hoch-/Tiefbau) nötig. Im NPV-Modell wird der Produktionskostenindex hauptsächlich für die Diskontierung von internen Kostenfaktoren wie Personal und Inventar verwendet.

---

<sup>40</sup> Schweizerischer Baumeisterverband Hrsg. (Zahlen und Fakten 2007) S.3

#### 4.3.4 Differenz- und Effizienzaxiom

Die Entscheidung, ob das Mietmodell mit diversen Mietsystemen oder das Besitzmodell mit *einem* Besitzsystem die höhere Wirtschaftlichkeit erreicht, wird abschliessend mit Hilfe des Differenz- und Effizienzaxioms bestimmt.

Das Differenzaxiom ist nach Girmscheid<sup>41</sup> folgendermassen definiert:

$$\Delta NPV = NPV^B - NPV^M$$

Dabei gilt:  $\Delta NPV$ : NPV-Differenz [CHF]

$\Delta NPV > 0$ : Mietmodell ist die kostengünstigere Lösung

$\Delta NPV < 0$ : Besitzmodell ist die kostengünstigere Lösung

Ist der Besitz-NPV grösser als der Miet-NPV, wird die Differenz positiv und das Mietmodell ist wirtschaftlich attraktiver als das Besitzmodell. Ist hingegen der Miet-NPV grösser als der Besitz-NPV, wird die Differenz negativ und das Besitzmodell ist die kostengünstigere Lösung.

Um nicht nur zu erkennen, *ob* das Mietmodell kostengünstiger ist, sondern auch um *wie viel* es allenfalls günstiger ist, kann das Effizienzaxiom herangezogen werden. Es beurteilt den finanziellen Effizienzgewinn.

$$NPVE = \frac{\Delta NPV}{NPV^B} \cdot 100$$

Dabei gilt:  $NPVE$ : NPV-Effizienzindex [%]

Der NPV-Effizienzindex kann auch als ein KO-Kriterium definiert werden. Die Wahl trifft demzufolge nicht bereits auf das Mietmodell, wenn die NPV-Differenz positiv ist, sondern als zweite Bedingung muss auch die vorgegebene Effizienz erreicht werden. Ansonsten ist trotz der positiven NPV-Differenz das Besitzmodell zu vorzuziehen.

---

<sup>41</sup> Girmscheid [6], S. 33

## 5 Simulations-Tool **SYSDEC**

Das Tool *SYSDEC* bildet eine Grundlage zur Entscheidungsfindung betreffend Systemauswahl und Bereitstellungsvariante (Miete oder Besitz) bei Projekten im Bauwesen. Es soll helfen, differenzierte und fundierte Entscheidungen zu treffen und somit zu einer höheren Wirtschaftlichkeit zu gelangen. Weiter soll es auch ein Hilfsmittel zur Ermittlung des zukünftigen Bedarfes, respektive der zukünftig benötigten Vorhaltemenge sein.

Der Name „SYSdec“ ist aus den englischen Wörtern „System“ und „Decision“ abgeleitet.

### 5.1 Konzept und Aufbau

Die Grundlage des Tools bilden die in Kapitel 3.5 „Wirtschaftlichkeitsbewertungsmodell“ und Kapitel 4 „Detaillierte Analyse der angewendeten Methoden“ dargelegten Theorien und Grundsätze des Wirtschaftlichkeitsbewertungsmodells. Das Ziel des Tools ist es, mit möglichst wenigen Eingabewerten klare und verständliche Outputs erzeugen zu können, welche aussagekräftige Hinweise zur Entscheidungsfindung liefern. Trotz Minimierung der Eingabewerte, soll die Anwendbarkeit nicht auf einzelne Gebiete beschränkt sein, sondern einen möglichst universellen Einsatz möglich sein. Insofern soll das Tool als Entscheidungsgrundlage für sämtliche Bauproduktionseinrichtungen (Baumaschinen, Bauhilfsmaterialien etc.) benutzt werden können.

*SYSDEC* präsentiert sich im Microsoft Office Excel-Format und setzt sich aus den drei Prozessen *Bedarfsermittlung*, *Statische Systemauswahl* und *Bereitstellungsvariante (Miete und Besitz)* zusammen. Daraus resultiert eine Einteilung in fünf Register mit folgenden Inhalten:

	Register	Inhalt
1	<b><i>Bedarfsermittlung</i></b>	Ermittlung des zukünftigen Bedarfs, respektive der zukünftig benötigten Vorhaltemenge eines Systems aufgrund der Umsatzentwicklung.
2	<b><i>Stat. Systemauswahl</i></b>	Systemauswahl auf der Basis eines statischen Kostenvergleichs der potentiellen Systeme.
3	<b><i>Indizes und AUSWERTUNG</i></b>	Festlegung des Bezugszeitpunktes der Diskontierung und der Geldwertentwicklung- und Ausgabensteigerungsindizes. Auswertung der Bereitstellungsvariante durch Vergleich der Besitz- und Miet-NPV mit Hilfe des Differenz- und Effizienzaxioms.
4	<b><i>Bereitstellungsvariante Besitz</i></b>	Ermittlung des Besitz-NPV der unter Systemauswahl gewählten Systeme mit Hilfe einer dynamischen Kostenrechnung.
5	<b><i>Bereitstellungsvariante Miete</i></b>	Ermittlung des Miet-NPV der unter Systemauswahl gewählten Systeme mit Hilfe einer dynamischen Kostenrechnung.

Sämtliche Eingabefelder sind im Tool grau hinterlegt. Die Bereitstellungsvariante Besitz wird jeweils mit der Farbe gelb, die Bereitstellungsvariante Miete mit türkis gekennzeichnet.

Jedes Register verfügt in der oberen rechten Ecke über einen „clear & reset“-Button, mit welchem die Eingabewerte gelöscht und die Standardwerte eingefügt werden können.

Auf die einzelnen Eingabe- und Ausgabewerte sowie deren Berechnung wird an dieser Stelle nicht näher eingegangen. Es sei auf die Gebrauchsanweisung im Anhang A – „Gebrauchsanweisungen“ verwiesen.

## 5.2 Anwendung

### Bedarfsermittlung

Die Anwendung des Tools *SYSDEC* ist mit dem ersten Register *Bedarfsermittlung* zu beginnen. Bild 11 zeigt den Aufbau der Oberfläche.

The screenshot shows the 'SYSDEC Bedarfsermittlung' software interface. The top menu bar includes 'Bedarfsermittlung', 'stat. Systemauswahl', 'Indizes und AUSWERTUNG', 'Bereitstellungsvariante Besitz', and 'Bereitstellungsvarianti'. The main area contains several input fields and a table. The 'Anzahl retrospektiv berücksichtigte Jahre' is set to 5, and the 'Gewählte Jahressollauslastung' is set to 260 [Tage]. A table with 7 columns and 7 rows (years -1 to -5) shows 'Sollauslastung' values of 260. Below the table, there are input fields for 'Prospektiver Umsatz', 'Varianzfaktor' (1.00), and 'Prospektive Vorhaltemenge'. A 'clear & reset' button is visible in the top right corner.

**Bild 11: Oberfläche Register *Bedarfsermittlung***

Die Anzahl retrospektiv berücksichtigte Jahre ist auf „5“ eingestellt und die gewählte Jahressollauslastung beträgt 260 Tage. Diese Werte entsprechen der Standardkonfiguration, welche sich mit Hilfe des Buttons „clear & reset“ jederzeit wieder herstellen lässt. Die Jahressollauslastung kann bei den entsprechenden Jahren überschrieben werden, da es denkbar ist, dass die Sollauslastung unter gewissen Umständen nicht in allen Jahren gleich war. In einem solchen Fall



manueller Überschreibung wird im Feld oben nicht mehr „260“, sondern „n/a“ angezeigt.

Für jedes berücksichtigte Jahr kann im folgenden der Umsatz, die Vorhaltemenge und die Auslastung eingegeben werden. Nachfolgend wird der Reduktionsfaktor, der retrospektive Vorhaltefaktor und ein Vergleichsfaktor bezüglich des ersten Jahres ausgegeben.

Der Ausgabewert dieses Tools ist die prospektive Vorhaltemenge (Anzahl Bauproduktionseinrichtungen), welche auf Grund des eingegebenen prospektiven Umsatzwertes zu erwarten ist.

Weisen die Vergleichsfaktoren eine bedeutende Streuung auf, so wird durch eine Textmeldung darauf hingewiesen, dass die Wahl des Varianzfaktors ungleich 1.0 sinnvoll sein kann und genauere Ergebnisse erzielen kann. Mit dem Varianzfaktor kann eine Inkonstanz des Verhältnisses von Umsatz zu Vorhaltemenge über die Zeit berücksichtigt werden. Besitzt er den Wert 1.0, so wird dieses Verhältnis über die Zeit als konstant betrachtet. Eine Inkonstanz ist zum Beispiel vorhanden, wenn neuere, leistungsfähigere Baumaschinen zum Einsatz kommen. Logischerweise sinkt durch diese neuen Maschinen die zur Erreichung eines bestimmten Umsatzes benötigte Vorhaltemenge. Der Varianzfaktor ist entsprechend kleiner als 1.0 zu wählen.

Der Prozess *Bedarfsermittlung* kann vollständig unabhängig von den nachfolgenden bearbeitet werden.

### Statische Systemauswahl

Der Oberfläche des Registers *Stat. Systemauswahl* gestaltet sich folgendermassen (Bild 12):

The screenshot shows the 'Stat. Systemauswahl' interface. At the top, it displays the ETH logo and 'SYSDEC Statische Systemauswahl'. Below this, there are input fields for 'Anzahl zu berücksichtigende Projekte (Projektcluster)' (set to 1) and 'Anzahl potentieller Systeme "Besitz"' (set to 6). The main area is divided into two sections: 'Besitz' (Ownership) and 'Miete' (Lease). Each section contains a table with columns for various cost types: Fixkosten, Planungskosten, Transportkosten, Rüstkosten, Interne Kosten (AVS), Revisions- und Reparaturkosten, Transaktionskosten, Lohnkosten, Energiekosten, and Verlustkosten. The 'Besitz' section is highlighted in yellow, and the 'Miete' section is highlighted in cyan. The tables are currently empty, showing only headers. At the bottom, there are navigation tabs: 'Bedarfsermittlung', 'stat. Systemauswahl', 'Indizes und AUSWERTUNG', 'Bereitstellungsvariante Besitz', and 'Bereitstellungsvariante Miete'. The 'stat. Systemauswahl' tab is active.

**Bild 12: Oberfläche Register Stat. Systemauswahl**

Ersichtlich ist im oben stehenden Bildausschnitt die Eingabemaske von Projekt 1. Es können bis zu fünf Projekte erfasst und somit in den dynamischen Wirtschaftlichkeitsvergleich (siehe Register *Bereitstellungsvariante Besitz* und *Bereitstellungsvariante Miete*) miteinbezogen werden. Die Systeme für Miete müssen nicht identisch mit denen für Besitz sein, weshalb die Eingabefelder für Besitz und Miete untereinander angeordnet und farblich getrennt sind. Für das Besitzmodell müssen Systeme gewählt werden, welche bei allen in die Erfassung einbezogenen Projekte Anwendung finden können. Beim Mietmodell können für jedes Projekt unabhängig die geeignetsten Systeme betrachtet werden.

Die Ausgabewerte dieses Tools sind je ein gewähltes System für die Besitz- und eines für die Mietvariante. Diese zwei Systeme je Projekt fließen als gewählte Systeme in den Prozess *Bereitstellungsvariante* ein.

### Bereitstellungsvariante

Das Register *Indizes und AUSWERTUNG* stellt die einzelnen Schritte des Prozesses *Bereitstellungsvariante* in nummerierter Abfolge dar (Bild 13).

Unter *Punkt 1)* kann das Bezugsdatum der Diskontierung festgelegt werden. Es ist standardmässig der aktuelle Monat und das aktuelle Jahr gewählt.

*Punkt 2)* dient der Eingabe der Geldwertentwicklungs- und Ausgabensteigerungsindizes, welche den nachfolgenden Berechnungen zu Grunde gelegt werden. Es gilt zu beachten, dass die verschiedenen Faktoren summiert werden und somit geldwertmindernde Faktoren negativ eingegeben werden müssen.

*Punkt 3)* weist darauf hin, dass als nächstes die nachfolgenden Register *Bereitstellungsvariante Besitz* und *Bereitstellungsvariante Miete* ausgefüllt werden sollen.

*Punkt 4)* zeigt die Auswertung der Bereitstellungsvariante unter Angabe der Besitz-NPV der verschiedenen Systeme, des minimalen Besitz-NPVs und des dazu gehörenden Systems sowie des Miet-NPVs. Weiter wird die durch das Differenz- resp. Effizienzaxiom ermittelte Differenz und Effizienz zahlenmässig ausgegeben und die Erkenntnis in einem Satz festgehalten.

**ETH** Eidgenössische Technische Hochschule Zürich  
**SYSDEC**  
**Bereitstellungsvariante**  
 IBB - ETH Institut für Bauplanung und Baubetrieb  
 Eidgenössische Technische Hochschule Zürich

Datum: 29.05.2008  
 clear & reset

**1) Bezugsdatum Diskontierung**  
 Standard: aktueller Monat    Mai 2008

**2) Geldwertentwicklungs- und Ausgabensteigerungsindizes**

Nominalzinsfaktor	NF	3.02%
Inflationfaktor	IF	-1.70%
Baupreisfaktor	BF	-1.18%
Produktionskostenfaktor	PF	-1.92%

**Hinweis:** Diese Faktoren werden summiert, d.h. geldwertmindernde Faktoren müssen negativ sein

**3) Erfassen der Systemparameter**  
 Anhand Register  Bereitstellungsvariante "Besitz" und  Bereitstellungsvariante "Miete"

**4) Auswertung**

Minimaler Besitz-NPV	0.00
Miet-NPV	0.00
Differenzaxiom ( $\Delta$ NPV)	0
Effizienzaxiom (NPVE)	0.00%

Bedarfsermittlung / stat. Systemauswahl / Indizes und AUSWERTUNG / Bereitstellungsvariante Besitz / Bereitstellungsvariante

**Bild 13: Oberfläche Register *Indizes und AUSWERTUNG***

Um zu dieser Auswertung zu gelangen, müssen wie erwähnt zuerst die Register *Bereitstellungsvariante Besitz* und *Bereitstellungsvariante Miete* bearbeitet werden. Das Register *Bereitstellungsvariante Besitz* präsentiert sich in folgender Form (Bild 14):

**Bild 14: Oberfläche Register *Bereitstellungsvariante Besitz***

Sichtbar ist die Eingabemaske für *ein* gewähltes System. Werden bei der statischen Systemauswahl mehrere Projekte erfasst, resultieren daraus dementsprechend mehrere gewählte Systeme, welche alle hier aufgeführt werden und somit in die dynamische Berechnung eingehen. Trifft die Wahl bei der statischen Systemauswahl bei mehr als einem Projekt auf dasselbe System, so wird es hier nur einmal aufgelistet.

Der Besitz-NPV wird für jedes System einzeln berechnet. Durch Anklicken der Kontrollkästchen können die gewünschten Diskontierungsfaktoren in die Berechnung einkalkuliert werden. Bei deren Auswahl ist gewisse Vorsicht geboten, da sich einige Faktoren konkurrenzieren oder gegenseitig auslöschen (siehe Kapitel 4.3.3 “Diskontierungszinssatz“). Bei den definierten Kostenfaktoren ist eine

Standardkonfiguration gewählt. Da diese aber je nach Interpretation des Faktors unterschiedlich sein kann<sup>42</sup>, ist eine gewisse Vorsicht geboten.

Um jegliche Arten und Ausführungen der Kostenfaktoren in das Tool einfließen lassen zu können, sind pro System vier Zeilen für Reservekostenfaktoren vorhanden, welche beliebig ausgefüllt werden können. Es gilt zu beachten, dass im Falle von Einnahmen die Werte in diesen Feldern negativ eingegeben werden müssen. Bei der Zeile „Verkaufseinnahmen“ ist hingegen ein positiver Wert für einen Geldzufluss auszufüllen.

Die Ineffizienzkosten berechnen sich automatisch. Wird keine Zeitspanne ausgewählt, so erscheint der totale Betrag der Ineffizienzkosten. Da sich die Ineffizienzkosten aus den Lohn- und Energiekosten zusammensetzen (siehe Kapitel 4.3 „Bereitstellungsvariante“), welche als dynamische Ausgaben in die Berechnung einfließen, sollen die Ineffizienzkosten ebenfalls dynamisch eingelesen werden. Es ist empfehlenswert, die Bearbeitungszeitdauer des Projektes, in welchem diese Ineffizienzkosten generiert werden, als Zeitspanne auszuwählen.

Mit Hilfe dieser Eingabemaske für Besitz lässt sich auch die Bereitstellungsvariante *Leasing* berücksichtigen. Die monatlichen Leasingraten können beispielsweise in einer Reservezeile eingegeben und periodisch abgerechnet werden. Wird das System nach vereinbarter Dauer gekauft (sogenannter Miet-Kauf), ist der Übernahmepreis als Investitionskosten im entsprechenden Feld einzufügen und auf den Übernahmezeitpunkt zu datieren.

Im Unterschied zum Besitz-NPV wird der Miet-NPV nicht für jedes System einzeln, sondern für alle Systeme in der Gesamtheit ermittelt. Bild 15 zeigt den Aufbau der Eingabemaske im Register *Bereitstellungsvariante Miete*.

---

<sup>42</sup> Beispielsweise kann der Transport mit eigenen Mitteln oder durch externe Lieferanten getätigt werden, was mit unterschiedlichen Ausgabensteigerungsindizes berücksichtigt wird.

**ETH**  
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich  
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

**SYSDEC Bereitstellungsvariante**

IBB - ETH  
Institut für Bauplanung und Baubetrieb  
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich

Datum: 29.05.2008

**Bereitstellungsvariante Miete** Indizes und Auswertung

Kostenfaktoren	Einmalige Kosten		Periodische Kosten			NF	IF	BF	PF
	Zeitpunkt	Betrag	Start	Ende	Betrag				
<b>Projekt 1</b>						<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Gewähltes System:						<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fixkosten						<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Mietkosten						<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Planungskosten						<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Transportkosten						<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Revisions- und Reparaturkosten						<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Verlustkosten						<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Transaktionskosten						<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Reserve						<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Reserve						<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Miet-NPV = 0.00**

stat. Systemauswahl / Indizes und AUSWERTUNG / Bereitstellungsvariante Besitz / Bereitstellungsvariante Miete

**Bild 15: Oberfläche Register *Bereitstellungsvariante Miete***

Wird bei der statischen Systemauswahl mehr als ein Projekt erfasst, wird die Eingabemaske in mehrfacher Ausführung untereinander erscheinen und der Miet-NPV über alle Projekte gebildet. Der Aufbau ist grundsätzlich identisch zum Aufbau der Bereitstellungsvariante Besitz, d.h. auch hier können die Kostenfaktoren entweder als einmalige Ausgaben oder als periodische Ausgaben eingelesen werden. Die Kostenfaktoren unterscheiden sich in einzelnen Bereichen, da beim Mietmodell beispielsweise keine Investitionskosten oder Verkaufseinnahmen denkbar sind. Als Reservekostenfaktoren sind hier zwei Zeilen vorgesehen.

Abschliessend gilt festzuhalten, dass die Prozesse *Bereitstellungsvariante Besitz* und *Miete* nur durchgeführt werden können, wenn vorgängig die statische Systemauswahl erfolgt ist. Diese beiden Prozesse sind aneinander gekoppelt. Die Bedarfsermittlung hingegen kann unabhängig von den anderen Prozessen benutzt werden. Es besteht keine direkte Verbindung.



### 5.3 Praxistauglichkeit

Die Frage der Praxistauglichkeit des Tools *SYSDEC* ist unter verschiedenen Gesichtspunkten zu beurteilen und erst nach einer längeren Testphase in Unternehmen und Projekten aussagekräftig beantwortbar. In Rahmen unserer Arbeit haben wir einen Test aufgrund Offerten der Firma Avesco<sup>43</sup> und Daten aus der Publikation „Betriebsinterne Verrechnungssätze“ des Schweizerischen Baumeisterverbands<sup>44</sup> durchgeführt. Im Verlauf der Erfassung dieser Daten konnten wir einige formale Anpassung im Tool vornehmen, welche die Benutzerfreundlichkeit erheblich verbessert haben.

Das Tool ermöglicht primär, die verschiedenen Einflussgrößen einer Entscheidung differenziert zu betrachten und in einem vorgegebenen Raster übersichtlich einander gegenüber zu stellen. Um die entsprechenden Werte aus einer Vielzahl von Systemen korrekt eingeben zu können, bedarf es einer fundierten Auseinandersetzung mit den die Entscheidung beeinflussenden Faktoren. Mit dieser Auseinandersetzung sind viele Unternehmen nicht vertraut, da die Investitionsentscheidungen oft nicht systematisch behandelt werden. Das Tool zwingt einem somit, sich mit diesen Methoden zu befassen – ein Schritt in die richtige Richtung!

Um den Anwender möglichst wenig einzuschränken, sind die Eingabe- und Auswahlfelder unter Berücksichtigung eines leitenden Rasters so frei und anpassungsfähig wie möglich gestaltet. Das Tool wird folglich bei sehr unterschiedlichen Projekten anwendbar sein und nachvollziehbare Resultate liefern.

Vor allem bei kleineren oder nicht ausreichend organisierten Bauunternehmungen, welche nicht über die erforderlichen Zahlen verfügen, wird die Datenbeschaffung aufwändig und mit Problemen verbunden sein. Zudem wird eine dynamische Betrachtung erst sinnvoll, wenn der Planungszeitraum eine gewisse, von der Marktentwicklung abhängige, Zeitspanne erreicht. Das Tool eignet sich darum eher für grössere und nach modernen Kriterien organisierte Unternehmungen.

Neben der Datengrundlage ist für die Anwendung auch ein baubetriebswirtschaftliches Know-how unerlässlich, da sonst durch unpräzise Eingaben irreführende Ergebnisse erzielt werden können, welche die Entscheidungen in eine unbemerkt falsche Richtung führen.

Abschliessend gilt zu sagen, dass das Tool auf der Vorstellung eines theoretischen, idealen Unternehmens basiert. Die Ansätze und Grundzüge können jedoch als wegweisend für weitere Entwicklungen in diesem noch jungen betriebswirtschaftlichen Gebiet betrachtet werden.

---

<sup>43</sup> <http://www.avesco.ch>

<sup>44</sup> Schweizerischer Baumeisterverband SBV [12]

## Abbildungsverzeichnis

Bild 1: Entscheidungsprozess für Inventarinvestitionen [2] .....	772
Bild 2: Vorgehen beim Investitionsentscheid mittels Wirtschaftlichkeitsberechnung .....	773
Bild 3: Gängige Verfahren der Investitionsrechnung .....	774
Bild 4: Betrachtungszeitraum Bedarfsermittlung [3] .....	783
Bild 5: Betrachtungszeitraum NPV-Modell [3] .....	785
Bild 6: Vergleich der Beschaffungsvarianten Kauf – Miete – Leasing [2] .....	785
Bild 7: Schematischer Ablauf der Bedarfsermittlung .....	786
Bild 8: Schematischer Ablauf der Systemauswahl .....	790
Bild 9: Schematischer Ablauf der Auswahl der Bereitstellungsvariante.....	795
Bild 10: Zusammenhang Restwert - Gebrauchsdauer .....	799
Bild 11: Oberfläche Register <i>Bedarfsermittlung</i> .....	805
Bild 12: Oberfläche Register Stat. Systemauswahl.....	807
Bild 13: Oberfläche Register <i>Indizes und AUSWERTUNG</i> .....	808
Bild 14: Oberfläche Register <i>Bereitstellungsvariante Besitz</i> .....	809
Bild 15: Oberfläche Register <i>Bereitstellungsvariante Miete</i> .....	811



## Literaturverzeichnis

- [1] *Schweizer, Max*: Investieren und Finanzieren. Investitionspraxis in der Bauunternehmung. Baufachverlag, Zürich, 1984
- [2] *Girmscheid, Gerhard*: Strategisches Bauunternehmensmanagement. Springer Verlag, Heidelberg, 2006
- [3] *Girmscheid, Gerhard*: Systemauswahl und Bereitstellungsvariante von Bauproduktionseinrichtungen – Prognosemodell. In: Bauingenieur (D), Springer VDI Verlag, Vol. 83, 3/2008, S. 127 - 135
- [4] *Pflaumer, Peter*: Investitionsrechnung. R. Oldenburg Verlag, München, 2004
- [5] *Bauer, Hermann*: Baubetrieb 2. Bauablauf, Kosten, Störungen. Springer Verlag, Heidelberg, 1992
- [6] *Girmscheid, Gerhard*: Prozessbasiertes Entscheidungsmodell für die Auswahl projektspezifischer Schalungssysteme. IBB, Zürich, 2006
- [7] *Berger, Rudolf*: Bauprojektkosten. Ein Indikatormodell zur nutzenorientierten Kostenplanung und Kostenbeurteilung. CRB, Zürich, 1988
- [8] *Gareis, Roland*: Investitionsplanung des Bauunternehmens. Springer Verlag, Heidelberg, 1981
- [9] *Girmscheid, Gerhard; Busch, Thorsten A.*: Risikomanagement in Bauunternehmen. In: Bauingenieur (D), Springer VDI Verlag, Vol. 78, 12/2003, S. 571 – 580
- [10] *Busch, Thorsten A.*: Risikomanagement. IBB, Zürich, 2003
- [11] *Mertens, Peter*. Simulation. Verlag Schäffer-Poeschel, Stuttgart, 1982
- [12] *Schweizerischer Baumeisterverband SBV (Hrsg.)*: BIV 2007, Betriebsinterne Verrechnungsansätze, Zürich, 2007
- [13] *Schmidt, Jürgen*. Wirtschaftlichkeit in der öffentlichen Verwaltung. Erich Schmidt-Verlag, Berlin, 1996

### **Eidesstattliche Erklärung**

Wir erklären hiermit an Eides statt, dass wir die vorliegende Bachelorarbeit selbständig und ohne fremde Hilfe angefertigt und alle Abschnitte, die wörtlich oder annähernd wörtlich aus einer Veröffentlichung entnommen worden sind, als solche kenntlich gemacht haben, ferner, dass die Arbeit bisher auch in Teilen oder Auszügen nicht veröffentlicht und auch noch keiner anderen Prüfungsbehörde zur Prüfung vorgelegt worden ist.

Wir erklären uns hiermit einverstanden, dass das Institut für Bauplanung und Baubetrieb der ETH Zürich, die von uns hiermit vorgelegte Bachelorarbeit zur weiteren Bearbeitung, Verwendung bzw. Veröffentlichung auch auszugsweise verwenden kann. Beabsichtigen wir, die Bachelorarbeit oder Teile dieser selbst weiter zu bearbeiten bzw. zu veröffentlichen, sprechen wir uns im Vorfeld mit dem Institut für Bauplanung und Baubetrieb diesbezüglich ab.

Zürich, den 30. Mai 2008

## Anhang A

# GEBRAUCHSANWEISUNGEN ZUM TOOL

# **SYSDEC**

### Kurzbeschreibung

Das Tool *SYSDEC* bildet eine Grundlage zur Entscheidungsfindung betreffend Systemauswahl und Bereitstellungsvariante (Miete oder Besitz) bei Projekten im Bauwesen. Es soll helfen, differenzierte und fundierte Entscheidungen zu treffen und somit zu einer höheren Wirtschaftlichkeit zu gelangen. Weiter soll es auch ein Hilfsmittel zur Ermittlung des zukünftigen Bedarfes, respektive der zukünftig benötigten Vorhaltemenge sein.

### Aufbau des Tools

Das Tool *SYSDEC* setzt sich aus den drei Tools *Bedarfsermittlung*, *Stat. Systemauswahl* und *Bereitstellungsvariante (Miete und Besitz)* zusammen. Es ist in Form eines Excel-Dokumentes programmiert und unterteilt sich in fünf Register mit folgenden Inhalten:

Register	Inhalt
1 <i>Bedarfsermittlung</i>	Ermittlung des zukünftigen Bedarfes, respektive der zukünftig benötigten Vorhaltemenge eines Systems aufgrund der Umsatzentwicklung.
2 <i>Stat. Systemauswahl</i>	Systemauswahl auf der Basis eines statischen Kostenvergleichs der potentiellen Systeme.
3 <i>Indizes und AUSWERTUNG</i>	Festlegung des Bezugszeitpunktes der Diskontierung und der Geldwertentwicklung- und Ausgabensteigerungsindizes. Auswertung der Bereitstellungsvariante durch Vergleich der Besitz- und

---

		Miet-NPV mit Hilfe des Differenz- und Effizienzaxioms.
4	<i>Bereitstellungsvariante Besitz</i>	Ermittlung des Besitz-NPV der unter Systemauswahl gewählten Systeme mit Hilfe einer dynamischen Kostenrechnung.
5	<i>Bereitstellungsvariante Miete</i>	Ermittlung des Miet-NPV der unter Systemauswahl gewählten Systeme mit Hilfe einer dynamischen Kostenrechnung.

Sämtliche Eingabefelder sind im Tool grau hinterlegt. Die Bereitstellungsvariante Besitz wird jeweils mit der Farbe gelb, die Bereitstellungsvariante Miete mit türkis gekennzeichnet.

Jedes Register verfügt in der oberen rechten Ecke über einen „clear & reset“-Button, mit welchem die Eingabewerte gelöscht und die Standardwerte eingefügt werden können.

## 1 Tool *Bedarfsermittlung*

### Inhalt:

Das Tool *Bedarfsermittlung* dient dazu, den zukünftigen Bedarf, das heisst die prospektive Vorhaltemenge eines Systems aufgrund retrospektiver Umsatz-Vorhaltemenge-Verhältnissen zu ermitteln. Benötigt werden dazu die Umsatzzahlen und die dazugehörigen Vorhaltemengen der vergangenen Jahre.

Mit dem Varianzfaktor wird berücksichtigt, ob sich die Vorhaltemenge proportional zum Umsatz verhält (invariantes Verhältnis) oder nicht (variantes Verhältnis).

### Eingabewerte:

Bereich	Funktion	Wertebereich	Symbol
E5	Anzahl der retrospektiv berücksichtigten Jahre $i$ (= Analysezeitraum)	1 – 10	$n_a$
E7	Jahres-SOLL-Auslastung (wird automatisch für alle Jahre $i$ übernommen, kann aber manuell beim Jahr $-i$ überschrieben werden)	1 – 365 Tage/Jahr	$T_{Vorgabe}$
Spalte B	Umsatz der SGE im Jahr $-i$	$\geq 0$ CHF/Jahr	$U_i$
Spalte C	Vorhaltemenge des betreffenden Systems der SGE im Jahr $-i$	$\geq 0$	$n_i$
Spalte D	Mittlere Jahres-IST-Auslastung des Systems im Jahr $-i$	1 – 365 Tage/Jahr	$T_{vorh,i}$
Spalte E	Jahres-SOLL-Auslastung im Jahr $-i$ (automatisch durch Zelle E7 gesteuert, kann jedoch manuell überschrieben werden)	1 – 365 Tage/Jahr	$T_{Vorgabe,i}$
E28	Prospektiver Umsatz	$\geq 0$ CHF/Jahr	$U_{prosp}$
E30	Varianzfaktor	$\geq 0$	$F_V$

### Ausgabewerte:

Bereich	Funktion	Formel
Spalte F	Reduktionsfaktor pro Jahr (wenn $T_{vorh,i} > T_{Vorgabe,i}$ , dann $\Gamma_i = 1$ )	$\Gamma_i = \frac{T_{vorh,i}}{T_{Vorgabe,i}}$
Spalte G	Retrospektiver Vorhaltefaktor pro Jahr	$\alpha_i = \frac{n_i \cdot \Gamma_i}{U_i}$
Spalte H	Vergleichsfaktor (Vergleich der retrospektiven Vorhaltefaktoren untereinander im Bezug zu Jahr -1)	
G22	Mittlerer retrospektiver Vorhaltefaktor (gemittelt über die Anzahl Jahre)	$\alpha_m = \frac{\sum \alpha_i}{n_a}$
E32	Prospektive Vorhaltemenge bei invariantem (inv) oder variantem (v) Verhältnis	$\Omega_{inv} = U_{prosp} \cdot \alpha_m$ $\Omega_v = U_{prosp} \cdot \alpha_m \cdot F_V$

## 2 Tool Stat. Systemauswahl

### Inhalt:

Das Tool *Stat. Systemauswahl* wählt für jedes erfasste Projekt das System mit dem minimalen Cash-Drain aus. Diese Systemauswahl findet für die Bereitstellungsvarianten Besitz und Miete getrennt statt.

Die erfassten Projekte müssen alle aus bautechnischer Sicht Ähnlichkeiten aufweisen (z. B. alles Erdarbeiten), damit sie mit gleichartigen Systemen (Baugeräte) bearbeitet werden können. Nur so ist es möglich, alle Projekte in die Entscheidungsfindung einfließen zu lassen.

Als Grundlage der Berechnungen dient eine statische Kostenvergleichsanalyse (KV-Analyse).

Die in diesem Tool gewählten Systeme bilden die Grundlage für das Tool *Bereitstellungsvariante*.

### Eingabewerte:

Bereich	Funktion	Wertebereich	Symbol
G4	Anzahl zu berücksichtigende Projekte. Alle Projekte zusammen bilden den Projektcluster. Die wirtschaftlichste Bereitstellungsvariante wird unter Beachtung aller dieser Projekte ermittelt.	1 – 5	
A7	Name des Projektes 1		
F9	Anzahl potentielle Systeme für die Besitzvariante. Voraussetzung ist, dass alle Besitzsysteme bei allen Projekten anwendbar sind!	1 – 6	
Spalte A	Name der Systeme. (Achtung, die Namen der Besitzsysteme werden automatisch für alle Projekte übernommen und müssen folglich dort anwendbar sein)		
Spalte B	Anzahl Geräte des entsprechenden Systems, welche zur Ausführung des Projektes nötig sind.	≥ 1 Gerät	$F$
Spalte C	Betriebsdauer <u>eines</u> Gerätes. (Je höher die Anzahl Geräte, desto tiefer die Betriebsdauer pro Gerät)	> 0 Tage	$t$
Spalte D	Fixkosten, z. B. Aufsichts- und Allgemeinkosten. Unabhängig von der erbrachten Leistung.	≥ 0 CHF	$a^{Fix}$
Spalte E	Planungskosten, Kosten AVOR.	≥ 0 CHF	$a^{Plan}$
Spalte F	Transportkosten zur und von der Baustelle.	≥ 0 CHF/Gerät	$a^{Transport}$
Spalte G	Rüstkosten: Kosten für Vorbereitung und Einrichtung des Systems (Aufbau und Montage).	≥ 0 CHF/Gerät	$a^{Rüst}$
Spalte H	Bei Besitz: Interne Kosten AVS (Amortisation, Verzinsung, Versicherung, Stationierung) Bei Miete: Mietkosten	≥ 0 CHF/Gerät/Tag	$a^{AVS}$ $a^{Miete}$
Spalte I	Revisions- und Reparaturkosten (Reinigung, Instandsetzung)	≥ 0 CHF/Gerät	$a^{R\&R}$
Spalte J	Transaktionskosten.	≥ 0 CHF	$a^{Transaktion}$
Spalte K	Lohnkosten (Achtung, Kosten pro Gerät und nicht pro Arbeiter).	≥ 0 CHF/Gerät/Tag	$a^{Lohn}$
Spalte L	Energiekosten (Treibstoff, Wasser, Druckluft, Öl).	≥ 0 CHF/Gerät/Tag	$a^{Energie}$
Spalte M	Verlustkosten bei Bruch, Diebstahl, Verschleiss oder starker Beschädigung.	≥ 0 CHF/Gerät	$a^{Verlust}$
F25	Anzahl potentielle Systeme für die Mietvariante.	1 – 6	

**Ausgabewerte:**

Bereich	Funktion	Formel
Spalte N	Cash-Drain des entsprechenden Systems.	$C$
$C = a^{Fix} + F \cdot (a^{Plan} + a^{Transport} + a^{Rüst} + a^{R\&R} + a^{Transaktion} + a^{Verlust}) + F \cdot t \cdot (a^{AVS / Miete} + a^{Lohn} + a^{Energie})$		
N21	Minimaler Cash-Drain der Besitzsysteme im Projekt 1.	$C_{min} = Min\{C\}$
N23	Gewähltes Besitzsystem aufgrund des minimalen Cash-Drains.	
N37	Minimaler Cash-Drain der Mietsysteme im Projekt 1.	$C_{min} = Min\{C\}$
N39	Gewähltes Mietsystem aufgrund des minimalen Cash-Drains.	

### 3 Indizes und AUSWERTUNG

#### Inhalt:

In diesem Register kann das Diskontierungsdatum und die Geldwertentwicklungs- und Ausgabensteigerungsindizes für das Tool *Bereitstellungsvariante Besitz* und *Miete* festgelegt werden.

Unter „AUSWERTUNG“ wird ein Wirtschaftlichkeitsvergleich zwischen Miet- und unterschiedlichen Besitzmodell vollzogen. Es wird ersichtlich, ob das Mietmodell ein Effizienzpotential gegenüber dem Besitzmodell hat. Ist dies der Fall, so ist das Mieten der einzelnen Systeme wirtschaftlich vorteilhafter als das Besitzen. Es ist für jedes Projekt das im Tool *Stat. Systemauswahl* unter Miete gewählte System zu mieten.

Wenn das Mietmodell kein Effizienzpotential gegenüber dem Besitzmodell hat, so ist Besitzen wirtschaftlich interessanter als Mieten. Befindet sich das wirtschaftlichste Besitzsystem bereits in Besitz der SGE, so soll es verwendet werden. Andernfalls ist es zu erwerben.

Die Berechnungen, welche zu diesen Entscheidungen führen, werden in den nachfolgenden Tools *Bereitstellungsvariante Besitz* und *Miete* durchgeführt.

#### Eingabewerte:

Bereich	Funktion	Wertebereich	Symbol
C4/D4	Bezugsdatum der Diskontierung. Es wird auf dieses Datum diskontiert.	Jan 2008 – Dez 2018	$t_B$
C9	Nominalzinsfaktor	%	$NF$
C10	Inflationsfaktor	%	$IF$
C11	Baupreisfaktor	%	$BF$
C12	Produktionskostenfaktor	%	$PF$

#### Ausgabewerte:

Bereich	Funktion	Formel
Spalte C	Besitz-NPV des entsprechenden Systems.	$NPV^B$
C26	Kleinster Besitz-NPV der Besitzsysteme.	$NPV^B$
F26	Systemname des Systems mit dem kleinsten Besitz-NPV	
C28	Miet-NPV der Mietsysteme.	$NPV^M$
C30	Differenz zwischen Besitz-NPV und Miet-NPV.	$\Delta NPV = NPV^B - NPV^M$
C31	Effizienz des Mietmodells gegenüber dem Besitzmodell.	$NPVE = \frac{\Delta NPV}{NPV^B} \cdot 100$
C35	Textliche Schlussfolgerung	



## 4 Tool *Bereitstellungsvariante Besitz*

### Inhalt:

Das Tool *Bereitstellungsvariante Besitz* errechnet den Besitz-NPV aller im Tool *Stat. Systemauswahl* gewählten Besitzsysteme.

Abhängig davon, wie die Ausgaben zeitlich anfallen, können die Ausgabenbeträge als einmalige Ausgaben oder als periodische (monatlich) Ausgaben eingegeben werden. Es werden auch die Ineffizienzkosten berücksichtigt, welche entstehen, da das gewählte System nicht für alle Projekte das wirtschaftlichste ist und somit möglicherweise Mehrkosten verursacht.

Die Berechnungen basieren auf einer dynamischen Kapitalwert- respektive Net-Present-Value-Methode.

### Eingabewerte:

Bereich	Funktion	Wertebereich	Symbol
Spalte F Spalte G	Zeitpunkt (Monat, Jahr), an welchem die einmaligen Ausgaben anfallen.	Jan 2008 – Dez 2018	$t$
Spalte H	Betrag der einmalig anfallenden Ausgaben.	$\geq 0$ CHF	
Spalte I Spalte J	Startzeitpunkt (Monat, Jahr) der periodisch anfallenden Ausgaben.	Jan 2008 – Dez 2018	$t_1$
Spalte K Spalte L	Endzeitpunkt (Monat, Jahr) der periodisch anfallenden Ausgaben.	Jan 2008 – Dez 2018	$t_2$
Spalte M	Monatlicher Betrag der periodisch anfallenden Ausgaben.	$\geq 0$ CHF/Monat	
Spalte N	Nominalzinsfaktor berücksichtigen?	Ja / nein	$NF$
Spalte O	Inflationsfaktor berücksichtigen?	Ja / nein	$IF$
Spalte P	Baupreisfaktor berücksichtigen?	Ja / nein	$BF$
Spalte Q	Produktionskostenfaktor berücksichtigen?	Ja / nein	$PF$
Zeile 10	Planungskosten, Kosten AVOR	$\geq 0$ CHF (/Monat)	$A^{Plan}$
Zeile 11	Rüstkosten: Kosten für Vorbereitung und Einrichtung des Systems (Aufbau und Montage).	$\geq 0$ CHF (/Monat)	$A^{Rüst}$
Zeile 12	Transportkosten zur und von der Baustelle.	$\geq 0$ CHF (/Monat)	$A^{Transport}$
Zeile 13	Revisions- und Reparaturkosten (Reinigung, Instandsetzung).	$\geq 0$ CHF (/Monat)	$A^{R\&R}$
Zeile 14	Verlustkosten bei Bruch, Diebstahl, Verschleiss oder starker Beschädigung.	$\geq 0$ CHF (/Monat)	$A^{Verlust}$
Zeile 15	Lagerkosten. Diese entstehen, wenn zwischen zwei aufeinander folgenden Projekten das System zwischengelagert werden muss. (Bei sofortigem Weiterverkauf = 0)	$\geq 0$ CHF (/Monat)	$A^{Lager}$
Zeile 16	Investitionskosten (Anschaffungskosten).	$\geq 0$ CHF (/Monat)	$A^{Invest}$
Zeile 17	Reserve für weitere Kostenfaktoren (allfällige Einnahmen als negativen Betrag eingeben)		
Zeile 18	Reserve für weitere Kostenfaktoren (allfällige Einnahmen als negativen Betrag eingeben)		
Zeile 19	Reserve für weitere Kostenfaktoren (allfällige Einnahmen als negativen Betrag eingeben)		
Zeile 20	Reserve für weitere Kostenfaktoren (allfällige Einnahmen als		

	<i>negativen Betrag eingeben</i> )		
Zeile 21	Verkaufseinnahmen, welche bei einem Weiterverkauf nach Gebrauch zu erwarten sind.	≥ 0 CHF (/Monat)	$E^{\text{Verkauf}}$
Zeile 22	Ineffizienzkosten bezüglich der erfassten Projekte.	≥ 0 CHF (/Monat)	$\Delta A^{\text{Ineff}}$

**Ausgabewerte:**

Bereich	Funktion	Formel
A11	Name des im Tool <i>Stat. Systemauswahl</i> gewählten Systems.	
M23...	Ineffizienzkosten bezüglich der erfassten Projekte (Differenz der Lohn- und Energiekosten von System 1 (S1) und System 2 (S2)).	$\Delta A^{\text{Ineff}} = F_{S1} \cdot t_{S1} \cdot (a_{S1}^{\text{Lohn}} + a_{S1}^{\text{Energie}}) - F_{S2} \cdot t_{S2} \cdot (a_{S2}^{\text{Lohn}} + a_{S2}^{\text{Energie}})$
N29	Besitz-NPV des gewählten Systems.	$NPV^B$
		$NPV^B = \sum^{\text{einmaligeKosten}} \left[ \frac{1}{(1+DF)^{t-t_B}} \cdot A_t(\text{einmalig}) \right] + \sum^{\text{periodischeKosten}} \left[ \sum_{t=t_1}^{t_2} \frac{1}{(1+DF)^{t-t_B}} \cdot A_t(\text{periodisch}) \right] - \frac{1}{(1+DF)^{t-t_B}} \cdot E_t^{\text{Verkauf}}$ $DF = NF + IF + BF + PF$

## 5 Tool *Bereitstellungsvariante Miete*

### Inhalt:

Das Tool *Bereitstellungsvariante Miete* errechnet den Miet-NPV aller im Tool *Stat. Systemauswahl* gewählten Mietsysteme.

Abhängig davon, wie die Ausgaben zeitlich anfallen, können die Ausgabenbeträge als einmalige Ausgaben oder als periodische (monatlich) Ausgaben eingegeben werden.

Die Berechnungen basieren auf einer dynamischen Kapitalwert- respektive Net-Present-Value-Methode.

### Eingabewerte:

Bereich	Funktion	Wertebereich	Symbol
Spalte D Spalte E	Zeitpunkt (Monat, Jahr), an welchem die einmaligen Ausgaben anfallen.	Jan 2008 – Dez 2018	$t$
Spalte F	Betrag der einmalig anfallenden Ausgaben.	$\geq 0$ CHF	
Spalte G Spalte H	Startzeitpunkt (Monat, Jahr) der periodisch anfallenden Ausgaben.	Jan 2008 – Dez 2018	$t_1$
Spalte I Spalte J	Endzeitpunkt (Monat, Jahr) der periodisch anfallenden Ausgaben.	Jan 2008 – Dez 2018	$t_2$
Spalte K	Monatlicher Betrag der periodisch anfallenden Ausgaben.	$\geq 0$ CHF/Monat	
Spalte L	Nominalzinsfaktor berücksichtigen?	ja / nein	$NF$
Spalte M	Inflationsfaktor berücksichtigen?	ja / nein	$IF$
Spalte N	Baupreisfaktor berücksichtigen?	ja / nein	$BF$
Spalte O	Produktionskostenfaktor berücksichtigen?	ja / nein	$PF$
Zeile 10	Fixkosten, z. B. Aufsichts- und Allgemeinkosten. Unabhängig von der erbrachten Leistung.	$\geq 0$ CHF	$A^{Fix}$
Zeile 11	Mietkosten	$\geq 0$ CHF (/Monat)	$A^{Miete}$
Zeile 12	Planungskosten, Kosten AVOR	$\geq 0$ CHF (/Monat)	$A^{Plan}$
Zeile 13	Transportkosten zur und von der Baustelle.	$\geq 0$ CHF (/Monat)	$A^{Transport}$
Zeile 14	Revisions- und Reparaturkosten (Reinigung, Instandsetzung).	$\geq 0$ CHF (/Monat)	$A^{R\&R}$
Zeile 15	Verlustkosten bei Bruch, Diebstahl, Verschleiss oder starker Beschädigung.	$\geq 0$ CHF (/Monat)	$A^{Verlust}$
Zeile 16	Transaktionskosten.	$\geq 0$ CHF (/Monat)	$A^{Transaktion}$
Zeile 17	<i>Reserve für weitere Kostenfaktoren (allfällige Einnahmen als negativen Betrag eingeben)</i>		
Zeile 18	<i>Reserve für weitere Kostenfaktoren (allfällige Einnahmen als negativen Betrag eingeben)</i>		

**Ausgabewerte:**

Bereich	Funktion	Formel
A10	Name Projekt 1	
A12	Gewähltes Mietsystem Projekt 1	
H61	Miet-NPV aller Projekte	$NPV^M$
$NPV^M = \sum_{\text{Projekte}} \left\{ \sum_{\text{einmaligeKosten}} \left[ \frac{1}{(1+DF)^{t-t_B}} \cdot A_t(\text{einmalig}) \right] + \sum_{\text{periodischeKosten}} \left[ \sum_{t=t_1}^{t_2} \frac{1}{(1+DF)^{t-t_B}} \cdot A_t(\text{periodisch}) \right] \right\}$ $DF = NF + IF + BF + PF$		

## Anhang B - Software

Datei: *SYSDEC* Version 1.0  
Dateiname: Sysdec\_V1\_0.xls  
Dateigrösse: 550'400 Bytes  
Typ: Microsoft® Excel-Arbeitsblatt (Version 2003)  
Stand: 30. Mai 2008  
Autoren: Matthias Krucker & Remo Jucker

**Wichtiger Hinweis: Das Tool ist nur funktionsfähig, wenn Makros in Excel aktiviert sind!**

**CD *SYSDEC* Version 1.0**



# **Prozessbasierte Entscheidungsmodelle für die Auswahl projektspezifischer Schalungssysteme**

**Forschungsbericht Teil 8**

**Schalungsspezifisches, prozessorientiertes Weg-Zeit-Analyse-Modell**

**Erstellt von:       Dipl.-Ing. Max Kersting  
                          Prof. Dr.-Ing. Gerhard Girmscheid**

**Zürich, Juni 2010**



## 0 Inhaltsverzeichnis – Teil 8

<b>0</b>	<b><i>Inhaltsverzeichnis</i></b> .....	<b>829</b>
<b>1</b>	<b><i>Einleitung</i></b> .....	<b>832</b>
<b>2</b>	<b><i>Zusammenfassung und Einordnung in das Hauptmodell</i></b> .....	<b>833</b>
<b>3</b>	<b><i>Formale Strukturierung des Prozessmodells</i></b> .....	<b>835</b>
<b>3.1</b>	<b>Prozesshierarchie in der Bauproduktion</b> .....	<b>835</b>
<b>3.2</b>	<b>Systemabgrenzung</b> .....	<b>837</b>
<b>3.3</b>	<b>Leistungsbegriffe in der Bauproduktion</b> .....	<b>838</b>
<b>3.4</b>	<b>Differenzierung zwischen theoretischen und realen Elementarprozessdauern</b> .....	<b>840</b>
<b>3.5</b>	<b>Systematik der mathematischen Beschreibungen</b> .....	<b>843</b>
<b>4</b>	<b><i>Teilmodell 1: Vorselektion der Schalungssysteme</i></b> .....	<b>846</b>
<b>5</b>	<b><i>Teilmodell 2: Geometrische Weg-Zeit-Analyse-Modelle</i></b> .....	<b>848</b>
<b>5.1</b>	<b>Systemträgerschalung (Decke)</b> .....	<b>850</b>
5.1.1	Elementarprozessgruppe Ausschalen .....	853
5.1.1.1	Elementarprozess Regel-Ausschalen .....	854
5.1.1.2	Elementarprozess Sonderarbeiten beim Ausschalen .....	855
5.1.1.3	Elementarprozess Deckenöffnung Ausschalen .....	856
5.1.1.4	Elementarprozess Ausschalen von Hilfsstützen .....	856
5.1.1.5	Zusammenfassung der Elementarprozesse der Elementarprozessgruppe Ausschalen .....	857
5.1.2	Elementarprozessgruppe Ausschal-Umsetzen .....	858
5.1.2.1	Elementarprozess Ausschal-Umsetzen des Regel-Ausschalens .....	860
5.1.2.2	Elementarprozess Ausschal-Umsetzen der Schalungseinheiten der Deckenöffnung .....	876
5.1.2.3	Elementarprozess Ausschal-Umsetzen der Hilfsstützen .....	877
5.1.2.4	Zusammenfassung der Elementarprozesse der Elementarprozessgruppe Ausschal-Umsetzen .....	879
5.1.3	Elementarprozessgruppe Einschal-Umsetzen .....	881
5.1.3.1	Elementarprozess Einschal-Umsetzen des Regel-Ausschalens .....	881
5.1.3.2	Elementarprozess Einschal-Umsetzen der Schalungselemente der Deckenöffnung .....	887
5.1.3.3	Elementarprozess Einschal-Umsetzen der Hilfsstützen .....	890
5.1.3.4	Zusammenfassung der Elementarprozesse der Elementarprozessgruppe Einschal-Umsetzen .....	891
5.1.4	Elementarprozessgruppe Einschalen .....	894
5.1.4.1	Elementarprozess Regel-Einschalen .....	895
5.1.4.2	Elementarprozess Sonderarbeiten beim Einschalen .....	896
5.1.4.3	Elementarprozess Regel-Einschalen .....	896
5.1.4.4	Zusammenfassung der Elementarprozesse der Elementarprozessgruppe Einschal-Umsetzen .....	897
5.1.5	Elementarprozessgruppe Bewehren .....	898
5.1.5.1	Elementarprozess Regel-Bewehren .....	899
5.1.5.2	Elementarprozess Deckenöffnung-Bewehren .....	899
5.1.5.3	Zusammenfassung der Elementarprozesse der Elementarprozessgruppe Bewehren .....	900
5.1.6	Elementarprozessgruppe Betonieren .....	901
5.1.6.1	Elementarprozess Regel-Betonieren .....	902



5.1.6.2	Elementarprozess Deckenöffnung-Betonieren .....	902
5.1.6.3	Zusammenfassung der Elementarprozesse der Elementarprozessgruppe Betonieren .....	903
5.1.7	Zusammenfassung aller Elementarprozesse der Systemträgerschalung als Deckenschalung .....	904
<b>5.2</b>	<b>Deckentische .....</b>	<b>907</b>
5.2.1	Elementarprozessgruppe Ausschalen .....	909
5.2.1.1	Elementarprozess Sonderarbeiten beim Ausschalen .....	910
5.2.1.2	Elementarprozess Montage Hilfsstützen .....	911
5.2.1.3	Elementarprozess Ausschalen von Hilfsstützen .....	911
5.2.1.4	Zusammenfassung der Elementarprozesse der Elementarprozessgruppe Ausschalen .....	912
5.2.2	Elementarprozessgruppe Ausschal-Umsetzen .....	913
5.2.2.1	Elementarprozess Ausschal-Umsetzen der Deckentischelemente .....	914
5.2.2.2	Zusammenfassung der Elementarprozesse der Elementarprozessgruppe Ausschal-Umsetzen .....	929
5.2.3	Elementarprozessgruppe Einschal-Umsetzen .....	930
5.2.3.1	Elementarprozess Einschal-Umsetzen der Deckentischelemente .....	931
5.2.3.2	Elementarprozess Einschal-Umsetzen der Hilfsstützen .....	935
5.2.3.3	Zusammenfassung der Elementarprozesse der Elementarprozessgruppe Einschal-Umsetzen .....	936
5.2.4	Elementarprozessgruppe Einschalen .....	938
5.2.4.1	Elementarprozess Regel-Einschalen .....	938
5.2.4.2	Elementarprozess Sonderarbeiten beim Einschalen .....	939
5.2.4.3	Zusammenfassung der Elementarprozesse der Elementarprozessgruppe Einschalen .....	941
5.2.5	Elementarprozessgruppe Bewehren .....	942
5.2.5.1	Elementarprozess Regel-Bewehren .....	943
5.2.5.2	Zusammenfassung der Elementarprozesse der Elementarprozessgruppe Bewehren .....	943
5.2.6	Elementarprozessgruppe Betonieren .....	944
5.2.6.1	Elementarprozess Regel-Betonieren .....	945
5.2.6.2	Zusammenfassung der Elementarprozesse der Elementarprozessgruppe Betonieren .....	945
5.2.7	Zusammenfassung aller Elementarprozesse bei Deckentischen .....	946
<b>5.3</b>	<b>Deckentische mit Tischhubsystem (TLS) .....</b>	<b>948</b>
5.3.1	Elementarprozessgruppe Ausschalen .....	949
5.3.2	Elementarprozessgruppe Ausschal-Umsetzen .....	951
5.3.2.1	Elementarprozess Ausschal-Umsetzen der Deckentische .....	952
5.3.2.2	Elementarprozess Ausschal-Umsetzen der Hilfsstützen .....	959
5.3.2.3	Zusammenfassung der Elementarprozesse der Elementarprozessgruppe Ausschal-Umsetzen .....	961
5.3.3	Elementarprozessgruppe Einschal-Umsetzen .....	962
5.3.3.1	Elementarprozess Einschal-Umsetzen der Deckentische .....	962
5.3.3.2	Elementarprozess Einschal-Umsetzen der Hilfsstützen .....	967
5.3.3.3	Zusammenfassung der Elementarprozesse der Elementarprozessgruppe Einschal-Umsetzen .....	969
5.3.4	Elementarprozessgruppe Einschalen .....	973
5.3.5	Elementarprozessgruppe Bewehren .....	975
5.3.6	Elementarprozessgruppe Betonieren .....	976
5.3.7	Zusammenfassung der Elementarprozesse bei Deckentischen mit Tischhubsystem bei Variante 1 und bei Variante 2 .....	977
<b>5.4</b>	<b>Schachtschalung und Rahmenschalung (Wand) .....</b>	<b>980</b>
5.4.1	Elementarprozessgruppe Schalen der Schachtschalung .....	984
5.4.1.1	Elementarprozess Ausschalen der Schachtschalung .....	985
5.4.1.2	Elementarprozess Umsetzen der Schachtschalung .....	985

---

5.4.1.3	Elementarprozess Einschalen der Schachtschalung.....	986
5.4.1.4	Zusammenfassung der Elementarprozesse der Elementarprozessgruppe Schalen der Schachtschalung.....	987
5.4.2	Elementarprozessgruppe Bewehren.....	989
5.4.3	Elementarprozessgruppe Einschalen der Rahmenschalung.....	991
5.4.3.1	Elementarprozess Einschal-Umsetzen der Rahmenschalung.....	992
5.4.3.2	Elementarprozess Einschalen der Rahmenschalung.....	997
5.4.3.3	Zusammenfassung der Elementarprozesse der Elementarprozessgruppe Einschalen der Rahmenschalung.....	998
5.4.4	Elementarprozessgruppe Betonieren.....	999
5.4.5	Elementarprozessgruppe Ausschalen der Rahmenschalung.....	1001
5.4.5.1	Elementarprozess Ausschalen der Rahmenschalung.....	1002
5.4.5.2	Elementarprozess Ausschal-Umsetzen der Rahmenschalung.....	1003
5.4.5.3	Zusammenfassung der Elementarprozesse der Elementarprozessgruppe Ausschalen der Rahmenschalung.....	1003
5.4.6	Zusammenfassung aller Elementarprozesse bei Schacht- und Rahmenschalungen.....	1004
<b>5.5</b>	<b>Selbstkletterplattform (SCP).....</b>	<b>1006</b>
5.5.1	Elementarprozessgruppe Ausschalen.....	1008
5.5.2	Elementarprozessgruppe Heben.....	1011
5.5.3	Elementarprozessgruppe Einschalen – Innen.....	1013
5.5.4	Elementarprozessgruppe Bewehren.....	1015
5.5.5	Elementarprozessgruppe Einschalen – Aussen.....	1017
5.5.6	Elementarprozess Betonieren.....	1019
5.5.7	Zusammenfassung aller Elementarprozesse bei Selbstkletterplattform.....	1021
<b>6</b>	<b>Fazit und Ausblick.....</b>	<b>1023</b>
<b>7</b>	<b>Verzeichnisse.....</b>	<b>1024</b>
7.1	Abbildungsverzeichnis.....	1024
7.2	Tabellenverzeichnis.....	1026
7.3	Literaturverzeichnis.....	1027

## 1 Einleitung

Bauprojekte, insbesondere Hochbauprojekte, sind im Regelfall Unikate. Auch wenn sich in seltenen Fällen die Architektur gleicht, so sind zumindest die Randbedingungen unterschiedlich. Aus diesem Grund wird bei jedem Bauprojekt eine neue Planung erstellt bzw. es werden bereits vorhandene Planungen angepasst. Dies führt dazu, dass bei der Produktionsmittelplanung zahlreiche Systemauswahlentscheidungen zu treffen sind. Eine dabei immer wiederkehrende Entscheidung ist die Wahl des optimalen Schalungssystems für das jeweilige Bauprojekt. Erschwert wird diese Entscheidung durch die Tatsache, dass die für diese Entscheidungsfindung zur Verfügung stehende Zeit (entweder in der Kalkulationsphase oder in der Arbeitsvorbereitungsphase) sehr gering ist.

Bisher wird die Schalungssystemauswahl auf Basis von Leistungswerten aus bereits absolvierten Projekten und auf Basis von persönlichen Erfahrungswerten durchgeführt. Die geometrischen und konstruktiven Randbedingungen des aktuellen Projekts werden dabei nur wenig oder gar nicht berücksichtigt. Diese Randbedingungen haben jedoch einen grossen Einfluss auf die Leistungswerte der verschiedenen Schalungssysteme und damit auf die realen Elementarprozessdauern. Durch die Analyse der Grundrisse und den daraus resultierenden Umsetzstrecken wird nun bestimmt, mit welchem Zeitaufwand unterschiedliche Schalungssysteme ausgeschalt, umgesetzt und wieder eingeschalt werden.

Mit dieser Grundlage und den zudem ermittelten Planungselementen (Arbeitskräfteeinsatz, Logistik und Geräteeinsatz, siehe Forschungsbericht Teil 9) ist dann die Identifikation des optimalen Schalungssystems für ein spezifisches Bauprojekt möglich.

## 2 Zusammenfassung und Einordnung in das Hauptmodell

Mit diesem Forschungsbericht (Teil 8) wird kurz eine Schalungssystemvorselektion vorgestellt und anschliessend ausführlich auf das schalungsspezifische prozessorientierte geometrische Weg-Zeit-Analyse-Modell (GWZA-Modell) eingegangen. Dieses sind Teilmodelle (gelb hinterlegt) des im Bild 1 dargestellten Gesamtmodells.

Ausgehend von den zur Verfügung stehenden Schalungssystemen wird in einem ersten Schritt die projektspezifische Anwendbarkeit geprüft (Teilmodell 1). Diejenigen Schalungssysteme, die diese erste Prüfung bestanden haben, werden in einem zweiten Schritt mit dem geometrischen Weg-Zeit-Analyse-Modell (Teilmodell 2) untersucht. In der GWZ-Analyse werden nach der Ermittlung der geometrischen Randbedingungen die Weg-Zeit-Beziehungen hergestellt. Durch diese Analyse erhält man die theoretischen Prozessdauern für alle Elementarprozesse der jeweiligen Schalungssysteme.

Mittels der Ergebnisse aus diesem Teilmodell können dann die weiteren Arbeitsschritte durchgeführt werden (siehe Forschungsbericht Teil 9):

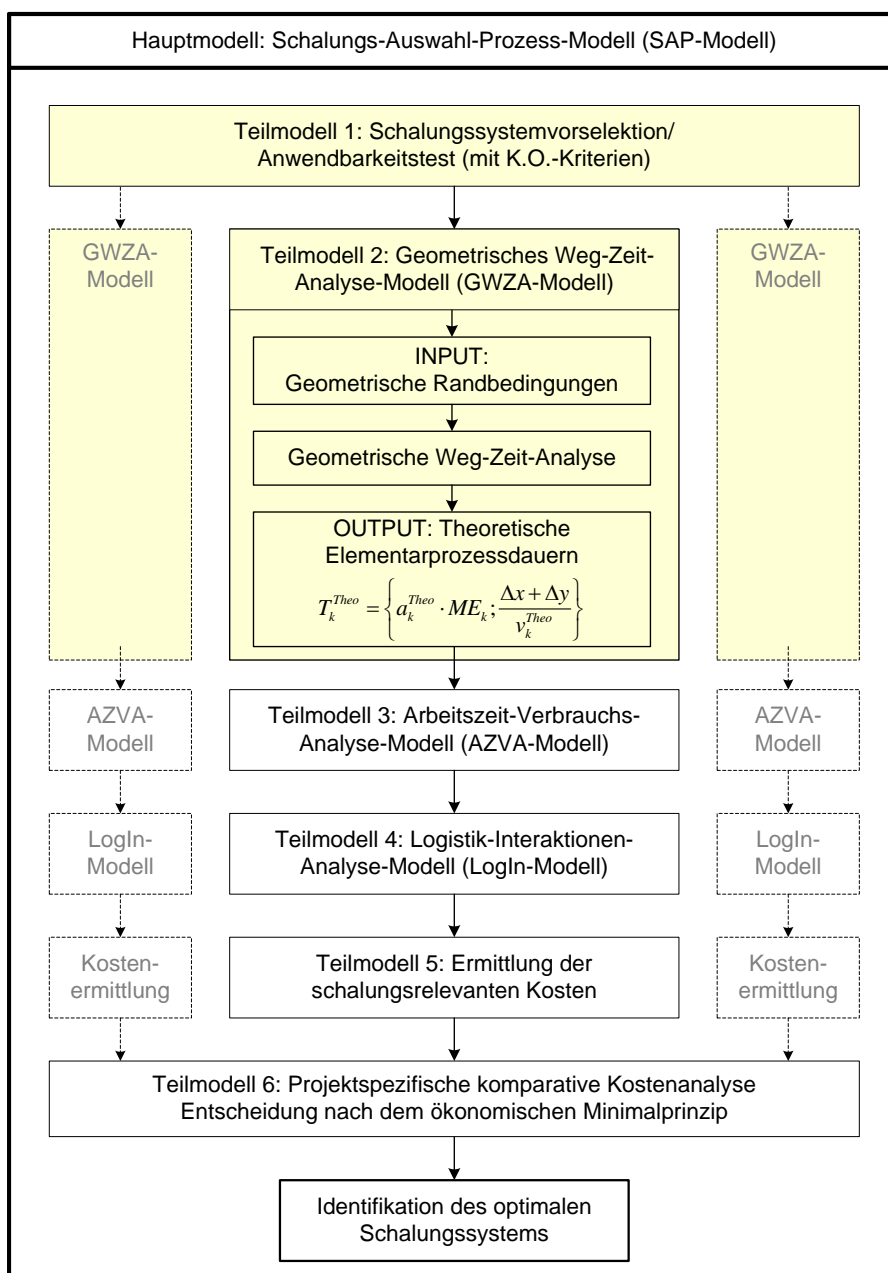
- Arbeitszeit-Verbrauchs-Analyse (Teilmodell 3)
- Logistik-Interaktionen-Analyse (Teilmodell 4)
- Ermittlung der schalungsrelevanten Kosten (Teilmodell 5)
- Projektspezifische komparative Kostenanalyse (Teilmodell 6)

In der Arbeitszeit-Verbrauchs-Analyse (AZV-Analyse) werden die Ergebnisse der GWZ-Analyse mit der Ressourcenverfügbarkeit  $R_V$  und der Arbeitseffektivität  $\omega_{AK}$  für die Cyclone-Analyse zusammengeführt und ausgewertet. Durch die Cyclone-Analyse ist es möglich, diejenigen Equipenkombinationen auszuschliessen, die bei interagierenden Prozessen nicht tolerierbare Wartezeiten verursachen. Unter Berücksichtigung der schalungsspezifischen Vor- und Nachlaufzeiten kann dann zuerst die Arbeitsgruppenbildung und danach die Arbeitskräfteeinsatzplanung durchgeführt werden. Nach der Bestimmung der Aktivitätsdauern pro Ebene  $i$  und der anschliessenden Überprüfung der Zielarbeitsakttauglichkeit kann die Gesamtprojektdauer ermittelt werden und der maximalen Gesamtprojektdauer gegenübergestellt werden.

In der Logistik-Interaktionen-Analyse (LogIn-Analyse) werden die Zusammenhänge und Zwänge zwischen den Rohbau-, Ausbau- und Fassadenbautätigkeiten untersucht. Dadurch erhält man die schalungsspezifische Kranauslastung.

Im Teilmodell 5 werden für jedes Schalungssystem die schalungsrelevanten Kosten ermittelt. Durch die Beschränkung auf die schalrelevanten Kosten wird eine deutliche Reduktion des Arbeitsaufwands ermöglicht. Die ermittelten schalungsrelevanten Kosten können später in einer Gesamtkalkulation wiederverwendet werden.

Nach der Kostenermittlung werden im Teilmodell 6 aus den zur Verfügung stehenden Decken- und Wandschalungssystemen Schalungssystemkombinationen gebildet und für diese Schalungssystemkombinationen die zugehörigen schalungsrelevanten Gesamtkosten ermittelt. Die schalungsrelevanten Gesamtkosten aller Schalungssystemkombinationen werden gegenübergestellt und auf Basis des ökonomischen Minimalprinzips ausgewertet. Dadurch kann die schlussendliche Identifikation des optimalen Schalungssystems erfolgen.



**Bild 1: Schalungs-Auswahl-Prozess-Modell mit Teilmodellen**

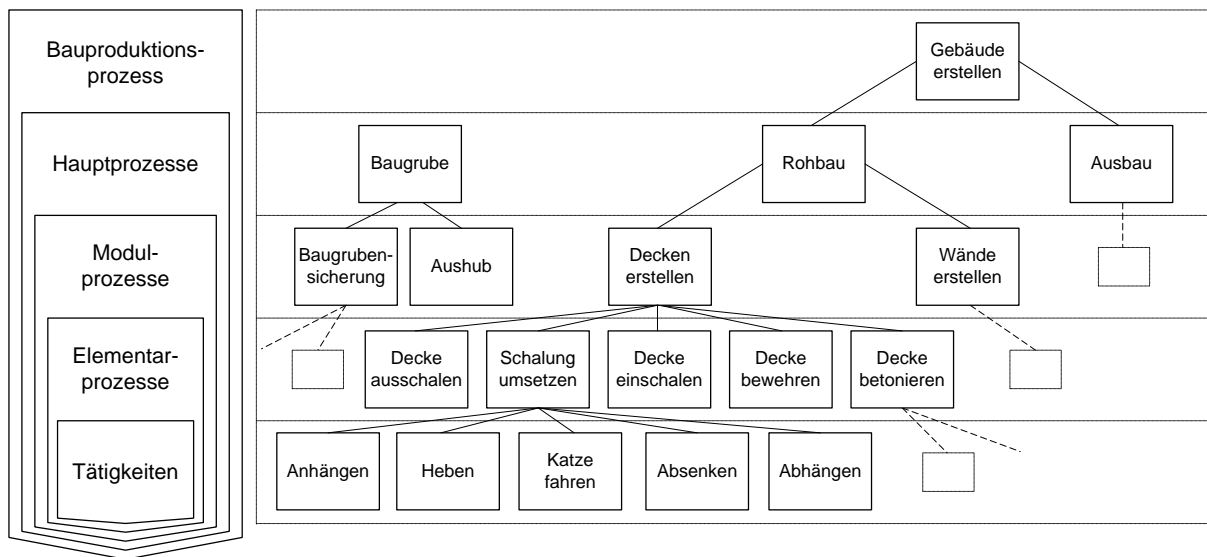
### 3 Formale Strukturierung des Prozessmodells

#### 3.1 Prozesshierarchie in der Bauproduktion

Zur strukturierten Einteilung aller bei der Bauproduktion notwendigen Prozesse werden nach Girmscheid [11] die folgenden Kategorien (siehe auch Bild 2) verwendet:

- Bauproduktionsprozess
- Hauptprozesse
- Modulprozesse
- Elementarprozesse
- Tätigkeiten

In Bild 2 werden beispielhafte Prozesse anhand dieser Kategorien strukturiert.



**Bild 2: Prozesshierarchie in der Bauproduktion (vgl. Girmscheid [11])**

Um die Elementarprozesse equipenweise betrachten zu können, wurde für diese Forschungsarbeit die bestehende Prozesshierarchie von Girmscheid [11] modifiziert. Neu eingeführt wurde die Kategorie Elementarprozessgruppe (siehe Bild 3), mit der Elementarprozesse, die thematisch zwar zusammen gehören aber möglicherweise von unterschiedlichen Equipen ausgeführt werden, zu einer Gruppe zusammengefasst werden können. Die Differenzierung von Elementarprozessen in Tätigkeiten wird unverändert übernommen. In Bild 3 wurde das Einschal-Umsetzen  $i \rightarrow i+1$  exemplarisch in die entsprechenden Tätigkeiten untergliedert.

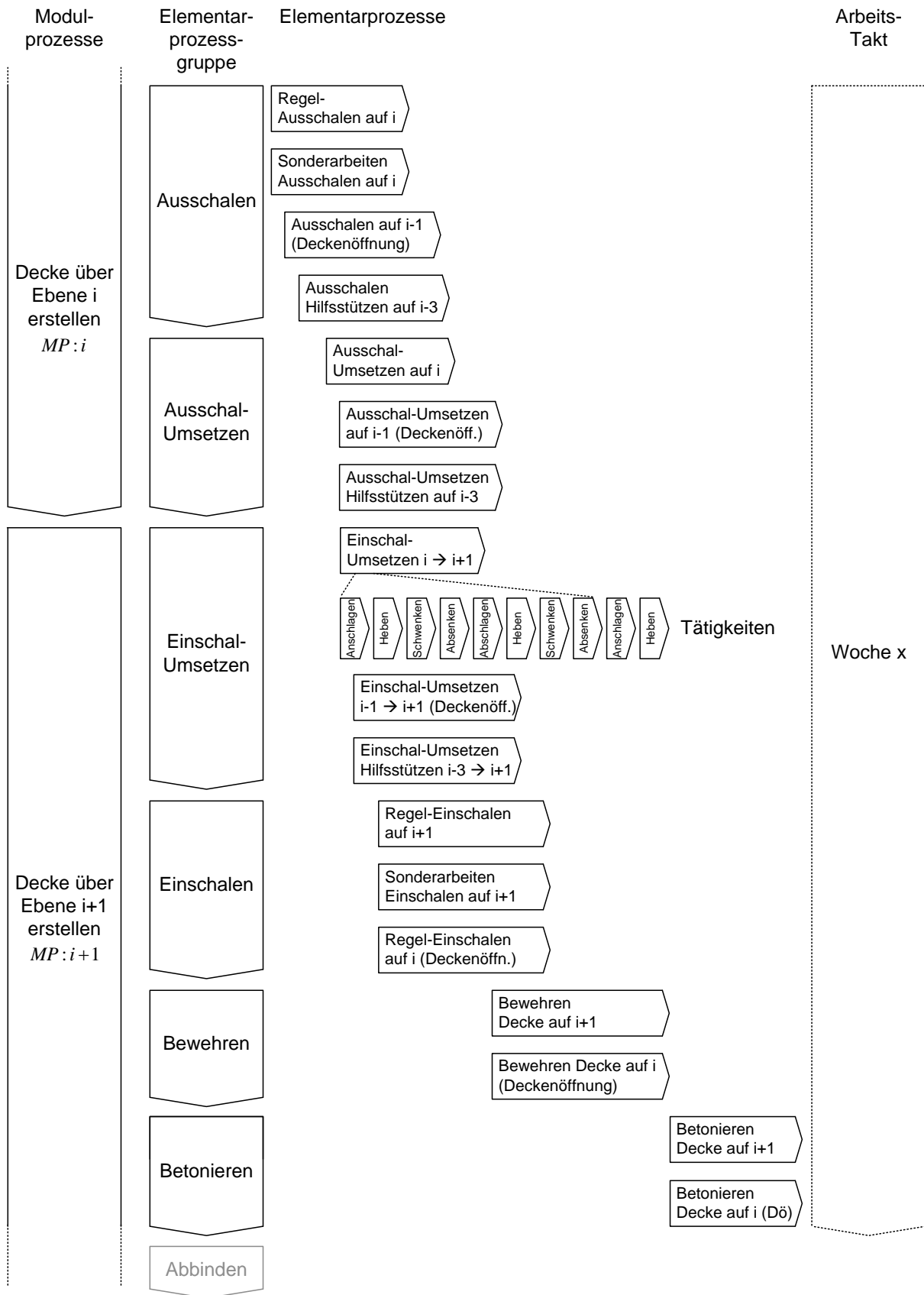


Bild 3: Modifizierte Prozesshierarchie in der Bauproduktion (Beispiel Systemträgerschalungen)

## 3.2 Systemabgrenzung

Bauprojekte sind sehr unterschiedlich. Zur Ermittlung eines Modells zur Schalungssystemauswahl können nicht alle Bauprojekte auf einmal berücksichtigt werden. Aus diesem Grund ist eine Systemabgrenzung notwendig.

Die in diesem Bericht entwickelten Teilmodelle werden unter den nachfolgend aufgeführten Einschränkungen betrachtet:

- Es werden nur Hochhäuser mit Regelgeschossen berücksichtigt
- Die Regelgeschosse haben einen rechteckigen Grundriss
- Die Geschossfläche ist so gross, dass nur ein Betonierabschnitt notwendig ist
- Pro Geschoss gibt es nur einen Kern
- Verwendung von Fertigteilstützen

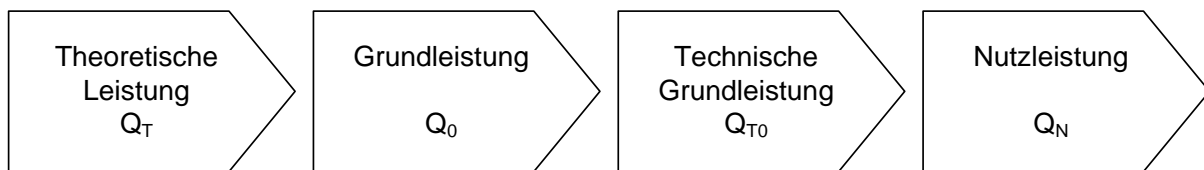
Diese Systemabgrenzung ist als offen anzusehen, sie dient nur in dieser Forschungsarbeit als Eingrenzung des Analyseaufwandes zur Ermittlung eines ersten Weg-Zeit-Analyse-Modells. Das Weg-Zeit-Analyse-Modell in Verbindung mit den anderen Teilmodellen auf Basis der in dieser Systemabgrenzung bestimmten Randbedingung kann relativ einfach ausgeweitet werden auf:

- Geschossflächen mit mehreren Betonierabschnitten
- Mehrere Kerne pro Geschoss
- Variationen des Grundrisses, die mathematisch geometrischen Funktionen entsprechen



### 3.3 Leistungsbegriffe in der Bauproduktion

Prozessdauern auf beziehungsweise von Baustellen können auf unterschiedlichen Randbedingungen basieren. Daher ist eine klare Differenzierung dieser Prozessdauern erforderlich. Girmscheid [12] bietet hierfür eine klare Systematisierung, die die unterschiedlichen Leistungen differenziert. Dort wird zwischen der theoretischen Leistung, der Grundleistung, der technischen Grundleistung und schliesslich der Nutzleistung unterschieden (siehe auch Bild 4).



**Bild 4: Leistungsberechnung von Bauprozessen (nach Girmscheid [12])**

Die vierstufige Unterscheidung der Leistung berücksichtigt sämtliche möglichen Randbedingungen mit Abminderungsfaktoren. Die **theoretische Leistung**  $Q_T$  ist eine rein normative Grösse und beschreibt die Leistung unter optimalen Betriebsbedingungen. Die theoretische Leistung dient als Startwert bei der Berechnung der Nutzleistung.

Bei der **Grundleistung**  $Q_0$  werden die materialabhängigen Einflussfaktoren  $k_1$  berücksichtigt:

$$Q_0 = Q_T \cdot k_1$$

$k_1$  = materialabhängige Einflussfaktoren [-]  
z.B. Lösefaktor oder Füllfaktor von Bodenarten

Zur Ermittlung der **technische Grundleistung**  $Q_{T0}$  werden zusätzlich die technischen Einflussfaktoren  $k_2$  beachtet:

$$Q_{T0} = Q_T \cdot k_1 \cdot k_2 = Q_0 \cdot k_2$$

$k_2$  = technische Einflussfaktoren [-]  
z.B. Entleerungsgenauigkeitsfaktor, Schneiden-/  
Zahnzustandsfaktor

Die **Nutzleistung**  $Q_N$  (Durchschnittsleistung/Dauerleistung) berücksichtigt zudem die Bedienungs- und Betriebsbedingungen  $k_3$  sowie den Geräteausnutzungsgrad  $\eta_G$ :

$$Q_N = Q_T \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot \eta_g = Q_{T0} \cdot k_3 \cdot \eta_g$$

$k_3$  = Betriebsbeiwert [-]

z.B. Qualifikation des Geräteführers, Platzverhältnisse

$\eta_G$  = Geräteausnutzungsgrad (abhängig von der physischen [-]  
und psychischen Gesamtbelastung des Geräteführers)

### 3.4 Differenzierung zwischen theoretischen und realen Elementarprozessdauern

Bei der Untersuchung der schalungsrelevanten Elementarprozesse wird die Systematik von Girmscheid [12] zu Grunde gelegt und noch um einen weiteren Abminderungsfaktor  $k_4$  erweitert, der die Arbeitsgruppeneinstellung berücksichtigt. Aus der vierstufigen Differenzierung wird eine zweistufige Differenzierung entwickelt. Dabei wird nur noch zwischen theoretischen Elementarprozessdauern  $T^{Theo}$  und realen Elementarprozessdauern  $T^{Real}$  unterschieden. Die realen Elementarprozessdauern berücksichtigen sämtliche Abminderungsfaktoren, auch den hier nun neu eingeführten Abminderungsfaktor  $k_4$  zur Berücksichtigung der Arbeitsgruppeneinstellung. In diesem Forschungsbericht werden die folgenden Abminderungsfaktoren eingesetzt:

$k_1 = 1$  = Materialabhängige Faktoren  $\rightarrow$  bei Schalungssystemen nicht notwendig

$k_2$  = Technische Faktoren (z.B. Alter der Schalung)

$k_3 = \eta_1 \cdot \eta_2$  = Betriebsbeiwert mit

$\eta_1$  = Bedienungsfaktor (Qualifikation der Arbeiter)

$\eta_2$  = Betriebsfaktor (AVOR, Wetter, Platzverhältnisse)

$\eta_G$  = Geräteausnutzungsgrad (Konzentration, Nebenarbeiten, Zigarettenpausen)

$k_4 = n_{AK} \cdot \omega_{AK}$  = Arbeitsgruppenfaktor mit

$n_{AK}$  = Arbeitsgruppengröße

$\omega_{AK}$  = Arbeitseffizienz

Materialabhängige Faktoren, die beim Erdbau die Eigenschaften des Bodens reflektieren, sind bei schalungsrelevanten Elementarprozessdauern nicht notwendig. Daher wird der Abminderungsfaktor  $k_1$  in den nachfolgenden Formeln nicht mehr berücksichtigt.

Die Differenzierung zwischen theoretischen und realen Werten wird im Regelfall auf der Ebene der Elementarprozessdauern betrachtet:

$$T^{Real} = T^{Theo} \cdot \frac{1}{k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot \eta_G} = T^{Theo} \cdot \left( \prod_{n=2}^4 k_n \cdot \eta_G \right)^{-1}$$

$T^{Real}$	= Reale Elementarprozessdauer	[min]
$T^{Theo}$	= Theoretische Elementarprozessdauer	[min]
$k_2$	= Technischer Abminderungsfaktor	[-]
$k_3$	= Betriebsbeiwert	[-]
$k_4$	= Arbeitsgruppenfaktor	[-]
$\eta_G$	= Geräteausnutzungsgrad	[-]

Für die Ermittlung der Elementarprozessdauern werden je nach Tätigkeit eine der drei nachfolgend dargestellten Berechnungsmethoden oder eine Kombination dieser drei Berechnungsmethoden angewendet:

$$T^{Theo} = \sum_j \frac{s_j}{v^{Theo}}; \quad T^{Theo} = \sum_j \sum_{\mathcal{G}} t_{j,\mathcal{G}}^{Theo}; \quad T^{Theo} = a^{Theo} \cdot ME$$

$T^{Theo}$	= Theoretische Elementarprozessdauer	[min]
$s_j$	= Verschiebestrecke einer Schalungseinheit $j$	[m]
$v^{Theo}$	= Theoretische Verschiebegeschwindigkeit	[m / min]
$t_{j,\mathcal{G}}^{Theo}$	= Theoretische Tätigkeitsdauer mit Laufindex $j$ für die Schalungseinheit $j$ und Laufindex $\mathcal{G}$ für die Art der Tätigkeit $\mathcal{G}$	[min]
$a^{Theo}$	= Theoretischer Aufwandswert	[min / ME]
$ME$	= Mengeneinheit (z.B. ME = m <sup>2</sup> , Anzahl Stützen, etc.)	[ME]

Die erste Berechnungsmethode stellt die für diese Arbeit wichtigste Methode dar. Bei dieser Methode werden die geometrischen Bauprojekteigenschaften berücksichtigt, indem die zurückgelegten Wege durch die Verschiebegeschwindigkeit geteilt werden. Mit der zweiten Berechnungsmethode werden einzelne Tätigkeitsdauern aufsummiert, die bei den geometrieabhängigen Elementarprozessen für sich betrachtet, keine geometrischen Abhängigkeiten aufweisen. Die letzte Methode entspricht der in der Praxis üblicherweise eingesetzten Methode. Diese wird

eingesetzt, wenn der gesamte Elementarprozess keine geometrische Abhängigkeit aufweist.

Eine Differenzierung zwischen realen und theoretischen Werten ist auch auf der Ebene der Aufwandswerte möglich:

$$a^{Real} = a^{Theo} \cdot \frac{1}{k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot \eta_G} = a^{Theo} \cdot \left( \prod_{n=2}^4 k_n \cdot \eta_G \right)^{-1}$$

$a^{Real}$	= Realer Aufwandswert	$[min / m^2]$
$a^{Theo}$	= Theoretischer Aufwandswert	$[min / m^2]$
$k_2$	= Technischer Abminderungsfaktor	$[-]$
$k_3$	= Betriebsbeiwert	$[-]$
$k_4$	= Arbeitsgruppenfaktor	$[-]$
$\eta_G$	= Geräteausnutzungsgrad	$[-]$

Werden Aufwandswerte aus der Literatur verwendet, muss unbedingt untersucht werden, welche Randbedingungen bzw. Abminderungen in diesen Werten bereits berücksichtigt sind. Im Anschluss daran können dann aus diesen Werten die theoretischen und realen Aufwandswerte bestimmt werden.

Die Elementarprozesse und Elementarprozessgruppen werden zunächst auf der theoretischen Ebene untersucht. Im Forschungsbericht Teil 9 werden dann unter Berücksichtigung der Abminderungsfaktoren die realen Elementarprozessdauern und realen Elementarprozessgruppendauern ermittelt, um den Arbeitszeitverbrauch im Teilmodell 3 zu bestimmen.

### 3.5 Systematik der mathematischen Beschreibungen

Bei der Ermittlung der Tätigkeitsdauern, Elementarprozessdauern und Elementarprozessgruppendauern wird, damit eine konsequente und verständliche mathematische Beschreibung möglich ist, die nachfolgend dargestellte Systematik zu Grunde gelegt.

Die unterste Analyseebene untersucht die schalungsrelevanten Tätigkeitsdauern. In diesem Forschungsbericht wird den Tätigkeitsdauern der Kleinbuchstaben  $t$  zugeordnet.

Beispiel:

$$t_j^{Theo} = \frac{s_j}{v^{Theo}}$$

$t_j^{Theo}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer der Schalungseinheit / [min]  
des Gebindes mit dem Laufindex  $j$

$s_j$  = Zurückgelegte Strecke der Schalungseinheit / [m]  
des Gebindes mit dem Laufindex  $j$

$v^{Theo}$  = Theoretische Verschiebegeschwindigkeit [m / min]

Zur Differenzierung der verschiedenen Tätigkeitsdauern werden Indizes in folgender Weise verwendet:

$$t_{\substack{Theo, (Decke/Wand), \\ \text{Tätigkeitstyp, Laufindex}}}^{Schalungstyp, Schalungsuntertyp}$$

Beispiel:

$t_{Sch, j}^{Theo, D, STS}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für das Kranschwenken ( $Sch$ ) [min]  
des Gebinde  $j$ , gefüllt mit Systemträgerschalungen ( $STS$ )  
bei Decken ( $D$ )

Wenn die theoretischen Tätigkeitsdauern aufsummiert werden, ergibt sich die theoretische Elementarprozessdauer, die mit dem Grossbuchstaben  $T$  dargestellt wird:

$$T^{Theo} = \sum_j t_j^{Theo} = \sum_j \frac{s_j}{v^{Theo}}$$

$T^{Theo}$	= Theoretische Elementarprozessdauer	[min]
$t_j^{Theo}$	= Theoretische Tätigkeitsdauer der Schalungseinheit / des Gebindes mit dem Laufindex $j$	[min]
$s_j$	= Zurückgelegte Strecke der Schalungseinheit / des Gebindes mit dem Laufindex $j$	[m]
$v^{Theo}$	= Theoretische Verschiebegeschwindigkeit	[m / min]

Für die theoretischen Elementarprozessdauern werden die nachfolgend dargestellten Indizes festgelegt:

$$T_{\substack{Theo,(Decke/Wand),Schalungstyp,Schalungsuntertyp \\ EPG:Elementarprozessgruppe,Elementarprozess,Ebene}}$$

Beispiel:

$$T_{A-Um,HS,i-3}^{Theo,D,STS} = \text{Theoretische Elementarprozessdauer für das} \quad [min]$$

Ausschal-Umsetzen ( $A-Um$ ) von Hilfsstützen ( $HS$ ) bei  
Systemträgerschalungen ( $STS$ ) bei Decken ( $D$ ) auf der Ebene  $i-3$

Werden mehrere Elementarprozessdauern zusammengefasst, ergibt dies eine Elementarprozessgruppendauer. Der Index des Elementarprozesses entfällt, dafür wird die Elementarprozessgruppe mit der Abkürzung EPG erweitert (siehe Beispiel), dadurch kann eine Elementarprozessgruppendauer von einer Elementarprozessdauer unterschieden werden:

$$T_{EPG:A-Um,MP:i}^{Theo,(Decke/Wand),Schalungstyp,Schalungsuntertyp}$$

Beispiel:

$$T_{EPG:A-Um,MP:i}^{Theo,D,STS} = \text{Theoretische Elementarprozessgruppendauer für das} \quad [min]$$

Ausschal-Umsetzen ( $A-Um$ ) bei Systemträgerschalungen ( $STS$ )  
bei Decken ( $D$ ) bezogen auf den Modulprozess „Decke über Ebene  $i$ “

Der Index Ebene bei den Elementarprozessdauern gibt an, auf welcher Ebene der jeweilige Elementarprozess stattfindet bzw. startet. Der Index Ebene bei den Elementarprozessgruppendauern erfüllt eine etwas andere Funktion. Wie in Bild 3 ersichtlich, werden Elementarprozesse von verschiedenen Ebenen zu einer Elementarprozessgruppe zusammengefasst, wenn diese Elementarprozesse von ihrer Art her Übereinstimmungen aufweisen (die verschiedenen Einschalen-Elementarprozesse werden zur Elementarprozessgruppe Einschalen vereint). Diese Zusammenfassung erfolgt unter der Massgabe, dass diese Elementarprozesse jeweils einen Bezug zum gleichen Modulprozess besitzen. Der Index Ebene der Elementarprozessgruppendauer zeigt hierfür die Verknüpfung zwischen Elementarprozessgruppe und Modulprozess.



## 4 Teilmodell 1: Vorselektion der Schalungssysteme

Im Teilmodell 1 wird eine Vorselektion der Schalungssysteme durchgeführt. Dieses Teilmodell ist ein Vorbereitungsschritt für das Teilmodell 2. Da dieser Vorbereitungsschritt thematisch und systematisch als eigenständig betrachtet werden kann, wurde dieser Analyseschritt als Teilmodell klassifiziert.

Bei der Vorselektion der Schalungssysteme sollen diejenigen Schalungssysteme identifiziert werden, die aus projektspezifischen Gründen für die Bauaufgabe ungeeignet sind. Die identifizierten ungeeigneten Schalungssysteme werden anschliessend nicht weiter untersucht, dadurch wird der Gesamtuntersuchungsaufwand in den nachfolgenden Teilmodellen deutlich reduziert.

Für die produktionstechnische Verfahrenseignung hat Girmscheid [11] die folgenden Eignungskriterienkategorien vorgeschlagen:

- Technische Eignung
- Natürliche Eignung
- Gesetzliche/vertragliche Eignung

Bei einer generellen Bauverfahrenseignungsprüfung differenziert Girmscheid [11] diese Eignungskriterien wie in Bild 5 ersichtlich.

Ziele	Kriterien	Art	K.-o.	ja	nein	Zusatzmassnahmen
Projekt-spezifische Anforderung	<b>Produktionstechnische Eignung für:</b>					
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bauaufgabe</li> <li>• Bauwerksgeometrie / Bauwerksart</li> <li>• Platzverhältnisse</li> </ul>	tech-nisch				
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geologie / Hydrologie</li> <li>• Topographie</li> <li>• Meteorologie</li> </ul>	natür-lich				
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Behördenauflagen</li> <li>• Umweltauflagen                             <ul style="list-style-type: none"> <li>→ gesetzliche Auflagen</li> <li>- Gewässerverschmutzung</li> <li>- Luftverschmutzung</li> <li>- Lärmbelästigung</li> </ul> </li> <li>→ Beeinträchtigung der Anlieger</li> <li>- Gefährdung der vorhandenen Bebauung</li> <li>→ Gefährdung des Verkehrs</li> <li>• Bauherrenanforderungen</li> <li>• Unfallschutzanforderungen                             <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Gefährdung der Arbeitskräfte</li> <li>→ Gefährdung des Bauvorhabens</li> <li>→ Gefährdung der Umwelt (Verkehr/Anlieger)</li> <li>→ Umfang der Schutzmassnahmen</li> </ul> </li> </ul>	gesetzlich / vertraglich				
	<b>Gesamtbewertung</b>					

**Bild 5: Bauverfahrenseignung – Selektionsprozess nach Girmscheid [11]**

Diese Eignungskriterien müssen nun für eine schalungsspezifische Eignungsprüfung modifiziert werden.

Sämtliche verwendeten Kriterien sind K.O.-Kriterien, die entweder mit Ja oder Nein bewertet werden können. Bei einer Bewertung mit Nein werden entweder Zusatzmassnahmen erforderlich oder das Bauverfahren wird als ungeeignet eingestuft. Beim Einsatz von Zusatzmassnahmen müssen die daraus resultierenden Auswirkungen (finanziell, terminlich etc.) im weiteren Analyseprozess (Teilmodelle zwei bis sechs) berücksichtigt werden.

Bei den technischen Eignungskriterien stellt sich die Frage, ob das Schalungssystem technisch einsetzbar ist. Ein K.O.-Kriterium könnte beispielsweise die Grösse der Geschossöffnungen darstellen. Sind die Öffnungen zu klein, könnten evtl. Deckentische nach dem Betonieren nicht mehr aus dem Geschoss herausgehoben werden. Ein K.O.-Kriterium für Rahmenschalungen ergibt sich, wenn das Bauprojekt runde Wandformen vorsieht.

Natürliche Eignungskriterien sind bei der Schalungsauswahl nur selten notwendig. Vorstellbar wären K.O.-Kriterien in Zusammenhang mit der Meteorologie, wenn Holzschalungen bei starken Wettereinflüssen (Feuchtigkeit) evtl. ausgeschlossen werden müssten.

Bei den gesetzlichen/vertraglichen Eignungskriterien gibt es K.O.-Kriterien, wenn der Bauherr vertraglich die Lieferantenfirma vorschreiben sollte. Ein anderes K.O.-Kriterium könnte die Lärmbelastung sein, wenn in einem emissionsempfindlichen Bereich gebaut werden soll.

## 5 Teilmodell 2: Geometrische Weg-Zeit-Analyse-Modelle

Im Teilmodell 2 werden die schalungsrelevanten Elementarprozesse analysiert. Für die Elementarprozesse, die von den geometrischen oder strukturellen Bauprojekteigenschaften abhängen, werden diese Eigenschaften bei der Bestimmung der Elementarprozessdauern in diesem Kapitel untersucht.

### Zusammenhang Arbeitstakt und Modulprozess

Um verschiedene Elementarprozesse zeitlich zuordnungsfähig zu machen, werden diese in einem Arbeitstakt zusammengefasst. Ein Arbeitstakt umfasst die gesamte Elementarprozessgruppenkette Ausschalen – Ausschal-Umsetzen – Einschalen – Bewehren – Betonieren – Abbinden. Die Betrachtung als Arbeitstakt hat sich in der Praxis durchgesetzt, da dann eine Zuordnung zu den Arbeitswochen erleichtert wird. Als Fixpunkt dient oft der Abbindeprozess. Durch die freien Tage am Wochenende bietet es sich in vielen Fällen an, direkt vor dem Wochenende (Freitag) zu betonieren. Dann kann der Beton übers Wochenende aushärten und der Abbindeprozess behindert keine anderen Prozesse (frischer Beton bei der Deckenerstellung kann erst nach einer gewissen Abbindezeit belastet werden). Beim Betonieren von Wänden ist die Behinderung durch den Abbindeprozess deutlich geringer. Daher werden Wände in der Praxis nicht zwangsweise am Ende der Woche betoniert.

Bei der Arbeitstaktbetrachtung, die im Regelfall mit dem Ausschalen beginnt, werden zwei verschiedene Ebenen betrachtet. Diesem Sachverhalt wird in dieser Forschungsarbeit mit der Zuordnung zum passenden Modulprozess (siehe Bild 3 auf Seite 836) Rechnung getragen. Im Arbeitstakt der Woche  $x$  werden das Ausschalen und das Ausschal-Umsetzen dem Modulprozess „Decke über Ebene  $i$  erstellen“ zugeordnet. Danach beginnt der nächste Modulprozess „Decke über Ebene  $i+1$  erstellen“. Diesem Modulprozess werden das Einschalen-Umsetzen, das Einschalen, das Bewehren und auch das Betonieren zugeordnet.

Neben der vollen Woche als Arbeitstakt sind halbe Wochen oder auch zwei Wochen üblich.

### Gegenüberstellung Stockwerkbauweise – Vorauseilende Bauweise

In der Praxis kann nach Girmscheid [11] für ein Hochbauprojekt aus den folgenden zwei Herstellungsabläufen ausgewählt werden:

- Stockwerkbauweise – Wand und Deckenerstellung auf der gleichen Ebene. Dies bringt Vorteile bei der Ausbildung der Bewehrungsanschlüsse. Nachteilig

ist jedoch, dass sich bei der Stockwerkbauweise die Wand- und Deckenelementarprozesse gegenseitig behindern können.

- Vorauselende Bauweise – Die Wand wird mit einem Vorlauf von zwei bis drei Wochen erstellt. Dadurch gibt es deutlich weniger gegenseitige Behinderungen. Die Bewehrungsanschlüsse zwischen Wand und Decke können schwieriger sein.

Die im Teilmodell 2 untersuchten Schalungssysteme werden getrennt nach Decken- und Wandsystemen untersucht. Die Kombinationsmöglichkeiten von Decken- und Wandsystemen werden im Teilmodell 4 (Logistik-Interaktionen-Analyse-Modell) betrachtet und ausgewertet. Im Teilmodell 4 werden auch die beiden Herstellungsabläufe (Stockwerkbauweise/Vorauselende Bauweise) analysiert.

### **Identifikation der zu untersuchenden Schalungssysteme**

Für Hochbauprojekte wird für das Betonieren von Decken und Wänden im Regelfall aus den nachfolgend dargestellten Schalungssystemen ausgewählt:

- Systemträgerschalungen für Wände oder Decken
- Rahmenschalungen für Wände
- Kassettenschalungen für Decken
- Deckentischmodule für Decken
- Alu-Trägerrost-Deckenschalung
- Kletterschalungen für Wände
- Selbstkletterplattformen für Wände

In Abstimmung mit den Forschungspartnern wurden für diesen Bericht die folgenden Schalungssysteme ausgewählt, die im weiteren Verlauf untersucht werden sollen:

- Deckensysteme:
  - Systemträgerschalungen
  - Deckentische
  - Deckentische (mit Einsatz des Tischhubsystems TLS)
- Wandsysteme:
  - Rahmenschalungen (mit Schachtschalung)
  - Selbstkletterplattform SCP

## 5.1 Systemträgerschalung (Decke)

Eine Grundvariante für Deckenschalungen stellt die Systemträgerschalung dar. Die meisten Schalungssystemhersteller führen Systemträgerschalungen in ihrem Lieferprogramm. Zudem werden andere Schalungssysteme (Deckentische etc.) aus den Grundelementen der Systemträgerschalung zusammengesetzt.

Die Systemträgerschalung setzt sich aus den folgenden Bestandteilen (siehe auch Bild 6) zusammen:

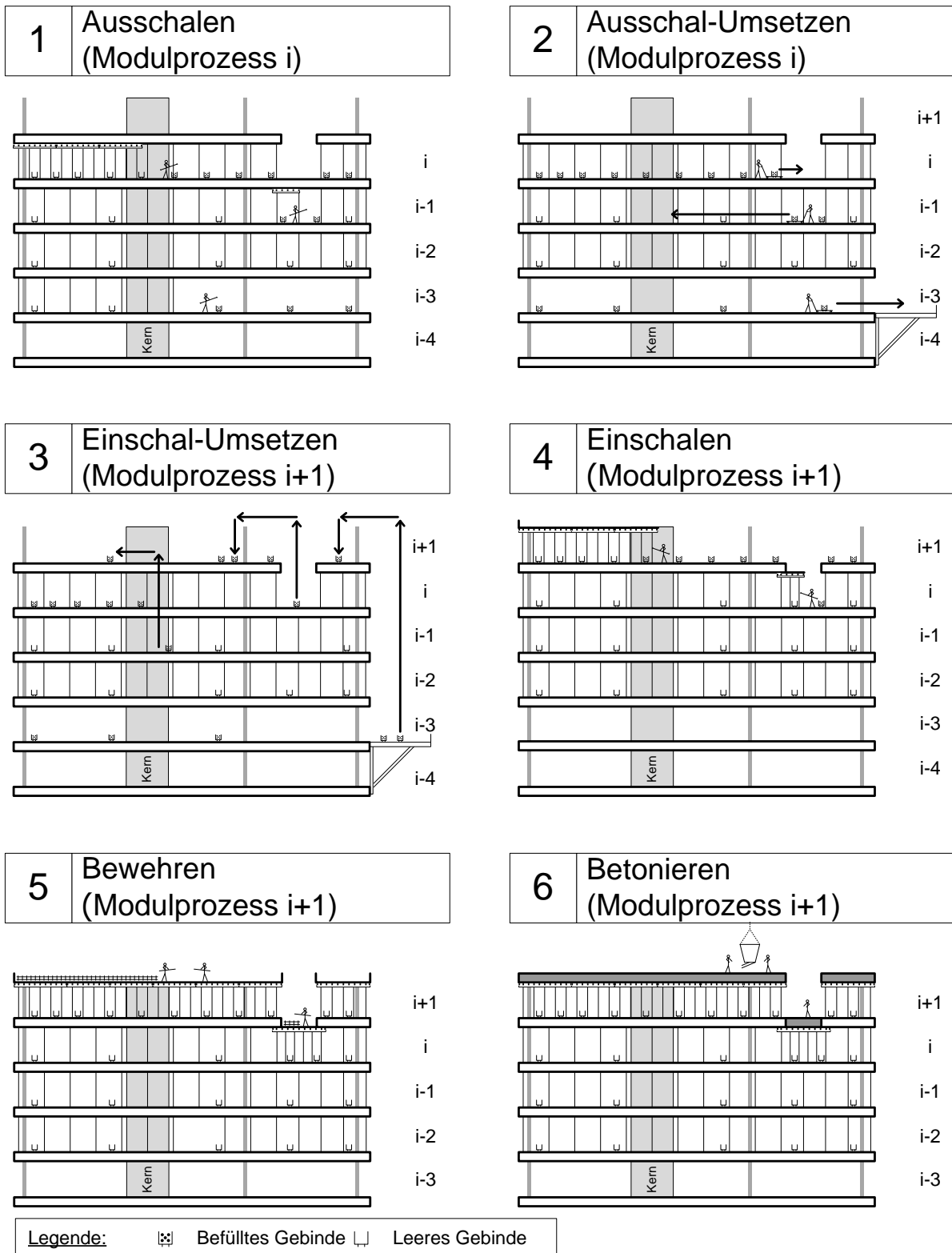
- Stützen (Stahl oder Alu)
- Längsträger (meist Holz)
- Querträger (meist Holz)
- Schalhaut (meist Holz)



**Bild 6: Beispiel für Systemträgerschalung [1]**

Diese Bestandteile werden beim Einschalen der Reihe nach zusammengesetzt. Nach dem Betonieren und Abbinden wird die Schalung wieder in Ihre Grundelemente zerlegt. Die Grundelemente werden dann für den nächsten Einsatz umgesetzt.

Für das Umsetzen von Systemträgerschalungen auf das oberste Geschoss im Arbeitstakt  $x$  gibt es verschieden Möglichkeiten. Die Auswahl der Umsetzungsmethode hängt von den Bauprojekteigenschaften (Fassadenform, Krankapazität etc.) ab. Für diese Arbeit wurde angenommen, dass die Schalungsgrundelemente nach dem Regel-Ausschalen nicht über die Fassade herausgehoben werden. Stattdessen wird



**Bild 7: Herstellungsprozess Decke mit Systemträgerschalung**

eine Deckenöffnung in der Decke über Ebene i erstellt, durch die die Schalungselemente in Sammelgebänden mit dem Kran auf die nächste Ebene umgesetzt werden können. Nach diesem Umsetzungsvorgang wird diese Deckenöffnung geschlossen (betoniert). Die Schalungselemente, die für das Schliessen der Deckenöffnung benötigt werden, können nach dem Ausschalen entweder per Hand durch das Treppenhaus transportiert werden oder später gemeinsam mit den Hilfsstützen umgesetzt werden. In Bild 7 wurde dargestellt, dass diese Schalungselemente per Hand durch das Treppenhaus transportiert werden (Elementarprozessegruppen 2 und 3 in Bild 7).

Die Schalungselemente können nach einer Abbindedauer (abhängig von Gebäudeabmessungen und Betonfestigkeit) von zwei bis vier Tagen wieder entfernt werden. Dies ist aber nur dann möglich, wenn für eine Gesamtdauer von im Regelfall 28 Tagen Hilfsstützen gestellt werden. In Bild 7 wird in Elementarprozessgruppe 1 die Decke auf Ebene i-1 ausgeschalt und gleichzeitig werden die Hilfsstützen gestellt. Nach einer Gesamtabbindedauer von 28 Tagen können die Hilfsstützen entfernt werden. Bei Annahme eines Wochentaktes stehen die Hilfsstützen auf Ebene i-3 bereits seit 28 Tagen und können daher entfernt werden.

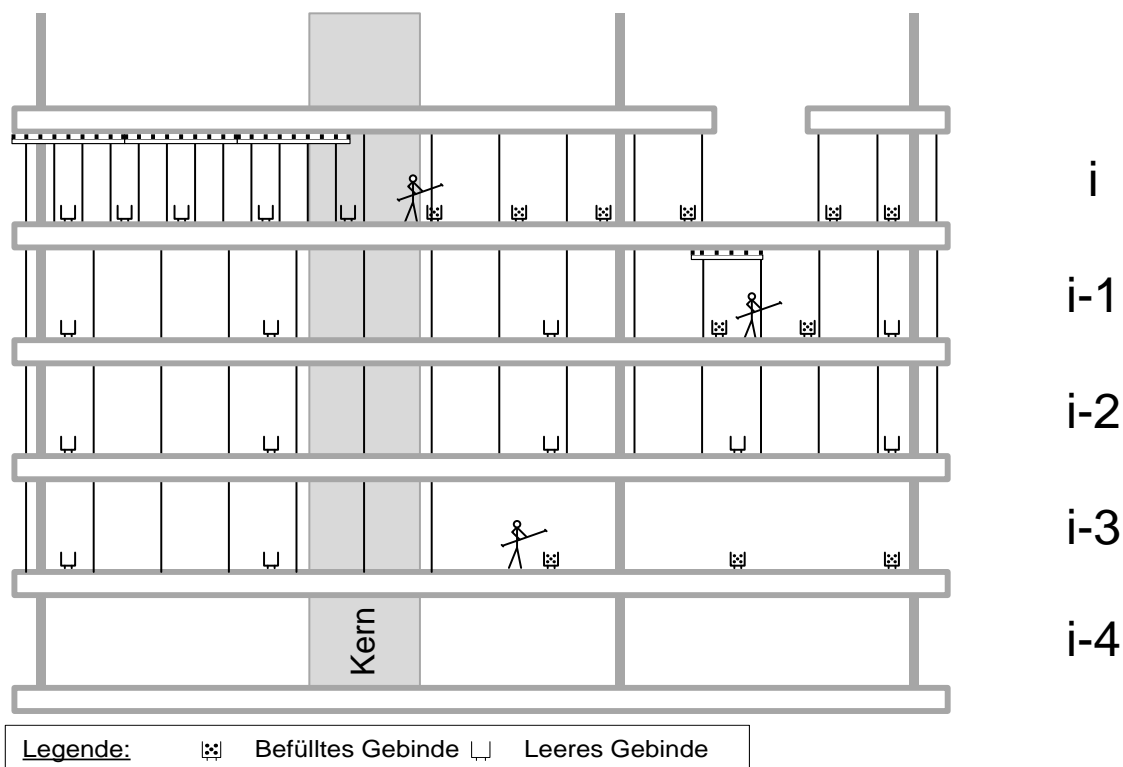
Mit abstrahierten Personen bzw. mit Pfeilen für das Ausschal- und Einschal-Umsetzen wurde in Bild 7 dargestellt, dass die Elementarprozesse auf vier verschiedenen Ebenen stattfinden. Die Zahlen in Klammern ermöglichen die leichte Zuordnung zu den Elementarprozessgruppen in Bild 7:

- Ebene i+1: Einschalen (4), Bewehren (5), Betonieren (6)
- Ebene i: Ausschalen inkl. Hilfsstützen stellen (1), Einschal-Umsetzen mit dem Kran (3), Ausschal-Umsetzen (2), Einschalen Deckenöffnung (4), Bewehren Deckenöffnung (5), Betonieren Deckenöffnung (6),
- Ebene i-1: Ausschalen inkl. Hilfsstützen stellen bei der Deckenöffnung (1), Ausschal-Umsetzen der Schalung für die Deckenöffnung (2) Einschal-Umsetzen der Schalung für die Deckenöffnung per Hand (3)
- Ebene i-3: Ausschalen Hilfsstützen (1), Ausschal-Umsetzen der Hilfsstützen (2), Einschal-Umsetzen der Hilfsstützen mit dem Kran (3)

### 5.1.1 Elementarprozessgruppe Ausschalen

Vor dem Wochenende wird im Regelfall die Decke betoniert. Von Freitag bis Montag steht dadurch ausreichend Zeit für den Abbindeprozess zur Verfügung. Nach dem Betonieren dauert es eine gewisse Zeit, bis die frisch betonierte Decke belastet werden kann. Durch das Betonieren am Freitag wird diese Einschränkung deutlich reduziert und die Behinderung anderer Elementarprozesse verringert. Am Montag kann dann im Regelfall mit dem Ausschalen dieser Decke begonnen werden. Bis zur Endfestigkeit des Betons (meist nach 28 Tagen) müssen jedoch Hilfsunterstützungen auf der Ebene verbleiben. Dies ist bei der Ermittlung der Vorhaltemengen zu berücksichtigen. Bei manchen Systemträgerschalungen gibt es bei den Stützen spezielle Vorrichtungen (Stützenkopf mit Schnellabsenkfunktion), die diesen Ausschalprozess deutlich erleichtern.

Die Strichfiguren in Bild 8 geben an, auf welchen Ebenen Elementarprozesse stattfinden. Auf Ebene  $i$  findet sowohl das Regel-Ausschalen wie auch die Sonderarbeiten Ausschalen statt. Nur die Hilfsstützen verbleiben auf dieser Ebene. Auf der Ebene  $i-1$  wird die in der Vorwoche betonierte Deckenöffnung ausgeschalt. Auch hier werden Hilfsstützen aufgestellt. Auf der Ebene  $i-3$  werden die Hilfsstützen ausgeschalt.



**Bild 8: Elementarprozessgruppe Ausschalen im Modulprozess  $i$  bei Systemträgerschalungen (Decke)**



Die Elementarprozessgruppe Ausschalen setzt sich aus den folgenden Elementarprozessen zusammen:

$$T_{EPG:Aus,MP:i}^{Theo,D,STS} = \{ T_{Aus,Re,i}^{Theo,D,STS}; T_{Aus,So,i}^{Theo,D,STS}; T_{Aus,Dö,i-1}^{Theo,D,STS}; T_{Aus,HS,i-3}^{Theo,D,STS} \}$$

$T_{EPG:Aus,MP:i}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Elementarprozessgruppendauer für das [min]  
Ausschalen ( $EPG:Aus$ ) bei Systemträgerschalungen ( $STS$ )  
bei Decken ( $D$ ) bezogen auf den Modulprozess „Decke über Ebene  $i$ “

$T_{Aus,Re,i}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das Regel- [min]  
Ausschalen ( $Aus,Re$ ) bei Systemträgerschalungen ( $STS$ )  
der Decke ( $D$ ) über der Ebene  $i$

$T_{Aus,So,i}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für die Sonder- [min]  
arbeiten beim Ausschalen ( $Aus,So$ ) bei Systemträger-  
schalungen ( $STS$ ) der Decke ( $D$ ) über der Ebene  $i$

$T_{Aus,Dö,i-1}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das [min]  
Ausschalen der Deckenöffnung ( $Aus,Dö$ ) bei Systemträger-  
schalungen ( $STS$ ) der Deckenöffnung ( $D$ ) über der Ebene  $i-1$

$T_{Aus,HS,i-3}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das [min]  
Ausschalen von Hilfsunterstützungen ( $Aus,HS$ ) der  
Systemträgerschalungen ( $STS$ ) der Decke ( $D$ ) über der Ebene  $i-3$

In der Elementarprozessgruppe Ausschalen des Modulprozesses „Decke über Ebene  $i$  erstellen“ laufen zwei Elementarprozesse auf der Ebene  $i$  ab. Die Haupttätigkeiten des Ausschalens auf der Ebene  $i$  werden zum Elementarprozess Regel-Ausschalen zusammengefasst. Tätigkeiten wie Rückbau von Ecken, Rückbau von Aussparungen etc. werden zusammengefasst zum Elementarprozess Sonderarbeiten beim Ausschalen.

#### 5.1.1.1 Elementarprozess Regel-Ausschalen

Der Elementarprozesses Regel-Ausschalen umfasst folgende Tätigkeiten:

- Lösen der Spindeln (Verkürzung der Stützen)
- Herausnehmen der Schaltafeln und anschliessendes Stapeln im Gebinde
- Herunternehmen der Querträger und anschliessendes Stapeln im Gebinde
- Herunternehmen der Jochträger (Längsträger) und anschliessendes Stapeln im Gebinde
- Abnehmen der Kopfgabeln und anschliessendes Stapeln im Gebinde
- Stapeln der Stützen im Gebinde

- Montage der Hilfsstützen

Die Gesamtdauer des Elementarprozesses Regel-Ausschalen ermittelt sich aus der Gesamtschalfläche und dem zugehörigen Aufwandswert:

$$T_{Aus,Re,i}^{Theo,D,STS} = a_{Aus,Re}^{Theo,D,STS} \cdot A_{Aus,Re,i}^{D,STS}$$

$T_{Aus,Re,i}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das Regel-Ausschalen ( $Aus,Re$ ) der Decke ( $D$ ) über der Ebene  $i$  bei Systemträgerschalungen ( $STS$ ) [min]

$a_{Aus,Re}^{Theo,D,STS}$  = Theoretischer Aufwandswert für das Regel-Ausschalen ( $Aus,Re$ ) der Decke ( $D$ ) bei Systemträgerschalungen ( $STS$ ) inkl. Stellen der Hilfsstützen [min / m<sup>2</sup>]

$A_{Aus,Re,i}^{D,STS}$  = Fläche ( $A$ ) der Decke ( $D$ ), die über der Ebene  $i$  regel-ausgeschalt werden soll ( $Aus,Re$ ) bei Systemträgerschalungen ( $STS$ ) [m<sup>2</sup>]

#### 5.1.1.2 Elementarprozess Sonderarbeiten beim Ausschalen

Neben den Tätigkeiten des Regelausschalens gibt es im Regelfall zusätzliche Tätigkeiten, die von der Komplexität des Bauprojektes abhängen. Diese Tätigkeiten werden im Elementarprozess Sonderarbeiten berücksichtigt. Der Elementarprozess Sonderarbeiten hängt von der Art und der Anzahl der Sonderarbeiten ab:

$$T_{Aus,So,i}^{Theo,D,STS} = \sum_{\eta} \left( a_{Aus,So,\eta}^{Theo,D,STS} \cdot Z_{\eta,i} \right) \quad \text{mit } \eta = \left\{ \eta \left| \eta = \begin{array}{l} \text{Rückbau von Ecken} \\ \text{Rückbau von Aussparungen} \\ \text{Rückbau von Beischalarbeiten} \\ \text{Rückbau von Unterzügen} \\ \text{etc.} \end{array} \right. \right\}$$

$T_{Aus,So,i}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für Sonderarbeiten beim Ausschalen ( $Aus,So$ ) der Decke ( $D$ ) über Ebene  $i$  beim Einsatz von Systemträgerschalungen ( $STS$ ) [min]

$a_{Aus,So,\eta}^{Theo,D,STS}$  = Theoretischer Aufwandswert für Sonderarbeiten beim Ausschalen ( $Aus,So$ ) der Decke ( $D$ ) beim Einsatz von Systemträgerschalungen ( $STS$ ) [min / ME]

$Z_{\eta,i}$  = Mengeneinheiten für die Sonderarbeiten auf Ebene  $i$  [ME]  
(z.B. ME = m<sup>2</sup>, Anzahl Stützen, etc.)

$\eta$  = Art der Sonderarbeiten [-]

### 5.1.1.3 Elementarprozess Deckenöffnung Ausschalen

Im Modulprozess „Decke über Ebene i“ müssen auf der Ebene i-1 die Deckenöffnung ausgeschalt werden und im Anschluss die Hilfsstützen montiert werden:

$$T_{Aus,D\ddot{o},i-1}^{Theo,D,STS} = a_{Aus,D\ddot{o}}^{Theo,D,STS} \cdot A_{Aus,D\ddot{o},i-1}^{D,STS}$$

$T_{Aus,D\ddot{o},i-1}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das [min]  
Deckenöffnung-Ausschalen ( $Aus,D\ddot{o}$ ) der Decke ( $D$ ) über  
Ebene  $i-1$  bei Systemträgerschalungen ( $STS$ )

$a_{Aus,D\ddot{o}}^{Theo,D,STS}$  = Theoretischer Aufwandswert für das Deckenöffnung-  
Ausschalen ( $Aus,D\ddot{o}$ ) der Decke ( $D$ ) bei Systemträger-  
schalungen ( $STS$ ) inkl. Stellen der Hilfsstützen [min / m<sup>2</sup>]

$A_{Aus,D\ddot{o},i-1}^{D,STS}$  = Fläche ( $A$ ) der Deckenöffnung ( $D$ ) über der Ebene  $i-1$  [m<sup>2</sup>]

### 5.1.1.4 Elementarprozess Ausschalen von Hilfsstützen

Zu beachten ist, dass als Hilfsunterstützung ein Teil der Stützen für üblicherweise vier Wochen (abhängig von der Abbindegeschwindigkeit des Betons) auf der Ebene i verbleiben muss. Unter der Annahme eines Wochentaktes werden dann im Modulprozess „Decke über Ebene i“ auf der Ebene i-3 die Hilfsstützen demontiert und umgesetzt:

$$T_{Aus,HS,i-3}^{Theo,D,STS} = a_{Aus,HS}^{Theo,D,STS} \cdot A_{Aus,HS,i-3}^{D,STS}$$

$T_{Aus,HS,i-3}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das [min]  
Ausschalen ( $Aus$ ) von Hilfsstützen ( $HS$ ) auf der  
Ebene  $i-3$  bei Systemträgerschalungen ( $STS$ )

$a_{Aus,HS}^{Theo,D,STS}$  = Theoretischer Aufwandswert für das Ausschalen ( $Aus$ ) von [min / m<sup>2</sup>]  
Hilfsstützen ( $HS$ ) bei Systemträgerschalungen ( $STS$ )

$A_{Aus,HS,i-3}^{D,STS}$  = Fläche ( $A$ ) der Decke ( $D$ ) von Ebene i-3 [m<sup>2</sup>]

### 5.1.1.5 Zusammenfassung der Elementarprozesse der Elementarprozessgruppe Ausschaln

Für die Elementarprozessgruppe Ausschaln können nun die Elementarprozessdauern für Systemträgerschalungen im Modulprozess „Decke über Ebene i“ zusammengefasst dargestellt werden:

$$T_{EPG:Aus,MP:i}^{Theo,D,STS} = \left\{ T_{Aus,Re,i}^{Theo,D,STS}; T_{Aus,So,i}^{Theo,D,STS}; T_{Aus,Dö,i-1}^{Theo,D,STS}; T_{Aus,HS,i-3}^{Theo,D,STS} \right\} \text{ mit}$$

$$T_{Aus,Re,i}^{Theo,D,STS} = a_{Aus,Re}^{Theo,D,STS} \cdot A_{Aus,Re,i}^{D,STS}$$

$$T_{Aus,So,i}^{Theo,D,STS} = \sum_{\eta} \left( a_{Aus,So,\eta}^{Theo,D,STS} \cdot Z_{\eta,i} \right)$$

$$T_{Aus,Dö,i-1}^{Theo,D,STS} = a_{Aus,Dö}^{Theo,D,STS} \cdot A_{Aus,Dö,i-1}^{D,STS}$$

$$T_{Aus,HS,i-3}^{Theo,D,STS} = a_{Aus,HS}^{Theo,D,STS} \cdot A_{Aus,HS,i-3}^{D,STS}$$

Eine Addition dieser Elementarprozesse ist nicht möglich, da diese Elementarprozesse auf unterschiedlichen Ebenen und daher möglicherweise auch von unterschiedlichen Equipen ausgeführt werden.

### 5.1.2 Elementarprozessgruppe Ausschal-Umsetzen

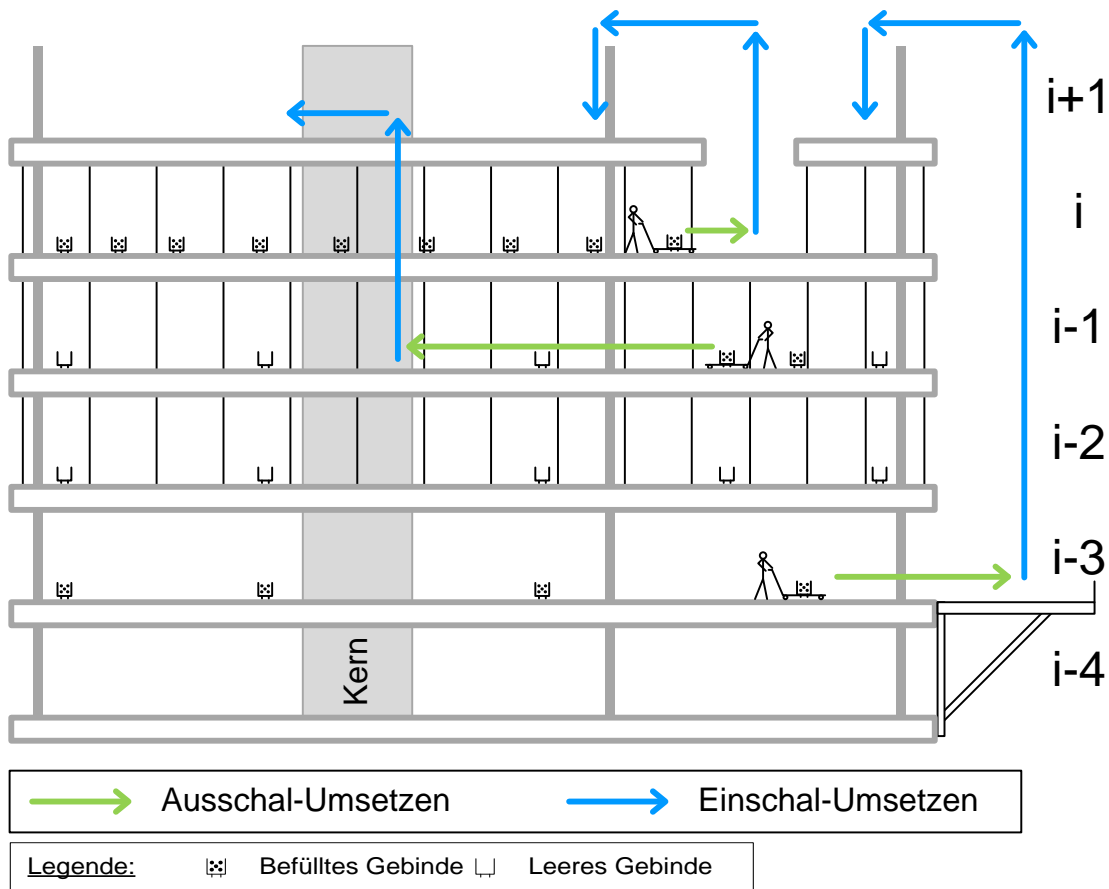
Die mit dem Umsetzen der Schalung verbundenen Tätigkeiten werden am günstigsten in die folgenden zwei Elementarprozessgruppen aufgeteilt:

- Elementarprozessgruppe Ausschal-Umsetzen:  
Dieser Elementarprozessgruppe werden alle Umsetz-Tätigkeiten zugeordnet, die dem Ausschalen direkt folgen. Diese Umsetz-Tätigkeiten erfolgen nur in horizontaler Ebene, entweder mit einem Verschiebegerät (z.B. einer Hubameise) oder mit am Gebinde bzw. an der Schalungseinheit befestigten Rollen. Die Abgrenzung zur nächsten Elementarprozessgruppe (Einschal-Umsetzen) stellt der Zeitpunkt dar, an dem das Vertikal-Umsetzen beginnt. Grüne Pfeile in Bild 9 stellen das Ausschal-Umsetzen dar.
- Elementarprozessgruppe Einschal-Umsetzen:  
Alle Tätigkeiten ab der ersten Vertikal-Umsetzen-Tätigkeit werden der Elementarprozessgruppe Einschal-Umsetzen zugeordnet. Die nachfolgenden vertikalen und auch horizontalen Umsetz-Tätigkeiten bis zur Übergabe der Schalungseinheit an die Einschalequipe werden der Elementarprozessgruppe Einschal-Umsetzen zugeordnet. Bei der Systemträgerschalung werden die Umsetz-Tätigkeiten mit dem Kran in der Elementarprozessgruppe Einschal-Umsetzen erfasst (blaue Pfeile in Bild 9).

Die Elementarprozessgruppe Ausschal-Umsetzen wird noch dem Modulprozess „Decke über Ebene i“ zugeordnet, wohingegen die Elementarprozessgruppe Einschal-Umsetzen bereits dem nachfolgenden Modulprozess „Decke über Ebene i+1“ eingegliedert wird.

In Analogie zu den Elementarprozessen der Elementarprozessgruppe Ausschalen berücksichtigt die Elementarprozessgruppe Ausschal-Umsetzen im Modulprozess „Decke über Ebene i“ Elementarprozesse auf den Ebenen i, i-1 und i-3 (siehe Bild 9).

Auf der Ebene i werden diejenigen Schalungsgebäude horizontal zur Deckenöffnung umgesetzt, die zuvor in den Elementarprozessen Regel-Ausschalen und Ausschalen Sonderarbeiten zusammengestellt wurden. Auf der Ebene i-1 werden die Schalungsgebäude umgesetzt, die beim Ausschalen der Deckenöffnung zusammengestellt wurden. Die Schalungsgebäude, gefüllt mit den Hilfsstützen von Ebene i-3, werden auf die am Gebäuderand montierte Hilfsbühne verschoben.



**Bild 9: Elementarprozessgruppen Ausschal-Umsetzen (Modulprozess i) und Einschal-Umsetzen (Modulprozess i+i) bei Systemträgerschalungen (Decke)**

Die Elementarprozessgruppe Ausschal-Umsetzen setzt sich aus den folgenden drei Elementarprozessen zusammen:

$$T_{EPG:A-Um,MP:i}^{Theo,D,STS} = \{ T_{A-Um,Re,i}^{Theo,D,STS}; T_{A-Um,Dö,i-1}^{Theo,D,STS}; T_{A-Um,HS,i-3}^{Theo,D,STS} \}$$

$T_{EPG:A-Um,MP:i}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Elementarprozessgruppendauer für das Ausschal-Umsetzen ( $EPG:A-Um$ ) bei Systemträgerschalungen ( $STS$ ) bei Decken ( $D$ ) bezogen auf den Modulprozess „Decke über Ebene  $i$ “ [min]

$T_{A-Um,Re,i}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das Ausschal-Umsetzen des Regel-Ausschalens ( $A-Um,Re$ ) bei Systemträgerschalungen ( $STS$ ) der Decke ( $D$ ) über der Ebene  $i$  [min]

$T_{A-Um,Dö,i-1}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das Ausschal-Umsetzen der Schalungseinheiten der Deckenöffnung ( $A-Um,Dö$ ) über der Ebene  $i-1$  bei Systemträgerschalungen ( $STS$ ) [min]

$T_{A-Um,HS,i-3}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das [min]  
Ausschal-Umsetzen der Hilfsunterstützungen (*A-Um,HS*) der  
Systemträgerschalungen (*STS*) der Decke (*D*) über der Ebene *i-3*

#### 5.1.2.1 Elementarprozess Ausschal-Umsetzen des Regel-Ausschalens

Im Elementarprozess Ausschal-Umsetzen des Regelausschalens werden die auf der Ebene *i* verteilten Gebinde entweder mittels Hubameise oder mit an dem Gebinde befestigten Rollen zur Deckenöffnung verschoben. Pro Gebinde ist hier üblicherweise nur eine Person notwendig. Die durchschnittliche theoretische Verschiebegeschwindigkeit  $v_{A-Um}^{Theo,D,STS}$  liegt zwischen 3 und 5 km/h (Schrittgeschwindigkeit) bzw. 50 und 80 m/min und muss in der Baupraxis für das jeweilige Verschiebegerät für die beiden Beladezustände voll und leer ermittelt bzw. gemessen werden:

$v_{A-Um,v}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Verschiebegeschwindigkeit *v* für das [m / min]  
Ausschal-Umsetzen (*A-Um*) bei Systemträger-  
schalungen (*STS*) im Beladezustand voll (*v*)

$v_{A-Um,l}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Verschiebegeschwindigkeit *v* für das [m / min]  
Ausschal-Umsetzen (*A-Um*) bei Systemträger-  
schalungen (*STS*) im Beladezustand leer (*l*)

Die Verschiebegeschwindigkeit ist u.a. davon abhängig, auf welche Weise die Gebinde bzw. Schalungseinheiten verschoben werden:

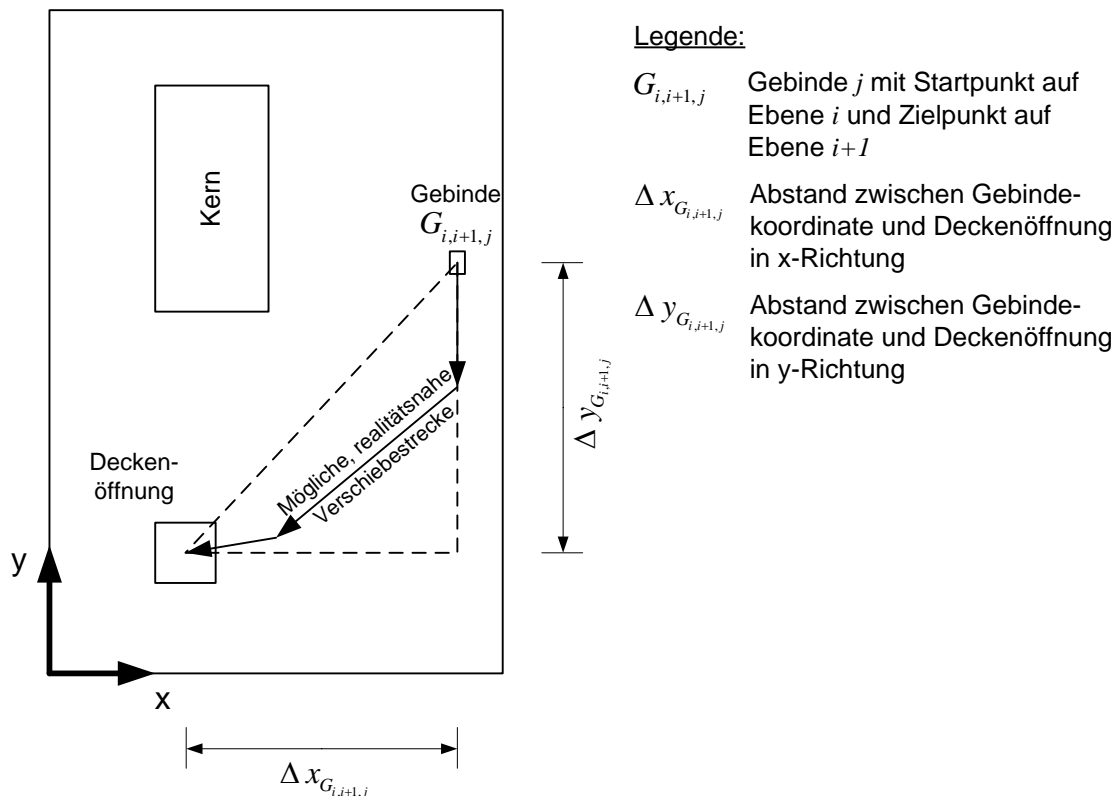
- Mittels am Gebinde befestigte Rollen
- Hubameise (ohne Antrieb)
- Elektrische Hubameise

Zur Bestimmung der notwendigen Wege/Strecken vom Gebindestandort zur Deckenöffnung ist es notwendig, auf die Ebene ein x-y-Koordinatensystem zu legen. Der Ursprung dieses Koordinatensystems sollte sich an einer der Grundrissaussenecken befinden.

Den exakten Weg vorherzusagen, den der Arbeiter mit dem Umsetzwagen wählen wird, ist praktisch nicht möglich. Stützen, andere Gebinde und sonstige Hindernisse verhindern im Regelfall den Umsetzweg als direkten Weg zwischen Startposition und Deckenöffnung. Durch die meist rasterförmige Anordnung der Stützen ist oftmals ein Umsetzen in x-Richtung oder y-Richtung naheliegend. Sind Abkürzungen möglich,

eventuell falls bereits einige Stützen demontiert sind, wird der Arbeiter diese Abkürzungen wählen.

Der kürzeste Weg zwischen der Startposition und der Deckenöffnung wird im Regelfall der direkte Weg darstellen (Hypotenuse). Der längste Weg entsteht, wenn sich der Arbeiter mit dem Umsetzwagen nur entlang der Achsen bewegt (Addition der Katheten). Kürzester und längster Weg und auch eine mögliche Verschiebestrecke sind in Bild 10 dargestellt.



**Bild 10: Möglicher Umsetzweg eines Systemträgerschalungsgebundes  $G_{i,i+1,j}$  (Regelfall)**

Um die Realität ausreichend genau abzubilden, wird der Mittelwert von kürzestem und längstem Weg ermittelt:

$$S_{G_{i,i+1,j}}^{D,STS} = \frac{S_{Max,G_{i,i+1,j}}^{D,STS} + S_{Min,G_{i,i+1,j}}^{D,STS}}{2}$$

$S_{G_{i,i+1,j}}^{D,STS}$  = Mittlere Verschiebestrecke  $s$  des Gebäude  $j$  mit Startpunkt auf Ebene  $i$  und Zielpunkt auf Ebene  $i+1$ , gefüllt mit Systemträgerschalung (STS) [m]

$G_{i,i+1,j}$  = Gebäude  $j$  mit Startpunkt auf Ebene  $i$  und Zielpunkt auf Ebene  $i+1$  [-]



$s_{Max,G_{i,j+1,j}}^{D,STS}$  = Maximale Verschiebestrecke  $s$  des Gebinde  $j$  mit Startpunkt  $[m]$  auf Ebene  $i$  und Zielpunkt auf Ebene  $i+1$ , gefüllt mit Systemträgerschalung (STS)

$s_{Min,G_{i,j+1,j}}^{D,STS}$  = Minimale Verschiebestrecke  $s$  des Gebinde  $j$  mit Startpunkt  $[m]$  auf Ebene  $i$  und Zielpunkt auf Ebene  $i+1$ , gefüllt mit Systemträgerschalung (STS)

Für die spezifische Zuordnung der Gebinde wird die folgende Terminologie für die Gebinde festgelegt:

$G_{Startebene,Zielebene,Laufindex}$  z.B.:  $G_{i,i+1,j}$

Auf der Startebene wird das Gebinde nach dem Ausschalen befüllt. Auf der Zielebene wird das Gebinde beim Einschalen entladen. Zur Identifikation der verschiedenen Gebinde auf einer Ebene wird der Laufindex  $j$  eingeführt. Diese Bezeichnung bzw. Zuordnung der Gebinde besitzt sowohl für das Ausschalen-Umsetzen wie auch für das Einschalen-Umsetzen Gültigkeit.

Für den Regelfall (wie in Bild 10 dargestellt) ergibt sich der Mittelwert aus der Addition von Hypotenuse und der Summe der beiden Katheten und einer anschließenden Division durch zwei:

$$s_{G_{i,j+1,j}}^{D,STS} = \frac{s_{Max,G_{i,j+1,j}}^{D,STS} + s_{Min,G_{i,j+1,j}}^{D,STS}}{2} = \frac{(\Delta y_{G_{i,j+1,j}} + \Delta x_{G_{i,j+1,j}}) + \left( \sqrt{(\Delta y_{G_{i,j+1,j}})^2 + (\Delta x_{G_{i,j+1,j}})^2} \right)}{2}$$

mit  $\Delta y_{G_{i,j+1,j}} = |y_{G_{i,j+1,j}} - y_{D\delta}|$  und  $\Delta x_{G_{i,j+1,j}} = |x_{G_{i,j+1,j}} - x_{D\delta}|$

$s_{G_{i,j+1,j}}^{D,STS}$  = Mittlere Verschiebestrecke  $s$  des Gebinde  $j$  mit Startpunkt  $[m]$  auf Ebene  $i$  und Zielpunkt auf Ebene  $i+1$ , gefüllt mit Systemträgerschalung (STS)

$G_{i,i+1,j}$  = Gebinde  $j$  mit Startpunkt auf Ebene  $i$  und Zielpunkt  $[-]$  auf Ebene  $i+1$

$s_{Max,G_{i,j+1,j}}^{D,STS}$  = Maximale Verschiebestrecke  $s$  des Gebinde  $j$  mit Startpunkt  $[m]$  auf Ebene  $i$  und Zielpunkt auf Ebene  $i+1$ , gefüllt mit Systemträgerschalung (STS)

$s_{Min,G_{i,j+1,j}}^{D,STS}$  = Minimale Verschiebestrecke  $s$  des Gebinde  $j$  mit Startpunkt  $[m]$  auf Ebene  $i$  und Zielpunkt auf Ebene  $i+1$ , gefüllt mit

Systemträgerschalung (STS)

- $x_{G_{i,j+1}}$  = x-Koordinate des Gebinde  $j$  auf Ebene  $i$  [m]
- $y_{G_{i,j+1}}$  = y-Koordinate des Gebinde  $j$  auf Ebene  $i$  [m]
- $x_{D\ddot{o}}$  = x-Koordinate des Mittelpunktes der Deckenöffnung [m]
- $y_{D\ddot{o}}$  = y-Koordinate des Mittelpunktes der Deckenöffnung [m]

Die Regelfalllösung kann nicht angewendet werden, wenn die direkte Verbindung zwischen Startposition Gebinde und Deckenöffnung durch den Kern gehen würde. Die aus dieser Konstellation entstehenden unvermeidbaren Umwege werden in einem modifizierten Wert  $s_{Min,G_{i,j+1}}^{D,STS}$  berücksichtigt. Der längste mögliche Weg  $s_{Max,G_{i,j+1}}^{D,STS}$  muss bei einer geringen Anzahl von Sonderfällen ebenfalls modifiziert werden.

Zur Beschreibung der Sonderfälle wird die Geschossfläche in neun Teilflächen unterteilt (siehe Bild 11). Dabei werden die Eckflächen mit E1 bis E4 bezeichnet, die anderen Flächen mit A bis D. Die Ecken des Kerns werden durchnummeriert von K1 bis K4. Bei der Ermittlung der Wege wird stets mit dem Mittelpunkt bzw. Schwerpunkt des Gebindes bzw. der Deckenöffnung gerechnet. Um die Ausdehnung des Gebindes in Breite und Länge zu berücksichtigen werden die Kerneckkoordinaten modifiziert. Hierfür wird ein Abstand  $\Delta K^*$  von der Kernaussenseite bis zur Schwerpunktachse des Gebindeweges angenommen. Sinnvolle Annahmen belaufen sich hier zwischen zwei und fünf Metern. Nach der Festlegung von  $\Delta K^*$  werden die Koordinaten von  $K1^*$  bis  $K4^*$  berechnet. Auf diesen Festlegungen werden die nachfolgend beschriebenen Sonderfälle aufgebaut.

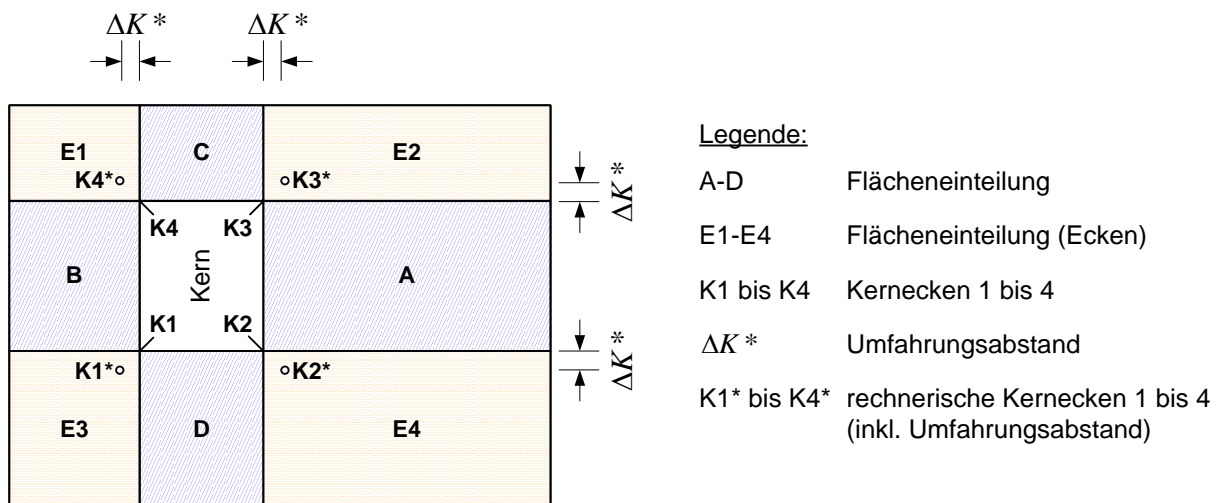


Bild 11: Flächenaufteilung

Der Hinweg von der Deckenöffnung zum Abstellpunkt des Gebindes ist der gleiche wie der Rückweg vom Abstellpunkt zur Deckenöffnung. Wenn ein Sonderfall eintritt,

so ist dieser sowohl für Hin- wie auch für Rückweg zu untersuchen. Für die weitere Betrachtung werden die beiden Abkürzungen SP und ZP eingeführt. SP steht in diesem Zusammenhang für Startposition, ZP für Zielposition. Beim Hinweg ist der Startpunkt die Deckenöffnung, der Zielpunkt der Abstellpunkt des Gebindes. Beim Rückweg ist dies dann genau umgekehrt (Abstellpunkt ist SP, Deckenöffnung ist ZP).

In der Tabelle 1 ist die Fallunterscheidung dargestellt, die notwendig ist, wenn  $s_{min}$  berechnet werden soll.

Sowohl für die Startposition, wie auch für die Zielposition wird zuerst ermittelt, in welcher Fläche gemäss Flächenaufteilung in Bild 11 sich diese befinden. Anhand dieser Zuordnung kann dann die Fallunterscheidung in Tabelle 1 durchgeführt werden. In der ersten Zeile der Tabelle 1 sind die Fälle dargestellt, die durch die Lage der beiden Punkte (Startpunkt und Zielpunkt) keinen Sonderfall darstellen. Bei diesen Konstellationen ist es nicht möglich, dass der Verbindungsweg zwischen SP und ZP durch den Kern gehen könnte. Bei allen anderen Fällen besteht entweder die Möglichkeit, dass der Kern geschnitten werden könnte (z. B. Fall D-B) oder durch die Lage von SP und ZP ist klar, dass der direkte Weg nicht möglich ist (z. B. Fall B-A). Bei den Fällen, in denen der Kern geschnitten werden könnte, wird  $\sigma_{i,j}$  ermittelt. Hierbei wird die Richtung zur Kernecke mit der Richtung zum Zielpunkt verglichen. Geht der direkte Weg tatsächlich durch den Kern, gibt Tabelle 1 an, welche zusätzlichen Berechnungen für  $s_{Min}$  erforderlich sind.

SP-ZP	Potentielle Kernecke(n)	Berechnung $s_{Min}^{D,STS}$
A-E2;E2-A A-E4;E4-A B-E1;E1-B B-E3;E3-B C-E1;E1-C C-E2;E2-C D-E3;E3-D D-E4;E4-D E1-E2;E2-E1 E2-E4;E4-E2 E3-E1;E1-E3 E4-E3;E3-E4	Keine	$s_{Min, G_{i,i+1,j}}^{D,STS} = \overline{SP ZP}$
D-B	$K1^*$ $\rightarrow \sigma_{i,i+1,j} = \frac{y_{K1^*} - y_{SP}}{x_{K1^*} - x_{SP}} - \frac{y_{ZP} - y_{SP}}{x_{ZP} - x_{SP}}$	$\sigma_{i,i+1,j} > 0 \rightarrow s_{Min, G_{i,i+1,j}}^{D,STS} = \overline{SP K1^*} + \overline{K1^* ZP}$ $\sigma_{i,i+1,j} \leq 0 \rightarrow s_{Min, G_{i,i+1,j}}^{D,STS} = \overline{SP ZP}$
B-D	$K1^*$ $\rightarrow \sigma_{i,i+1,j} = \frac{y_{K1^*} - y_{SP}}{x_{K1^*} - x_{SP}} - \frac{y_{ZP} - y_{SP}}{x_{ZP} - x_{SP}}$	$\sigma_{i,i+1,j} < 0 \rightarrow s_{Min, G_{i,i+1,j}}^{D,STS} = \overline{SP K1^*} + \overline{K1^* ZP}$ $\sigma_{i,i+1,j} \geq 0 \rightarrow s_{Min, G_{i,i+1,j}}^{D,STS} = \overline{SP ZP}$
D-E1	$K1^* \text{ oder } K2^* - K3^*$ $\rightarrow \sigma_{i,i+1,j} = \frac{y_{K1^*} - y_{SP}}{x_{K1^*} - x_{SP}} - \frac{y_{ZP} - y_{SP}}{x_{ZP} - x_{SP}}$	$\sigma_{i,i+1,j} > 0 \rightarrow s_{Min, G_{i,i+1,j}}^{D,STS} = \min \left( \overline{SP K1^*} + \overline{K1^* ZP}; \overline{SP K2^*} + \overline{K2^* K3^*} + \overline{K3^* ZP} \right)$ $\sigma_{i,i+1,j} \leq 0 \rightarrow s_{Min, G_{i,i+1,j}}^{D,STS} = \overline{SP ZP}$
E1-D	$K1^* \text{ oder } K3^* - K2^*$ $\rightarrow \sigma_{i,i+1,j} = \frac{y_{K1^*} - y_{SP}}{x_{K1^*} - x_{SP}} - \frac{y_{ZP} - y_{SP}}{x_{ZP} - x_{SP}}$	$\sigma_{i,i+1,j} < 0 \rightarrow s_{Min, G_{i,i+1,j}}^{D,STS} = \min \left( \overline{SP K1^*} + \overline{K1^* ZP}; \overline{SP K3^*} + \overline{K3^* K2^*} + \overline{K2^* ZP} \right)$ $\sigma_{i,i+1,j} \geq 0 \rightarrow s_{Min, G_{i,i+1,j}}^{D,STS} = \overline{SP ZP}$
E4-B	$K1^* \text{ oder } K3^* - K4^*$ $\rightarrow \sigma_{i,i+1,j} = \frac{y_{K1^*} - y_{SP}}{x_{K1^*} - x_{SP}} - \frac{y_{ZP} - y_{SP}}{x_{ZP} - x_{SP}}$	$\sigma_{i,i+1,j} > 0 \rightarrow s_{Min, G_{i,i+1,j}}^{D,STS} = \min \left( \overline{SP K1^*} + \overline{K1^* ZP}; \overline{SP K3^*} + \overline{K3^* K4^*} + \overline{K4^* ZP} \right)$ $\sigma_{i,i+1,j} \leq 0 \rightarrow s_{Min, G_{i,i+1,j}}^{D,STS} = \overline{SP ZP}$

SP-ZP	Potentielle Kernecke(n)	Berechnung $s_{Min}^{D,STS}$
B-E4	$K1^*$ oder $K4^* - K3^*$ $\rightarrow \sigma_{i,i+1,j} = \frac{y_{K1^*} - y_{SP}}{x_{K1^*} - x_{SP}} - \frac{y_{ZP} - y_{SP}}{x_{ZP} - x_{SP}}$	$\sigma_{i,i+1,j} < 0 \rightarrow s_{Min, G_{i,i+1,j}}^{D,STS} =$ $= \text{Min} \left( \begin{array}{l} \left  \overline{SP K1^*} \right  + \left  \overline{K1^* ZP} \right ; \\ \left  \overline{SP K4^*} \right  + \left  \overline{K4^* K3^*} \right  + \left  \overline{K3^* ZP} \right  \end{array} \right)$ $\sigma_{i,i+1,j} \geq 0 \rightarrow s_{Min, G_{i,i+1,j}}^{D,STS} = \left  \overline{SP ZP} \right $
A-D	$K2^*$ $\rightarrow \sigma_{i,i+1,j} = \frac{y_{K2^*} - y_{SP}}{x_{K2^*} - x_{SP}} - \frac{y_{ZP} - y_{SP}}{x_{ZP} - x_{SP}}$	$\sigma_{i,i+1,j} > 0 \rightarrow s_{Min, G_{i,i+1,j}}^{D,STS} = \left  \overline{SP K2^*} \right  + \left  \overline{K2^* ZP} \right $ $\sigma_{i,i+1,j} \leq 0 \rightarrow s_{Min, G_{i,i+1,j}}^{D,STS} = \left  \overline{SP ZP} \right $
D-A	$K2^*$ $\rightarrow \sigma_{i,i+1,j} = \frac{y_{K2^*} - y_{SP}}{x_{K2^*} - x_{SP}} - \frac{y_{ZP} - y_{SP}}{x_{ZP} - x_{SP}}$	$\sigma_{i,i+1,j} < 0 \rightarrow s_{Min, G_{i,i+1,j}}^{D,STS} = \left  \overline{SP K2^*} \right  + \left  \overline{K2^* ZP} \right $ $\sigma_{i,i+1,j} \geq 0 \rightarrow s_{Min, G_{i,i+1,j}}^{D,STS} = \left  \overline{SP ZP} \right $
A-E3	$K2^*$ oder $K3^* - K4^*$ $\rightarrow \sigma_{i,i+1,j} = \frac{y_{K2^*} - y_{SP}}{x_{K2^*} - x_{SP}} - \frac{y_{ZP} - y_{SP}}{x_{ZP} - x_{SP}}$	$\sigma_{i,i+1,j} > 0 \rightarrow s_{Min, G_{i,i+1,j}}^{D,STS} =$ $= \text{Min} \left( \begin{array}{l} \left  \overline{SP K2^*} \right  + \left  \overline{K2^* ZP} \right ; \\ \left  \overline{SP K3^*} \right  + \left  \overline{K3^* K4^*} \right  + \left  \overline{K4^* ZP} \right  \end{array} \right)$ $\sigma_{i,i+1,j} \leq 0 \rightarrow s_{Min, G_{i,i+1,j}}^{D,STS} = \left  \overline{SP ZP} \right $
E3-A	$K2^*$ oder $K4^* - K3^*$ $\rightarrow \sigma_{i,i+1,j} = \frac{y_{K2^*} - y_{SP}}{x_{K2^*} - x_{SP}} - \frac{y_{ZP} - y_{SP}}{x_{ZP} - x_{SP}}$	$\sigma_{i,i+1,j} < 0 \rightarrow s_{Min, G_{i,i+1,j}}^{D,STS} =$ $= \text{Min} \left( \begin{array}{l} \left  \overline{SP K2^*} \right  + \left  \overline{K2^* ZP} \right ; \\ \left  \overline{SP K4^*} \right  + \left  \overline{K4^* K3^*} \right  + \left  \overline{K3^* ZP} \right  \end{array} \right)$ $\sigma_{i,i+1,j} \geq 0 \rightarrow s_{Min, G_{i,i+1,j}}^{D,STS} = \left  \overline{SP ZP} \right $
E2-D	$K2^*$ oder $K4^* - K1^*$ $\rightarrow \sigma_{i,i+1,j} = \frac{y_{K2^*} - y_{SP}}{x_{K2^*} - x_{SP}} - \frac{y_{ZP} - y_{SP}}{x_{ZP} - x_{SP}}$	$\sigma_{i,i+1,j} > 0 \rightarrow s_{Min, G_{i,i+1,j}}^{D,STS} =$ $= \text{Min} \left( \begin{array}{l} \left  \overline{SP K2^*} \right  + \left  \overline{K2^* ZP} \right ; \\ \left  \overline{SP K4^*} \right  + \left  \overline{K4^* K1^*} \right  + \left  \overline{K1^* ZP} \right  \end{array} \right)$ $\sigma_{i,i+1,j} \leq 0 \rightarrow s_{Min, G_{i,i+1,j}}^{D,STS} = \left  \overline{SP ZP} \right $
D-E2	$K2^*$ oder $K1^* - K4^*$ $\rightarrow \sigma_{i,i+1,j} = \frac{y_{K2^*} - y_{SP}}{x_{K2^*} - x_{SP}} - \frac{y_{ZP} - y_{SP}}{x_{ZP} - x_{SP}}$	$\sigma_{i,i+1,j} < 0 \rightarrow s_{Min, G_{i,i+1,j}}^{D,STS} =$ $= \text{Min} \left( \begin{array}{l} \left  \overline{SP K2^*} \right  + \left  \overline{K2^* ZP} \right ; \\ \left  \overline{SP K1^*} \right  + \left  \overline{K1^* K4^*} \right  + \left  \overline{K4^* ZP} \right  \end{array} \right)$ $\sigma_{i,i+1,j} \geq 0 \rightarrow s_{Min, G_{i,i+1,j}}^{D,STS} = \left  \overline{SP ZP} \right $
C-A	$K3^*$ $\rightarrow \sigma_{i,i+1,j} = \frac{y_{K3^*} - y_{SP}}{x_{K3^*} - x_{SP}} - \frac{y_{ZP} - y_{SP}}{x_{ZP} - x_{SP}}$	$\sigma_{i,i+1,j} > 0 \rightarrow s_{Min, G_{i,i+1,j}}^{D,STS} = \left  \overline{SP K3^*} \right  + \left  \overline{K3^* ZP} \right $ $\sigma_{i,i+1,j} \leq 0 \rightarrow s_{Min, G_{i,i+1,j}}^{D,STS} = \left  \overline{SP ZP} \right $
<b>SP-ZP</b>	<b>Potentielle Kernecke(n)</b>	<b>Berechnung <math>s_{Min}^{D,STS}</math></b>

<p>A-C</p>	<p><math>K3^*</math>  <math>\rightarrow \sigma_{i,i+1,j} = \frac{y_{K3^*} - y_{SP}}{x_{K3^*} - x_{SP}} - \frac{y_{ZP} - y_{SP}}{x_{ZP} - x_{SP}}</math></p>	<p><math>\sigma_{i,i+1,j} &lt; 0 \rightarrow s_{Min,G_{i,i+1,j}}^{D,STS} = \left  \overline{SP K3^*} \right  + \left  \overline{K3^* ZP} \right </math>  <math>\sigma_{i,i+1,j} \geq 0 \rightarrow s_{Min,G_{i,i+1,j}}^{D,STS} = \left  \overline{SP ZP} \right </math></p>
<p>E1-A</p>	<p><math>K3^*</math> oder <math>K1^* - K2^*</math>  <math>\rightarrow \sigma_{i,i+1,j} = \frac{y_{K3^*} - y_{SP}}{x_{K3^*} - x_{SP}} - \frac{y_{ZP} - y_{SP}}{x_{ZP} - x_{SP}}</math></p>	<p><math>\sigma_{i,i+1,j} &gt; 0 \rightarrow s_{Min,G_{i,i+1,j}}^{D,STS} =</math>  <math>= \text{Min} \left( \begin{array}{l} \left  \overline{SP K3^*} \right  + \left  \overline{K3^* ZP} \right ; \\ \left  \overline{SP K1^*} \right  + \left  \overline{K1^* K2^*} \right  + \left  \overline{K2^* ZP} \right  \end{array} \right)</math>  <math>\sigma_{i,i+1,j} \leq 0 \rightarrow s_{Min,G_{i,i+1,j}}^{D,STS} = \left  \overline{SP ZP} \right </math></p>
<p>A-E1</p>	<p><math>K3^*</math> oder <math>K2^* - K1^*</math>  <math>\rightarrow \sigma_{i,i+1,j} = \frac{y_{K3^*} - y_{SP}}{x_{K3^*} - x_{SP}} - \frac{y_{ZP} - y_{SP}}{x_{ZP} - x_{SP}}</math></p>	<p><math>\sigma_{i,i+1,j} &lt; 0 \rightarrow s_{Min,G_{i,i+1,j}}^{D,STS} =</math>  <math>= \text{Min} \left( \begin{array}{l} \left  \overline{SP K3^*} \right  + \left  \overline{K3^* ZP} \right ; \\ \left  \overline{SP K2^*} \right  + \left  \overline{K2^* K1^*} \right  + \left  \overline{K1^* ZP} \right  \end{array} \right)</math>  <math>\sigma_{i,i+1,j} \geq 0 \rightarrow s_{Min,G_{i,i+1,j}}^{D,STS} = \left  \overline{SP ZP} \right </math></p>
<p>C-E4</p>	<p><math>K3^*</math> oder <math>K4^* - K1^*</math>  <math>\rightarrow \sigma_{i,i+1,j} = \frac{y_{K3^*} - y_{SP}}{x_{K3^*} - x_{SP}} - \frac{y_{ZP} - y_{SP}}{x_{ZP} - x_{SP}}</math></p>	<p><math>\sigma_{i,i+1,j} &gt; 0 \rightarrow s_{Min,G_{i,i+1,j}}^{D,STS} =</math>  <math>= \text{Min} \left( \begin{array}{l} \left  \overline{SP K3^*} \right  + \left  \overline{K3^* ZP} \right ; \\ \left  \overline{SP K4^*} \right  + \left  \overline{K4^* K1^*} \right  + \left  \overline{K1^* ZP} \right  \end{array} \right)</math>  <math>\sigma_{i,i+1,j} \leq 0 \rightarrow s_{Min,G_{i,i+1,j}}^{D,STS} = \left  \overline{SP ZP} \right </math></p>
<p>E4-C</p>	<p><math>K3^*</math> oder <math>K1^* - K4^*</math>  <math>\rightarrow \sigma_{i,i+1,j} = \frac{y_{K3^*} - y_{SP}}{x_{K3^*} - x_{SP}} - \frac{y_{ZP} - y_{SP}}{x_{ZP} - x_{SP}}</math></p>	<p><math>\sigma_{i,i+1,j} &lt; 0 \rightarrow s_{Min,G_{i,i+1,j}}^{D,STS} =</math>  <math>= \text{Min} \left( \begin{array}{l} \left  \overline{SP K3^*} \right  + \left  \overline{K3^* ZP} \right ; \\ \left  \overline{SP K1^*} \right  + \left  \overline{K1^* K4^*} \right  + \left  \overline{K4^* ZP} \right  \end{array} \right)</math>  <math>\sigma_{i,i+1,j} \geq 0 \rightarrow s_{Min,G_{i,i+1,j}}^{D,STS} = \left  \overline{SP ZP} \right </math></p>
<p>B-C</p>	<p><math>K4^*</math>  <math>\rightarrow \sigma_{i,i+1,j} = \frac{y_{K4^*} - y_{SP}}{x_{K4^*} - x_{SP}} - \frac{y_{ZP} - y_{SP}}{x_{ZP} - x_{SP}}</math></p>	<p><math>\sigma_{i,i+1,j} &gt; 0 \rightarrow s_{Min,G_{i,i+1,j}}^{D,STS} = \left  \overline{SP K4^*} \right  + \left  \overline{K4^* ZP} \right </math>  <math>\sigma_{i,i+1,j} \leq 0 \rightarrow s_{Min,G_{i,i+1,j}}^{D,STS} = \left  \overline{SP ZP} \right </math></p>
<p>C-B</p>	<p><math>K4^*</math>  <math>\rightarrow \sigma_{i,i+1,j} = \frac{y_{K4^*} - y_{SP}}{x_{K4^*} - x_{SP}} - \frac{y_{ZP} - y_{SP}}{x_{ZP} - x_{SP}}</math></p>	<p><math>\sigma_{i,i+1,j} &lt; 0 \rightarrow s_{Min,G_{i,i+1,j}}^{D,STS} = \left  \overline{SP K4^*} \right  + \left  \overline{K4^* ZP} \right </math>  <math>\sigma_{i,i+1,j} \geq 0 \rightarrow s_{Min,G_{i,i+1,j}}^{D,STS} = \left  \overline{SP ZP} \right </math></p>
<p>B-E2</p>	<p><math>K4^*</math> oder <math>K1^* - K2^*</math>  <math>\rightarrow \sigma_{i,i+1,j} = \frac{y_{K4^*} - y_{SP}}{x_{K4^*} - x_{SP}} - \frac{y_{ZP} - y_{SP}}{x_{ZP} - x_{SP}}</math></p>	<p><math>\sigma_{i,i+1,j} &gt; 0 \rightarrow s_{Min,G_{i,i+1,j}}^{D,STS} =</math>  <math>= \text{Min} \left( \begin{array}{l} \left  \overline{SP K4^*} \right  + \left  \overline{K4^* ZP} \right ; \\ \left  \overline{SP K1^*} \right  + \left  \overline{K1^* K2^*} \right  + \left  \overline{K2^* ZP} \right  \end{array} \right)</math>  <math>\sigma_{i,i+1,j} \leq 0 \rightarrow s_{Min,G_{i,i+1,j}}^{D,STS} = \left  \overline{SP ZP} \right </math></p>

<b>SP-ZP</b>	<b>Potentielle Kernecke(n)</b>	<b>Berechnung <math>s_{Min}</math></b>
--------------	--------------------------------	--

<p><i>E2-B</i></p>	<p><math>K4^*</math> oder <math>K2^* - K1^*</math></p> $\rightarrow \sigma_{i,i+1,j} = \frac{y_{K4^*} - y_{SP}}{x_{K4^*} - x_{SP}} - \frac{y_{ZP} - y_{SP}}{x_{ZP} - x_{SP}}$	$\sigma_{i,i+1,j} < 0 \rightarrow s_{Min,G_{i,i+1,j}}^{D,STS} = \left( \begin{array}{l} \left  \overrightarrow{SP K4^*} \right  + \left  \overrightarrow{K4^* ZP} \right ; \\ \left  \overrightarrow{SP K2^*} \right  + \left  \overrightarrow{K2^* K1^*} \right  + \left  \overrightarrow{K1^* ZP} \right  \end{array} \right)$ $\sigma_{i,i+1,j} \geq 0 \rightarrow s_{Min,G_{i,i+1,j}}^{D,STS} = \left  \overrightarrow{SP ZP} \right $
<p><i>E3-C</i></p>	<p><math>K4^*</math> oder <math>K2^* - K3^*</math></p> $\rightarrow \sigma_{i,i+1,j} = \frac{y_{K4^*} - y_{SP}}{x_{K4^*} - x_{SP}} - \frac{y_{ZP} - y_{SP}}{x_{ZP} - x_{SP}}$	$\sigma_{i,i+1,j} > 0 \rightarrow s_{Min,G_{i,i+1,j}}^{D,STS} = \left( \begin{array}{l} \left  \overrightarrow{SP K4^*} \right  + \left  \overrightarrow{K4^* ZP} \right ; \\ \left  \overrightarrow{SP K2^*} \right  + \left  \overrightarrow{K2^* K3^*} \right  + \left  \overrightarrow{K3^* ZP} \right  \end{array} \right)$ $\sigma_{i,i+1,j} \leq 0 \rightarrow s_{Min,G_{i,i+1,j}}^{D,STS} = \left  \overrightarrow{SP ZP} \right $
<p><i>C-E3</i></p>	<p><math>K4^*</math> oder <math>K3^* - K2^*</math></p> $\rightarrow \sigma_{i,i+1,j} = \frac{y_{K4^*} - y_{SP}}{x_{K4^*} - x_{SP}} - \frac{y_{ZP} - y_{SP}}{x_{ZP} - x_{SP}}$	$\sigma_{i,i+1,j} < 0 \rightarrow s_{Min,G_{i,i+1,j}}^{D,STS} = \left( \begin{array}{l} \left  \overrightarrow{SP K4^*} \right  + \left  \overrightarrow{K4^* ZP} \right ; \\ \left  \overrightarrow{SP K3^*} \right  + \left  \overrightarrow{K3^* K2^*} \right  + \left  \overrightarrow{K2^* ZP} \right  \end{array} \right)$ $\sigma_{i,i+1,j} \geq 0 \rightarrow s_{Min,G_{i,i+1,j}}^{D,STS} = \left  \overrightarrow{SP ZP} \right $
<p><i>E3-E2</i></p>	<p><math>K2^*</math> oder <math>K4^*</math></p> $\rightarrow \sigma_{i,i+1,j} = \frac{y_{ZP} - y_{SP}}{x_{ZP} - x_{SP}}$ $\rightarrow \sigma_{i,i+1,j,K2^*} = \frac{y_{K2^*} - y_{SP}}{x_{K2^*} - x_{SP}}$ $\rightarrow \sigma_{i,i+1,j,K4^*} = \frac{y_{K4^*} - y_{SP}}{x_{K4^*} - x_{SP}}$	$\sigma_{i,i+1,j,K2^*} < \sigma_{i,i+1,j} < \sigma_{i,i+1,j,K4^*} \rightarrow s_{Min,G_{i,i+1,j}}^{D,STS} = \left( \begin{array}{l} \left  \overrightarrow{SP K2^*} \right  + \left  \overrightarrow{K2^* ZP} \right ; \\ \left  \overrightarrow{SP K4^*} \right  + \left  \overrightarrow{K4^* ZP} \right  \end{array} \right)$ $\sigma_{i,i+1,j} > \sigma_{i,i+1,j,K2^*} \vee \sigma_{i,i+1,j} < \sigma_{i,i+1,j,K4^*} \rightarrow s_{Min,G_{i,i+1,j}}^{D,STS} = \left  \overrightarrow{SP ZP} \right $
<p><i>E2-E3</i></p>	<p><math>K2^*</math> oder <math>K4^*</math></p> $\rightarrow \sigma_{i,i+1,j} = \frac{y_{ZP} - y_{SP}}{x_{ZP} - x_{SP}}$ $\rightarrow \sigma_{i,i+1,j,K2^*} = \frac{y_{K2^*} - y_{SP}}{x_{K2^*} - x_{SP}}$ $\rightarrow \sigma_{i,i+1,j,K4^*} = \frac{y_{K4^*} - y_{SP}}{x_{K4^*} - x_{SP}}$	$\sigma_{i,i+1,j,K2^*} < \sigma_{i,i+1,j} < \sigma_{i,i+1,j,K4^*} \rightarrow s_{Min,G_{i,i+1,j}}^{D,STS} = \left( \begin{array}{l} \left  \overrightarrow{SP K2^*} \right  + \left  \overrightarrow{K2^* ZP} \right ; \\ \left  \overrightarrow{SP K4^*} \right  + \left  \overrightarrow{K4^* ZP} \right  \end{array} \right)$ $\sigma_{i,i+1,j} > \sigma_{i,i+1,j,K2^*} \vee \sigma_{i,i+1,j} < \sigma_{i,i+1,j,K4^*} \rightarrow s_{Min,G_{i,i+1,j}}^{D,STS} = \left  \overrightarrow{SP ZP} \right $
<p><i>E1-E4</i></p>	<p><math>K1^*</math> oder <math>K3^*</math></p> $\rightarrow \sigma_{i,i+1,j} = \frac{y_{ZP} - y_{SP}}{x_{ZP} - x_{SP}}$ $\rightarrow \sigma_{i,i+1,j,K1^*} = \frac{y_{K1^*} - y_{SP}}{x_{K1^*} - x_{SP}}$ $\rightarrow \sigma_{i,i+1,j,K3^*} = \frac{y_{K3^*} - y_{SP}}{x_{K3^*} - x_{SP}}$	$\sigma_{i,i+1,j,K1^*} < \sigma_{i,i+1,j} < \sigma_{i,i+1,j,K3^*} \rightarrow s_{Min,G_{i,i+1,j}}^{D,STS} = \left( \begin{array}{l} \left  \overrightarrow{SP K1^*} \right  + \left  \overrightarrow{K1^* ZP} \right ; \\ \left  \overrightarrow{SP K3^*} \right  + \left  \overrightarrow{K3^* ZP} \right  \end{array} \right)$ $\sigma_{i,i+1,j} > \sigma_{i,i+1,j,K1^*} \vee \sigma_{i,i+1,j} < \sigma_{i,i+1,j,K3^*} \rightarrow s_{Min,G_{i,i+1,j}}^{D,STS} = \left  \overrightarrow{SP ZP} \right $
<p><b>SP-ZP</b></p>	<p><b>Potentielle Kernecke(n)</b></p>	<p><b>Berechnung <math>s_{Min}</math></b></p>

<i>E4-E1</i>	$K1^* \text{ oder } K3^*$ $\rightarrow \sigma_{i,i+1,j} = \frac{y_{ZP} - y_{SP}}{x_{ZP} - x_{SP}}$ $\rightarrow \sigma_{i,i+1,j,K1^*} = \frac{y_{K1^*} - y_{SP}}{x_{K1^*} - x_{SP}}$ $\rightarrow \sigma_{i,i+1,j,K3^*} = \frac{y_{K3^*} - y_{SP}}{x_{K3^*} - x_{SP}}$	$\sigma_{i,i+1,j,K1^*} < \sigma_{i,i+1,j} < \sigma_{i,i+1,j,K3^*} \rightarrow s_{Min,G_{i,j+1,j}}^{D,STS} =$ $= \text{Min} \left( \frac{ SP K1^*  +  K1^* ZP }{ SP K3^*  +  K3^* ZP } \right);$ $\sigma_{i,i+1,j} > \sigma_{i,i+1,j,K1^*} \vee \sigma_{i,i+1,j} < \sigma_{i,i+1,j,K3^*}$ $\rightarrow s_{Min,G_{i,j+1,j}}^{D,STS} =  SP ZP $
<i>B-A</i>	$K1^*-K2^* \text{ oder } K4^*-K3^*$	$s_{Min,G_{i,j+1,j}}^{D,STS} = \text{Min} \left( \frac{ SP K1^*  +  K1^* K2^*  +  K2^* ZP }{ SP K4^*  +  K4^* K3^*  +  K3^* ZP } \right);$
<i>A-B</i>	$K2^*-K1^* \text{ oder } K3^*-K4^*$	$s_{Min,G_{i,j+1,j}}^{D,STS} = \text{Min} \left( \frac{ SP K2^*  +  K2^* K1^*  +  K1^* ZP }{ SP K3^*  +  K3^* K4^*  +  K4^* ZP } \right);$
<i>C-D</i>	$K4^*-K1^* \text{ oder } K3^*-K2^*$	$s_{Min,G_{i,j+1,j}}^{D,STS} = \text{Min} \left( \frac{ SP K4^*  +  K4^* K1^*  +  K1^* ZP }{ SP K3^*  +  K3^* K2^*  +  K2^* ZP } \right);$
<i>D-C</i>	$K1^*-K4^* \text{ oder } K2^*-K3^*$	$s_{Min,G_{i,j+1,j}}^{D,STS} = \text{Min} \left( \frac{ SP K1^*  +  K1^* K4^*  +  K4^* ZP }{ SP K2^*  +  K2^* K3^*  +  K3^* ZP } \right);$

Tabelle 1: Fallunterscheidung für die Berechnung von  $s_{Min}$

Bei den letzten vier Fällen aus Tabelle 1 ist es für die Ermittlung von  $s_{Max}$  nicht ausreichend die beiden Katheten zu addieren. Da der Kern in jedem Fall im Weg ist, muss auch auf dem langen Weg  $s_{Max}$  eine zusätzliche Berechnung erfolgen. Für die entsprechenden Sonderfälle sind diese Berechnungen in der Tabelle 2 dargestellt:

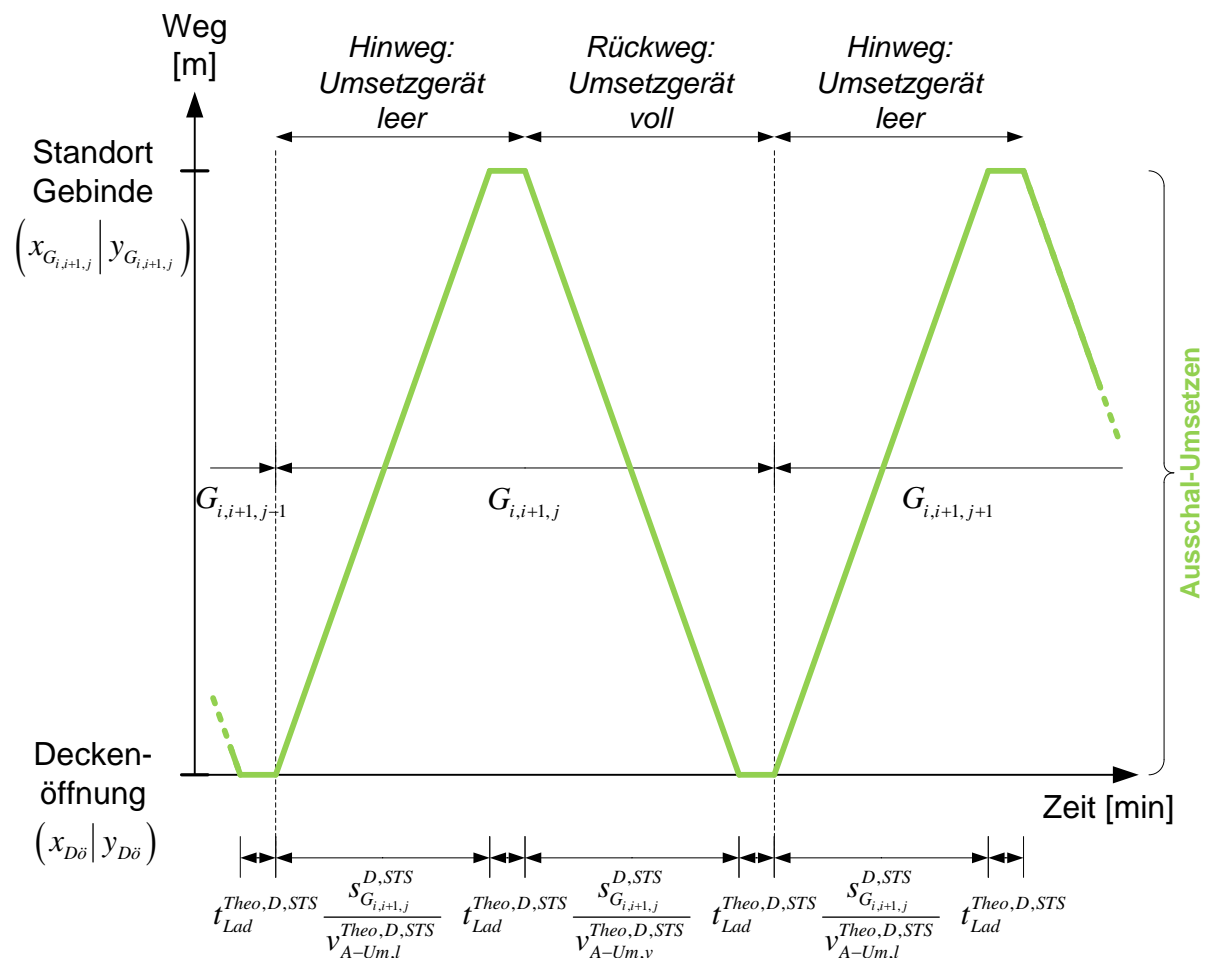
SP-ZP	Berechnung $s_{Max}$
<i>A-B</i> <i>B-A</i>	$s_{Max,G_{i,j+1,j}}^{D,STS} = \left( \Delta y_{G_{i,j+1,j}} + \Delta x_{G_{i,j+1,j}} \right) +$ $+ 2 \cdot \text{Min} \left( (y_{K3^*} - y_{SP}); (y_{K3^*} - y_{ZP}); (y_{SP} - y_{K2^*}); (y_{ZP} - y_{K2^*}) \right)$ $\text{mit } \Delta y_{G_{i,j+1,j}} =  y_{G_{i,j+1,j}} - y_{D\ddot{o}}  \text{ und } \Delta x_{G_{i,j+1,j}} =  x_{G_{i,j+1,j}} - x_{D\ddot{o}} $
<i>C-D</i> <i>D-C</i>	$s_{Max,G_{i,j+1,j}}^{D,STS} = \left( \Delta y_{G_{i,j+1,j}} + \Delta x_{G_{i,j+1,j}} \right) +$ $+ 2 \cdot \text{Min} \left( (x_{K2^*} - x_{SP}); (x_{K2^*} - x_{ZP}); (x_{SP} - x_{K1^*}); (x_{ZP} - x_{K1^*}) \right)$ $\text{mit } \Delta y_{G_{i,j+1,j}} =  y_{G_{i,j+1,j}} - y_{D\ddot{o}}  \text{ und } \Delta x_{G_{i,j+1,j}} =  x_{G_{i,j+1,j}} - x_{D\ddot{o}} $

Tabelle 2: Fallunterscheidung für die Berechnung von  $s_{Max}$



Zur Darstellung der einzelnen Tätigkeiten und zur Visualisierung der geometrischen Zusammenhänge bietet sich ein Zeit-Weg-Diagramm an. In diesem Diagramm wird auf der Abszissenachse (x-Achse) der Zeitfortschritt in Minuten dargestellt. Auf der Ordinatenachse (y-Achse) kann die aktuelle Position der Einheit (Equipe mit Transport-/Umsetzgerät) abgelesen werden.

In Bild 12 ist das Zeit-Weg-Diagramm für den Elementarprozess Ausschal-Umsetzen (Regelausschalen) auf Ebene  $i$  dargestellt. Die Koordinaten der Deckenöffnung sind konstant, jedes Gebinde hat jedoch einen spezifischen Standort. Dieser Standort ist der Punkt, an dem das Gebinde beim Ausschalen befüllt wurde.

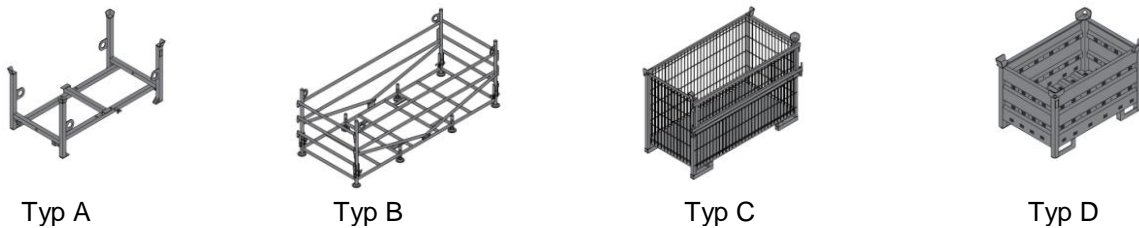


**Bild 12: Zeit-Weg-Diagramm für den Elementarprozess Ausschal-Umsetzen (Regel-Ausschalen) auf Ebene  $i$**

Die theoretische Elementarprozessdauer setzt sich beim Ausschal-Umsetzen aus vier Bestandteilen zusammen. Dies ist im zugehörigen Zeit-Weg-Diagramm (Bild 12) deutlich dargestellt: Verschieben des Umsetzgerätes im leeren Zustand zum Standort des Gebindes  $j$ , Beladen des Umsetzgerätes, Verschieben des Umsetzgerätes im vollen Zustand zurück zur Deckenöffnung und schliesslich Entladen bei der Deckenöffnung. Danach beginnt der Prozess für das nächste Gebinde  $j+1$ .

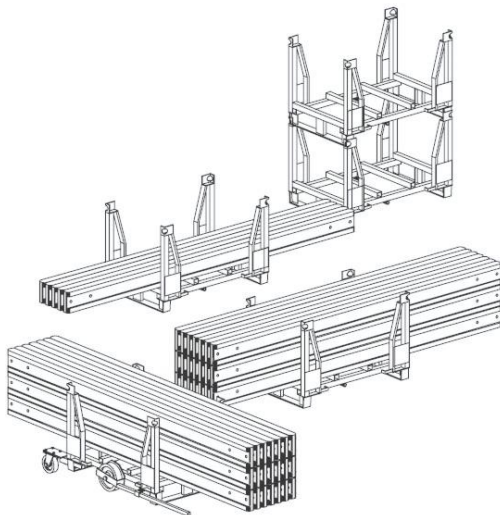
Die Anzahl der pro Geschoss benötigten Gebinde hängt vom gewählten Schalungssystem ab. In Gebinden unterschiedlicher Grösse und Art (Beispiele hierfür siehe Bild 13) können alle Einzelteile der Systemträgerschalung sortenrein oder teilweise gemischt zusammengepackt werden:

- Stapelpaletten für Stützen, Paneele, Träger (Typ A, B)
- Gitterboxen für Stützbeine und Zubehör (Typ C)
- Mehrzweckcontainer für Zubehör (Typ D)



**Bild 13: Mögliche Typen für Gebinde [2]**

In den nachfolgenden Bildern ist dargestellt, wie entweder sortenrein (Bild 14) oder gemischt (Bild 15) in die Stapelpaletten geschichtet werden kann. In den meisten Fällen haben die Gebinde gleiche Abmessungen, so dass diese für Lagerzwecke übereinander gestapelt werden können. Bei den meisten Herstellern gibt es ausserdem Rollensets, die bei Bedarf an den Gebinden befestigt werden können (siehe Bild 14 und Bild 15 ).



**Bild 14: Sortenreine Beladung [13]**



**Bild 15: Gemischte Beladung [9]**

Systemträgerschalungen werden aus den folgenden Systemkomponenten zusammengestellt:

- Schalhaut: Paneele oder Schaltafeln
- Träger: Längs- und Querträger
- Stützen

Art und Menge der Träger und Stützen hängt von der Deckenstärke und der Verkehrslast im Bauzustand ab.

Zudem werden noch weitere Zubehörteile (Stützbeine, Stützenköpfe etc.) benötigt. Nach der Bemessung (Anzahl und Art der Schalungskomponenten) kann die benötigte Menge an den jeweiligen Einzelteilen und Zubehörteilen pro Geschoss bzw. Ebene bestimmt werden.



**Bild 16: Verteilung der Gebinde auf einem Geschoss [9]**

Üblicherweise bleiben die Gebinde in der Zeit nach dem Einschalen so lange auf der Ebene stehen, bis sie beim Ausschalen wieder benötigt werden. Die Paletten und Boxen werden daher auf jeder Ebene so abgestellt, dass sich beim Ein- und Ausschalen möglichst kurze Wege ergeben. Auf Bild 16 sieht man eine Gebindeverteilung aus der Realität.

Zur Bestimmung einer optimalen Gebindeverteilung in der AVOR ist die folgende Berechnung erforderlich. Mit der für ein Geschoss benötigten Menge an Schalungselementen  $n_s$  und dem Ladefaktor  $k_{L,S}$  kann der jeweilige spezifische Gebindebedarfskoeffizient  $\delta_s$  berechnet werden:

$$\delta_s = \frac{n_s}{A_i^D \cdot k_{L,S}} \text{ mit } S = \left\{ S \mid S = \begin{bmatrix} \text{Paneele / Schalttafeln} \\ \text{Jochträger} \\ \text{Querträger} \\ \text{Stützen} \\ \text{Stützbeine} \\ \text{Zubehör} \end{bmatrix} \right\}$$

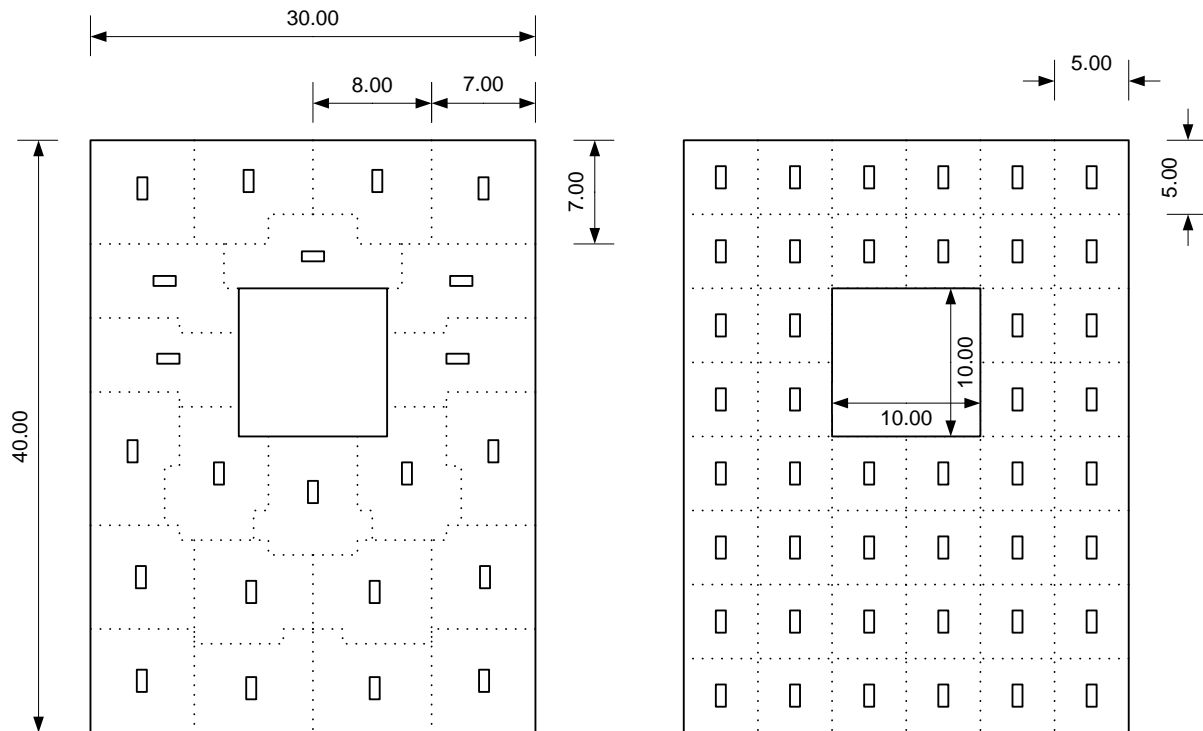
$\delta_s$	= spezifischer Gebindebedarfskoeffizient	$[1/m^2]$
$n_s$	= pro Geschoss benötigte Menge an Schalungselementen $S$	$[-]$
$A_i^D$	= zu schalende Fläche $A$ (Decke der Ebene $i$ )	$[m^2]$
$k_{L,S}$	= Ladefaktor = $f$ (Tragfähigkeit; Stapelbarkeit) z.B. 30 Stützen pro Gebinde	$[-]$

Um die Verteilung der Gebinde auf der Geschossfläche zu ermitteln, wird mit Hilfe des Kehrwertes des Gebindebedarfskoeffizienten der Gebindeeinzugsbereich ermittelt:

$$a_{Geb}^S = \frac{1}{\delta_s}$$

$a_{Geb}^S$	= spezifischer Gebindeeinzugsbereich für die Elemente $S$	$[m^2]$
$\delta_s$	= spezifischer Gebindebedarfskoeffizient	$[1/m^2]$

Auf Basis dieses Wertes können die Gebinde gleichmässig auf der Geschossfläche verteilt werden. Werden die Gebinde sortenrein befüllt, muss es für jede Gebindesorte eine Gebindeverteilung geben. Im linken Grundriss auf Bild 17 ist eine mögliche Gebindeverteilung bei einem  $a_{Geb}^S = 50 \text{ m}^2$  erstellt worden, im rechten Grundriss für ein  $a_{Geb}^S = 25 \text{ m}^2$ . Auf der Baustelle wird diese Verteilung üblicherweise ohne grosse Planung einfach durch Erfahrung ermittelt.



**Bild 17: Mögliche Gebindeverteilung für einen Gebindeeinzugsbereich von 50 m<sup>2</sup> (links) bzw. 25 m<sup>2</sup> (rechts)**

Für eine spätere Computersimulation müssen aber die Standpunkte der Gebinde ermittelt werden. Mit Hilfe von Optimierungstools kann für die jeweiligen Gebindegruppen eine optimierte Verteilung über die Geschossfläche erreicht werden.

Der Lösungsalgorithmus muss für die optimierte Verteilung hierbei die gesamte Geschossfläche in gleich grosse Flächen aufteilen, die alle möglichst kompakt sind. Ein Bewertungsmittel für den Grad der Optimierung kann zum Beispiel der geringste Umfang pro Fläche sein. Der theoretisch beste Standort befindet sich dann im Flächenschwerpunkt der jeweiligen Teilfläche.

Die Koordinaten der Abstellpunkte der Gebinde können dann mit Hilfe dieser Gebindeverteilung ermittelt werden. Die Koordinaten der Deckenöffnung sind bekannt. Zur Bestimmung der Elementarprozessdauer Ausschal-Umsetzen müssen nun die Verschiebezeiten und die Zeiten für das Be- und Entladen des Verschiebegerätes addiert werden:

$$t_{A-Um,Re,i,j}^{Theo,D,STS} = \frac{s_{G_{i+1,j}}^{D,STS}}{v_{A-Um,l}^{Theo,D,STS}} + t_{Lad}^{Theo,D,STS} + \frac{s_{G_{i+1,j}}^{D,STS}}{v_{A-Um,v}^{Theo,D,STS}} + t_{Lad}^{Theo,D,STS} = \frac{s_{G_{i+1,j}}^{D,STS}}{v_{A-Um,l}^{Theo,D,STS}} + \frac{s_{G_{i+1,j}}^{D,STS}}{v_{A-Um,v}^{Theo,D,STS}} + 2 \cdot t_{Lad}^{Theo,D,STS}$$

$t_{A-Um,Re,i,j}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer  $t$  für das Ausschal-Umsetzen [min] des Regel-Ausschalens ( $A-Um,Re$ ) auf der Ebene  $i$  für das Gebinde  $j$  bei Systemträgerschalungen ( $STS$ )

$s_{G_{i+1,j}}^{D,STS}$  = Mittlere Verschiebestrecke  $s$  des Gebinde  $j$  mit Startpunkt [m] auf Ebene  $i$  und Zielpunkt auf Ebene  $i+1$ , gefüllt mit Systemträgerschalung ( $STS$ )

$v_{A-Um,v}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Verschiebegeschwindigkeit  $v$  für das [m/min] Ausschal-Umsetzen ( $A-Um$ ) bei Systemträgerschalungen ( $STS$ ) im Beladezustand voll ( $v$ )

$v_{A-Um,l}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Verschiebegeschwindigkeit  $v$  für das [m/min] Ausschal-Umsetzen ( $A-Um$ ) bei Systemträgerschalungen ( $STS$ ) im Beladezustand leer ( $l$ )

$t_{Lad}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer  $t$  für das [min] Be- oder Entladen ( $Lad$ ) eines Gebindes bei Systemträgerschalungen ( $STS$ )

Der Hinweg wird in diesem Zusammenhang als der Weg von der Deckenöffnung zum Gebinde definiert. Der Rückweg ist dann der eigentliche Transport des Gebindes zur Deckenöffnung. Aus diesem Grund wurde daher der Zustand des Umsetzwagens in Bild 12 beim Rückweg als voll angegeben, beim Hinweg als leer.

Für die Ermittlung der theoretischen Elementarprozessdauer für das Ausschal-Umsetzen auf der Ebene  $i$  muss nun über alle Gebinde  $j(Re)$  summiert werden:

$$T_{A-Um,Re,i}^{Theo,D,STS} = \sum_{j(Re)} t_{A-Um,Re,i,j}^{Theo,D,STS} = \sum_{j(Re)} \left( \frac{s_{G_{i+1,j}}^{D,STS}}{v_{A-Um,l}^{Theo,D,STS}} + \frac{s_{G_{i+1,j}}^{D,STS}}{v_{A-Um,v}^{Theo,D,STS}} + 2 \cdot t_{Lad}^{Theo,D,STS} \right)$$

$T_{A-Um,Re,i}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Elementarprozessdauer  $T$  für das Ausschal- [min]

Umsetzen des Regel-Ausschalens ( $A-Um,Re$ ) bei Systemträgerschalungen ( $STS$ ) der Decke ( $D$ ) über der Ebene  $i$

$t_{A-Um,Re,i,j}^{Theo,D,STS}$	= Theoretische Tätigkeitsdauer $t$ für das Ausschal-Umsetzen des Regel-Ausschalens ( $A-Um,Re$ ) auf der Ebene $i$ für das Gebinde $j$ bei Systemträgerschalungen ( $STS$ )	[min]
$j(Re)$	= Laufindex $j$ für die Gebinde des Regel-Ausschalens ( $Re$ )	[-]
$s_{G_{i,i+1,j}}^{D,STS}$	= Mittlere Verschiebestrecke $s$ des Gebinde $j$ mit Startpunkt auf Ebene $i$ und Zielpunkt auf Ebene $i+1$ , gefüllt mit Systemträgerschalung ( $STS$ )	[m]
$v_{A-Um,v}^{Theo,D,STS}$	= Theoretische Verschiebegeschwindigkeit $v$ für das Ausschal-Umsetzen ( $A-Um$ ) bei Systemträgerschalungen ( $STS$ ) im Beladezustand voll ( $v$ )	[m / min]
$v_{A-Um,l}^{Theo,D,STS}$	= Theoretische Verschiebegeschwindigkeit $v$ für das Ausschal-Umsetzen ( $A-Um$ ) bei Systemträgerschalungen ( $STS$ ) im Beladezustand leer ( $l$ )	[m / min]
$t_{Lad}^{Theo,D,STS}$	= Theoretische Tätigkeitsdauer $t$ für das Be- oder Entladen ( $Lad$ ) eines Gebindes bei Systemträgerschalungen ( $STS$ )	[min]

#### 5.1.2.2 Elementarprozess Ausschal-Umsetzen der Schalungseinheiten der Deckenöffnung

Auf dem darunter liegenden Geschoss (Ebene  $i-1$ ) müssen die Schalungselemente, die bei der Deckenöffnung ebenfalls umgesetzt werden. In der gewählten Produktionsweise können diese Elemente nicht über die Fassadenöffnung umgesetzt werden. Grund hierfür ist die Absturzsicherung der Deckenschalung des obersten Geschosses (Ebene  $i+1$ ). Aus diesem Grund kommt die Krangabel nicht mehr an diese Elemente heran. Erst für das Umsetzen der Hilfsstützen auf Ebene  $i-3$  ist eine Umsetzbühne vorgesehen. Somit müssen die Schalungselemente der Deckenöffnung zum Kern umgesetzt werden. Von dort werden sie per Hand durch das Treppenhaus auf die Ebene  $i+1$  umgesetzt. Die Deckenöffnung hat im Regelfall nur eine kleine Fläche, es sind dafür daher nur wenige Schalungselemente notwendig. Aus diesem Grund ist ein Umsetzen mit der Hand praktikabel. Zum Einschalen der Deckenöffnung auf Ebene  $i$  werden Schalungselemente verwendet, die durch das Ausschalieren auf Ebene  $i$  verfügbar sind.

Die theoretische Elementarprozessdauer für das Ausschal-Umsetzen der Schalungselemente der Deckenöffnung berechnet sich wie folgt:

$$T_{A-Um,D\ddot{o},i-1}^{Theo,D,STS} = \sum_{j(D\ddot{o})} t_{A-Um,D\ddot{o},i-1,j}^{Theo,D,STS} = \sum_{j(D\ddot{o})} \left( \frac{s_{G_{i-1,i+1,j}}^{D,STS}}{v_{A-Um,l}^{Theo,D,STS}} + \frac{s_{G_{i-1,i+1,j}}^{D,STS}}{v_{A-Um,v}^{Theo,D,STS}} + 2 \cdot t_{Lad}^{Theo,D,STS} \right)$$

$T_{A-Um,D\ddot{o},i-1}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das [min]  
Ausschal-Umsetzen der Schalungseinheiten der  
Deckenöffnung ( $A-Um,D\ddot{o}$ ) über der Ebene  $i-1$  bei  
Systemträgerschalungen ( $STS$ )

$t_{A-Um,D\ddot{o},i-1,j}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer  $t$  für das Ausschal- [min]  
Umsetzen des Gebinde  $j$  bei der Deckenöffnung ( $A-Um,D\ddot{o}$ )  
bei Systemträgerschalungen ( $STS$ ) der Deckenöffnung ( $D$ )  
über der Ebene  $i-1$

$j(D\ddot{o})$  = Laufindex  $j$  für die Gebinde der Deckenöffnung ( $D\ddot{o}$ ) [-]

$s_{G_{i-1,i+1,j}}^{D,STS}$  = Mittlere Verschiebestrecke  $s$  des Gebinde  $j$  mit Startpunkt [m]  
auf Ebene  $i-1$  und Zielpunkt auf Ebene  $i+1$ , gefüllt mit  
Systemträgerschalung ( $STS$ )

$v_{A-Um,v}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Verschiebegeschwindigkeit  $v$  für das [m / min]  
Ausschal-Umsetzen ( $A-Um$ ) bei Systemträger-  
schalungen ( $STS$ ) im Beladezustand voll ( $v$ )

$v_{A-Um,l}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Verschiebegeschwindigkeit  $v$  für das [m / min]  
Ausschal-Umsetzen ( $A-Um$ ) bei Systemträger-  
schalungen ( $STS$ ) im Beladezustand leer ( $l$ )

$t_{Lad}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer  $t$  für das [min]  
Be- oder Entladen ( $Lad$ ) eines Gebindes  
bei Systemträgerschalungen ( $STS$ )

Die Startposition der Gebinde  $G_{i-1,i+1,j}$  befindet sich nahe der Deckenöffnung. Die Zielposition bei geeigneten Koordinaten nahe dem Zugang zum Treppenhaus.

### 5.1.2.3 Elementarprozess Ausschal-Umsetzen der Hilfsstützen

Es hängt von der Betonsorte ab, nach welcher Abbindezeit mit dem Ausschalen begonnen werden kann. Bei Annahme eines Wochentaktes und einer Abbindedauer von 28 Tagen können im Modulprozess  $i$  auf der Ebene  $i-3$  die Hilfsstützen entfernt werden. Die Gebinde  $G_{i-3,i+1,j}$  werden mit den Hilfsstützen befüllt und zur



Umsetzbühne umgesetzt. Die theoretische Elementarprozessdauer kann dann auf folgende Art ermittelt werden:

$$T_{A-Um,HS,i-3}^{Theo,D,STS} = \sum_{j(HS)} t_{A-Um,HS,i-3,j}^{Theo,D,STS} = \sum_{j(HS)} \left( \frac{s_{G_{i-3,j+1,j}}^{D,STS}}{v_{A-Um,l}^{Theo,D,STS}} + \frac{s_{G_{i-3,j+1,j}}^{D,STS}}{v_{A-Um,v}^{Theo,D,STS}} + 2 \cdot t_{Lad}^{Theo,D,STS} \right)$$

$T_{A-Um,HS,i-3}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Elementarprozessdauer  $T$  für das Ausschal-Umsetzen der Hilfsstützen ( $A-Um,HS$ ) der Systemträgerschalungen ( $STS$ ) der Decke ( $D$ ) über der Ebene  $i-3$  [min]

$t_{A-Um,HS,i-3,j}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer  $t$  für das Ausschal-Umsetzen der Hilfsstützen ( $A-Um,HS$ ) der Systemträgerschalungen ( $STS$ ) der Decke ( $D$ ) über der Ebene  $i-3$  [min]

$j(HS)$  = Laufindex  $j$  für die Gebinde der Hilfsstützen ( $HS$ ) [-]

$s_{G_{i-3,j+1,j}}^{D,STS}$  = Mittlere Verschiebestrecke  $s$  des Gebinde  $j$  mit Startpunkt auf Ebene  $i-3$  und Zielpunkt auf Ebene  $i+1$ , gefüllt mit Systemträgerschalung ( $STS$ ) [m]

$v_{A-Um,v}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Verschiebegeschwindigkeit  $v$  für das Ausschal-Umsetzen ( $A-Um$ ) bei Systemträgerschalungen ( $STS$ ) im Beladezustand voll ( $v$ ) [m / min]

$v_{A-Um,l}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Verschiebegeschwindigkeit  $v$  für das Ausschal-Umsetzen ( $A-Um$ ) bei Systemträgerschalungen ( $STS$ ) im Beladezustand leer ( $l$ ) [m / min]

$t_{Lad}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer  $t$  für das Be- oder Entladen ( $Lad$ ) eines Gebindes bei Systemträgerschalungen ( $STS$ ) [min]

Für den Regelfall kann die mittlere Verschiebestrecke analog zum Regelausschal-Umsetzen angewendet werden, statt der Koordinaten der Deckenöffnung werden die Koordinaten (Schwerpunkt) der Umsetzbühne verwendet:

$$s_{G_{i-3,j+1,j}}^{D,STS} = \frac{s_{Max,G_{i-3,j+1,j}}^{D,STS} + s_{Min,G_{i-3,j+1,j}}^{D,STS}}{2} = \frac{(\Delta y_{G_{i-3,j+1,j}} + \Delta x_{G_{i-3,j+1,j}}) + \left( \sqrt{(\Delta y_{G_{i-3,j+1,j}})^2 + (\Delta x_{G_{i-3,j+1,j}})^2} \right)}{2}$$

mit  $\Delta y_{G_{i-3,j+1,j}} = |y_{G_{i-3,j+1,j}} - y_{Ub}|$  und  $\Delta x_{G_{i-3,j+1,j}} = |x_{G_{i-3,j+1,j}} - x_{Ub}|$

$s_{G_{i-3,j+1,j}}^{D,STS}$  = Mittlere Verschiebestrecke  $s$  des Gebinde  $j$  mit Startpunkt  $[m]$   
auf Ebene  $i-3$  und Zielpunkt auf Ebene  $i+1$ , gefüllt mit  
Systemträgerschalung (STS)

$G_{i-3,j+1,j}$  = Gebinde  $j$  mit Startpunkt auf Ebene  $i-3$  und Zielpunkt  $[-]$   
auf Ebene  $i+1$

$s_{Max,G_{i-3,j+1,j}}^{D,STS}$  = Maximale Verschiebestrecke  $s$  des Gebinde  $j$  mit Startpunkt  $[m]$   
auf Ebene  $i-3$  und Zielpunkt auf Ebene  $i+1$ , gefüllt mit  
Systemträgerschalung (STS)

$s_{Min,G_{i-3,j+1,j}}^{D,STS}$  = Minimale Verschiebestrecke  $s$  des Gebinde  $j$  mit Startpunkt  $[m]$   
auf Ebene  $i-3$  und Zielpunkt auf Ebene  $i+1$ , gefüllt mit  
Systemträgerschalung (STS)

$x_{G_{i-3,j+1,j}}$  = x-Koordinate des Gebinde  $j$  auf Ebene  $i-3$   $[m]$

$y_{G_{i-3,j+1,j}}$  = y-Koordinate des Gebinde  $j$  auf Ebene  $i-3$   $[m]$

$x_{Ub}$  = x-Koordinate des Mittelpunktes der Umsetzbühne (Ub)  $[m]$

$y_{Ub}$  = y-Koordinate des Mittelpunktes der Umsetzbühne (Ub)  $[m]$

Auch bei diesem Elementarprozess kann der Kern im Weg sein. Dann müssen analog zum Regelausschal-Umsetzen die Sonderfälle für  $s_{Max}$  und  $s_{Min}$  berücksichtigt werden (siehe Tabelle 1 und Tabelle 2).

#### 5.1.2.4 Zusammenfassung der Elementarprozesse der Elementarprozessgruppe Ausschal-Umsetzen

Die drei Elementarprozesse der Elementarprozessgruppe Ausschal-Umsetzen finden auf drei unterschiedlichen Ebenen statt, somit werden diese Elementarprozesse wahrscheinlich unterschiedlichen Teams zugeordnet. Aus diesem Grund ist eine Addition der Elementarprozesse nicht möglich. Zusammengefasst für die Elementarprozessgruppe Ausschal-Umsetzen des Modulprozesses „Decke über Ebene  $i$ “ bei Systemträgerschalungen können die Elementarprozesse folgendermassen dargestellt werden:

$$T_{EPG:A-Um,MP:i}^{Theo,D,STS} = \left\{ T_{A-Um,Re,i}^{Theo,D,STS} ; T_{A-Um,Dö,i-1}^{Theo,D,STS} ; T_{A-Um,HS,i-3}^{Theo,D,STS} \right\} \text{ mit}$$

$$T_{A-Um,Re,i}^{Theo,D,STS} = \sum_{j(Re)} t_{A-Um,Re,i,j}^{Theo,D,STS} = \sum_{j(Re)} \left( \frac{S_{G_{i,j+1,j}}^{D,STS}}{V_{A-Um,l}^{Theo,D,STS}} + \frac{S_{G_{i,j+1,j}}^{D,STS}}{V_{A-Um,v}^{Theo,D,STS}} + 2 \cdot t_{Lad}^{Theo,D,STS} \right)$$

$$T_{A-Um,D\ddot{o},i-1}^{Theo,D,STS} = \sum_{j(D\ddot{o})} t_{A-Um,D\ddot{o},i-1,j}^{Theo,D,STS} = \sum_{j(D\ddot{o})} \left( \frac{S_{G_{i-1,j+1,j}}^{D,STS}}{V_{A-Um,l}^{Theo,D,STS}} + \frac{S_{G_{i-1,j+1,j}}^{D,STS}}{V_{A-Um,v}^{Theo,D,STS}} + 2 \cdot t_{Lad}^{Theo,D,STS} \right)$$

$$T_{A-Um,HS,i-3}^{Theo,D,STS} = \sum_{j(HS)} t_{A-Um,HS,i-3,j}^{Theo,D,STS} = \sum_{j(HS)} \left( \frac{S_{G_{i-3,j+1,j}}^{D,STS}}{V_{A-Um,l}^{Theo,D,STS}} + \frac{S_{G_{i-3,j+1,j}}^{D,STS}}{V_{A-Um,v}^{Theo,D,STS}} + 2 \cdot t_{Lad}^{Theo,D,STS} \right)$$

### 5.1.3 Elementarprozessgruppe Einschal-Umsetzen

Die Elementarprozessgruppe Einschal-Umsetzen ist der logische Nachfolger der Elementarprozessgruppe Ausschal-Umsetzen. Durch den Übergang von der Elementarprozessgruppe Ausschal-Umsetzen zur Elementarprozessgruppe Einschal-Umsetzen erfolgt auch der Übergang von Modulprozess „Decke über Ebene i“ zum Modulprozess „Decke über Ebene i+1“ (siehe auch Bild 3 auf Seite 836). Aus der Analogie zur Elementarprozessgruppe Ausschal-Umsetzen ergeben sich für das Einschal-Umsetzen die folgenden Elementarprozesse:

$$T_{EPG:E-Um,MP:i+1}^{Theo,D,STS} = \{T_{E-Um,Re,i}^{Theo,D,STS}; T_{E-Um,D\ddot{o},i-1}^{Theo,D,STS}; T_{E-Um,HS,i-3}^{Theo,D,STS}\}$$

$T_{EPG:E-Um,MP:i+1}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Elementarprozessgruppendauer für das [min]  
Einschal-Umsetzen ( $EPG:E-Um$ ) bei Systemträgerschalungen ( $STS$ )  
bei Decken ( $D$ ) bezogen auf den Modulprozess „Decke über Ebene  $i+1$ “

$T_{E-Um,Re,i}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das Einschal- [min]  
Umsetzen des Regel-Ausschalens ( $E-Um,Re$ ) bei Systemträger-  
schalungen ( $STS$ ) der Decke ( $D$ ) über der Ebene  $i$

$T_{E-Um,D\ddot{o},i-1}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das Einschal- [min]  
Umsetzen der Schalungseinheiten der  
Deckenöffnung ( $E-Um,D\ddot{o}$ ) über der Ebene  $i-1$  bei  
Systemträgerschalungen ( $STS$ )

$T_{E-Um,HS,i-3}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das [min]  
Einschal-Umsetzen der Hilfsunterstützungen ( $E-Um,HS$ ) der  
Systemträgerschalungen ( $STS$ ) der Decke ( $D$ ) über der Ebene  $i-3$

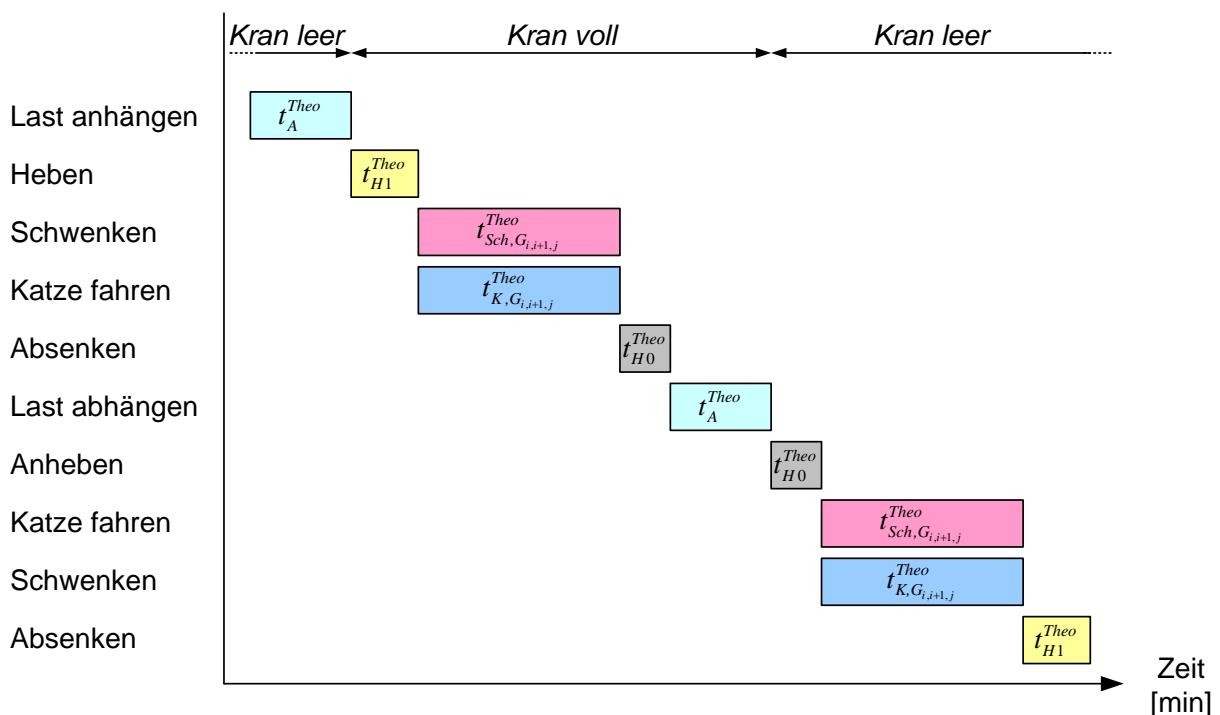
#### 5.1.3.1 Elementarprozess Einschal-Umsetzen des Regel-Ausschalens

Im Elementarprozess Einschal-Umsetzen des Regel-Ausschalens werden nach dem horizontalen Verschieben auf Ebene  $i$  (Ausschal-Umsetzen) die Gebinde am Kran angeschlagen und anschliessend auf die Ebene  $i+1$  umgesetzt. Dabei sind die nachfolgenden Einzeltätigkeiten notwendig:

- Last anhängen  $= t_A^{Theo,D,STS}$
- Heben (von Ebene  $i$  auf Ebene  $i+1$ )  $= t_{H1}^{Theo}$
- Schwenken und gleichzeitiges Katze fahren  $= t_{Sch,G_{i,j+1,j}}^{Theo}$  bzw.  $t_{K,G_{i,j+1,j}}^{Theo}$

- Absenken (nur auf Ebene i+1)  $= t_{H0}^{Theo}$
- Last abhängen  $\approx$  Last anhängen  $= t_A^{Theo,D,STS}$
- Anheben (nur auf Ebene i+1)  $\approx$  Absenken  $= t_{H0}^{Theo}$
- Katze fahren und gleichzeitiges Schwenken  $= t_{K,G_{i,j+1,j}}^{Theo}$  bzw.  $t_{Sch,G_{i,j+1,j}}^{Theo}$
- Absenken (von Ebene i+1 auf Ebene i)  $\approx$  Heben  $= t_{H1}^{Theo}$

In Bild 18 wurden die Einzeltätigkeiten der Kranspielzeit dargestellt. Ausserdem ist ersichtlich, wann das Gebinde am Kran hängt (voll), bzw. der Kran auf dem Rückweg zum nächsten Gebinde ist (leer).



**Bild 18: Theoretische Kranspielzeit beim Einschal-Umsetzen bei Systemträgerschalungen**

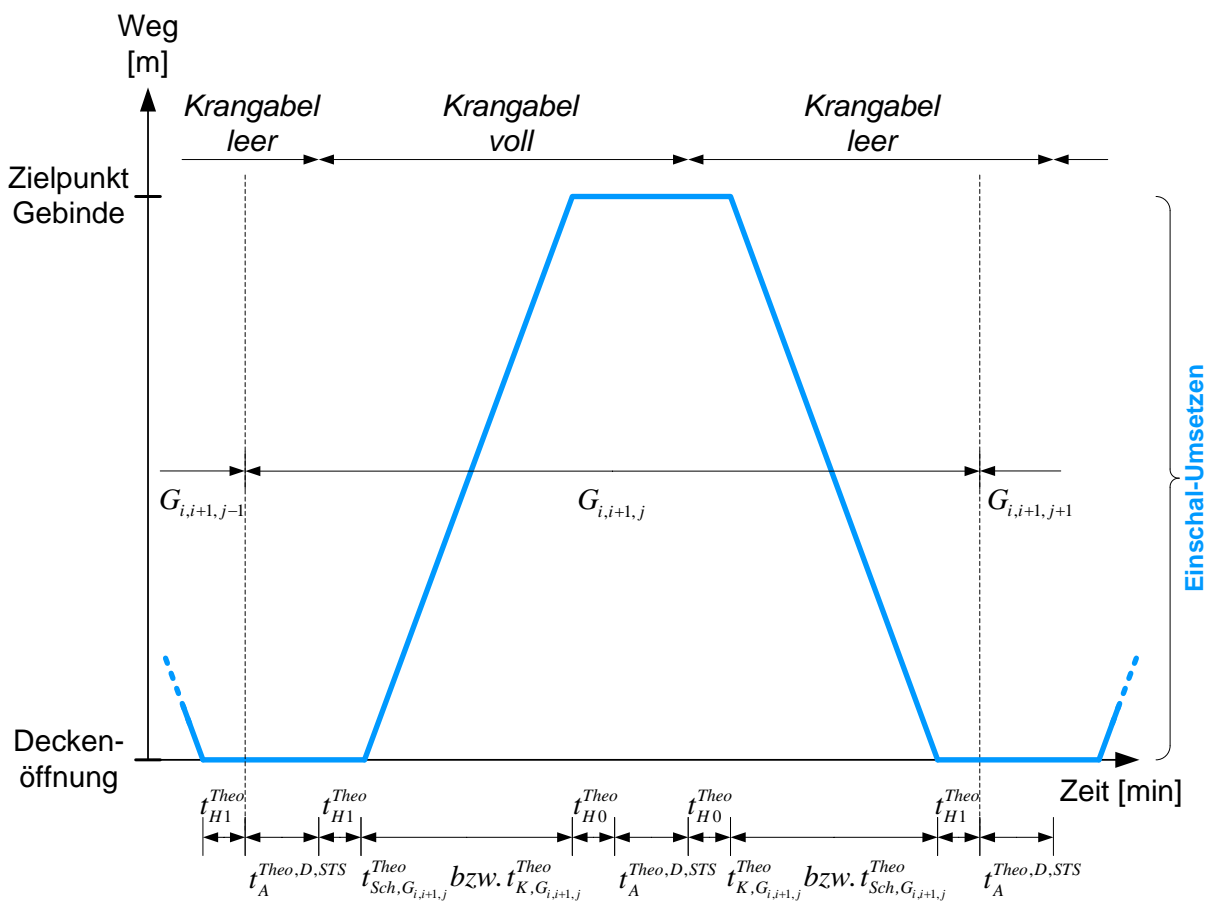
Die theoretische Gesamttätigkeitsdauer für das Umsetzen eines Gebindes mit dem Kran kann dann anhand der folgenden theoretischen Tätigkeiten bestimmt werden:

$$t_{E-Um,Re,i,j}^{Theo,D,STS} = t_A^{Theo,D,STS} + t_{H1}^{Theo} + \text{Max}\left(t_{Sch,G_{i,j+1,j}}^{Theo}; t_{K,G_{i,j+1,j}}^{Theo}\right) + t_{H0}^{Theo} + t_A^{Theo,D,STS} + t_{H0}^{Theo} + \text{Max}\left(t_{K,G_{i,j+1,j}}^{Theo}; t_{Sch,G_{i,j+1,j}}^{Theo}\right) + t_{H1}^{Theo}$$

$t_{E-Um,Re,i,j}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für das Einschal-Umsetzen [min] beim Regeleinschalen (E-Um,Re) mit Startpunkt auf der Ebene i für das Gebinde j bei Systemträgerschalungen (STS)

- $t_A^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für das Last Anhängen oder das Last Abhängen bei Systemträgerschalungen (STS) [min]
- $t_{H1}^{Theo}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für das Heben von Ebene i auf Ebene i+1 bzw. das Senken von Ebene i+1 zu Ebene i [min]
- $t_{Sch,G_{i,i+1},j}^{Theo}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für das Schwenken (Sch) des Krans mit dem Gebinde j [min]
- $t_{K,G_{i,i+1},j}^{Theo}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für das Fahren der Katze (K) mit dem Gebinde j als Umsetzvorgang über der Ebene i+1 [min]
- $t_{H0}^{Theo}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für das Heben bzw. Senken auf Ebene i+1 [min]

Die aufeinander folgenden theoretischen Tätigkeiten der Kranbewegung mit Gebinde kann man gut in einem Zeit-Weg-Diagramm (siehe Bild 19) darstellen.



**Bild 19: Zeit-Weg-Diagramm für den Elementarprozess Einschal-Umsetzen (Regel-Einschalen) von Ebene i zu Ebene i+1 für Systemträgerschalungen**

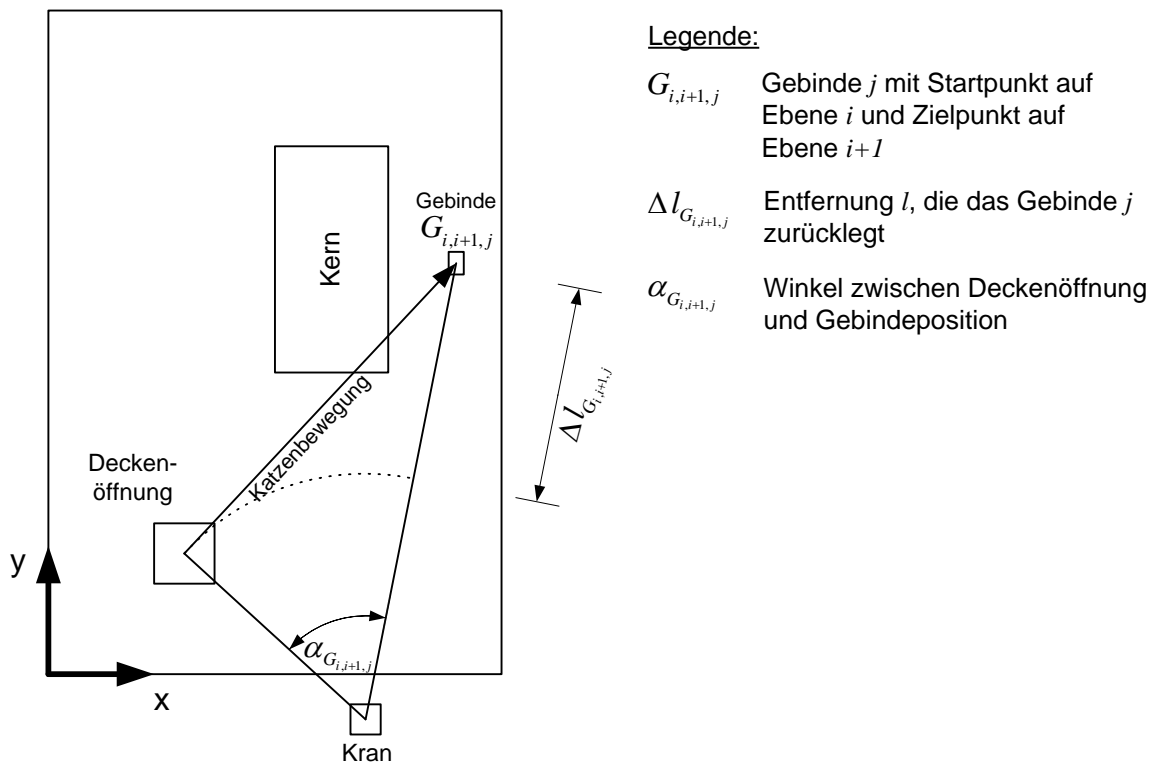
Die theoretische Tätigkeitsdauer für das Fahren der Katze  $t_{K,G_{i,j+1}}^{Theo}$  hängt von der Entfernung  $\Delta l_{G_{i,j+1}}$  und von der theoretischen Katzensgeschwindigkeit  $v_{Katze}^{Theo}$  ab:

$$t_{K,G_{i,j+1}}^{Theo} = \frac{\Delta l_{G_{i,j+1}}}{v_{Katze}^{Theo}}$$

$t_{K,G_{i,j+1}}^{Theo}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für das Fahren der Katze (K) [min]  
mit dem Gebinde  $j$  als Umsetzvorgang auf die Ebene  $i+1$

$\Delta l_{G_{i,j+1}}$  = Entfernung  $l$ , die das Gebinde  $j$  zurücklegt [m]

$v_{Katze}^{Theo}$  = Theoretische Geschwindigkeit der Laufkatze [m/min]



**Bild 20: Umsetzvorgang mit dem Kran (Einschal-Umsetzen mit Systemträgerschalung Decke)**

Mit der theoretischen Kranschwenkgeschwindigkeit und dem Winkel  $\alpha_{G_{i,j+1}}$  erhält man die theoretische Tätigkeitsdauer für das Schwenken:

$$t_{Sch,G_{i,j+1}}^{Theo} = \frac{|\alpha_{G_{i,j+1}}|}{\omega_{Schwenk}^{Theo}}$$

$t_{Sch,G_{i,j+1}}^{Theo}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für das Schwenken (Sch) [min]

des Krans mit dem Gebinde  $j$

$\alpha_{G_{i,j+1,j}}$  = Winkel zwischen Deckenöffnung und Gebindeposition  $[\circ]$

$\omega_{Schwenk}^{Theo}$  = Theoretische Kranschwenkgeschwindigkeit  $[\circ / min]$   
(Winkelgeschwindigkeit)

Abhängig von der Geometrie (Standorte: Kran, Gebinde, Deckenöffnung) ist entweder die Tätigkeitsdauer für das Schwenken oder die Tätigkeitsdauer für das Fahren der Katze massgeblich:

$$Max(t_{Sch,G_{i,j+1,j}}^{Theo}; t_{K,G_{i,j+1,j}}^{Theo})$$

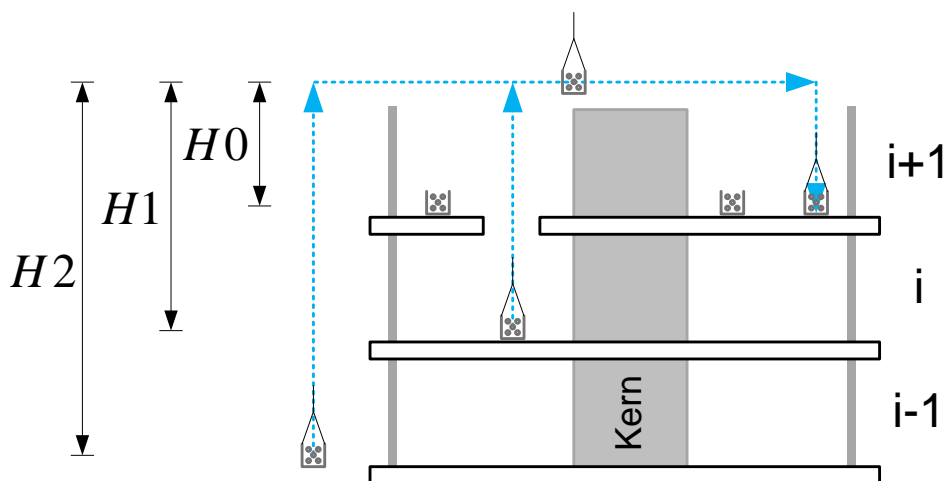
Die theoretischen Tätigkeitsdauern für das Heben beziehungsweise für das Senken hängen von den Höhenunterschieden ab. Dies wird mit den Indizes  $H0$ ,  $H1$ ,  $H2$  etc. der Tätigkeitsdauer angegeben:

$t_{H0}^{Theo}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für das Heben bzw. Senken  $[min]$   
auf Ebene  $i+1$

$t_{H1}^{Theo}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für das Heben von Ebene  $i$   $[min]$   
auf Ebene  $i+1$  bzw. das Senken von Ebene  $i+1$  zu Ebene  $i$

$t_{H2}^{Theo}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für das Heben von Ebene  $i-1$   $[min]$   
auf Ebene  $i+1$  bzw. das Senken von Ebene  $i+1$  zu Ebene  $i-1$

In Bild 21 kann die Zuordnung der verschiedenen Indizes nachvollzogen werden:



	Gebinde am Kran hängend		Abgestelltes Gebinde
--	-------------------------	--	----------------------

**Bild 21: Höhenbestimmung für die Tätigkeitsdauern Heben und Senken**



Mit dem Index  $H0$  wird das Heben bzw. das Senken beschrieben, dass sich nur auf der Ebene  $i+1$  abspielt. Die Höhe ergibt sich aus den auf dieser Ebene bereits bestehenden Bauteilen (z. B. Kern) oder anderen Hindernissen (z. B. Wandschalungen). Der Index  $H1$  wird verwendet, wenn der Kran ein Gebinde von der Ebene  $i$  bis oberhalb der Ebene  $i+1$  anhebt oder der Kran den Kranhaken von oberhalb der Ebene  $i+1$  hinunter zur Ebene  $i$  bewegt. Analog wird der Index  $H2$  verwendet, hier wird über 2 Ebenen, d.h. von Ebene  $i-1$  bis oberhalb Ebene  $i+1$  angehoben, bzw. von oberhalb der Ebene  $i+1$  zur Ebene  $i-1$  abgesenkt.

Nun können die notwendigen theoretischen Tätigkeitsdauern für ein Gebinde  $G_{i,i+1,j}$  auf folgende Weise dargestellt werden:

$$t_{E-Um,Re,i,j}^{Theo,D,STS} = t_A^{Theo,D,STS} + t_{H1}^{Theo} + \text{Max} \left( t_{Sch,G_{i,i+1,j}}^{Theo} = \frac{|\alpha_{G_{i,i+1,j}}|}{\omega_{Schwenk}^{Theo}}; t_{K,G_{i,i+1,j}}^{Theo} = \frac{\Delta l_{G_{i,i+1,j}}}{v_{Katze}^{Theo}} \right) + t_{H0}^{Theo} + t_A^{Theo,D,STS} + t_{H0}^{Theo} + \text{Max} \left( t_{K,G_{i,i+1,j}}^{Theo} = \frac{\Delta l_{G_{i,i+1,j}}}{v_{Katze}^{Theo}}; t_{Sch,G_{i,i+1,j}}^{Theo} = \frac{|\alpha_{G_{i,i+1,j}}|}{\omega_{Schwenk}^{Theo}} \right) + t_{H1}^{Theo}$$

$t_{E-Um,Re,i,j}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für das Einschal-Umsetzen [min] beim Regeleinschalen ( $E-Um,Re$ ) mit Startpunkt auf der Ebene  $i$  für das Gebinde  $j$  bei Systemträgerschalungen ( $STS$ )

Als Hinweg wird bei diesem Elementarprozess der Weg von der Deckenöffnung zum neuen Gebindestandort auf Ebene  $i+1$  bezeichnet. Der Kranhaken befindet sich im Zustand „voll“. Der Weg von dem Gebindestandort zur Deckenöffnung ist demnach der Rückweg und der Kranhaken somit „leer“. Die Wegstrecken von Hinweg und Rückweg sind identisch. Aus diesem Grund können die zugehörigen Tätigkeitsdauern zusammengefasst werden. Auch die anderen Tätigkeitsdauern kommen doppelt vor, dies ermöglicht dann folgende Zusammenfassung:

$$t_{E-Um,Re,i,j}^{Theo,D,STS} = 2 \cdot \left( t_A^{Theo,D,STS} + t_{H1}^{Theo} + \text{Max} \left( t_{Sch,G_{i,i+1,j}}^{Theo} = \frac{|\alpha_{G_{i,i+1,j}}|}{\omega_{Schwenk}^{Theo}}; t_{K,G_{i,i+1,j}}^{Theo} = \frac{\Delta l_{G_{i,i+1,j}}}{v_{Katze}^{Theo}} \right) + t_{H0}^{Theo} \right)$$

$t_{E-Um,Re,i,j}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für das Einschal-Umsetzen [min] beim Regeleinschalen ( $E-Um,Re$ ) mit Startpunkt auf der Ebene  $i$  für das Gebinde  $j$  bei Systemträgerschalungen ( $STS$ )

Die Theoretische Elementarprozessdauer wird dann durch die Aufsummierung aller Gebinde  $j$  auf der Ebene  $i$  bestimmt.

$$T_{E-Um,Re,i}^{Theo,D,STS} = \sum_{j(Re)} t_{E-Um,Re,i,j}^{Theo,D,STS} = \sum_{j(Re)} 2 \cdot \left( t_A^{Theo,D,STS} + t_{H1}^{Theo} + \text{Max} \left( t_{Sch,G_{i,i+1,j}}^{Theo} = \frac{|\alpha_{G_{i,i+1,j}}|}{\omega_{Schwenk}^{Theo}}; t_{K,G_{i,i+1,j}}^{Theo} = \frac{\Delta l_{G_{i,i+1,j}}}{v_{Katze}^{Theo}} \right) + t_{H0}^{Theo} \right)$$

$T_{E-Um,Re,i}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das [min]  
 Einschal-Umsetzen beim Regeleinschalen ( $E-Um,Re$ )  
 mit Startpunkt auf der Ebene  $i$  für das Gebinde  $j$   
 bei Systemträgerschalungen ( $STS$ )

$t_{E-Um,Re,i,j}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für das Einschal-Umsetzen [min]  
 beim Regeleinschalen ( $E-Um,Re$ ) mit Startpunkt auf der  
 Ebene  $i$  für das Gebinde  $j$  bei Systemträgerschalungen ( $STS$ )

$j(Re)$  = Laufindex  $j$  für die Gebinde des Regel-Ausschalens ( $Re$ ) [-]

### 5.1.3.2 Elementarprozess Einschal-Umsetzen der Schalungselemente der Deckenöffnung

Im Elementarprozess Ausschal-Umsetzen auf der Ebene  $i-1$  wurden die Gebinde der Deckenöffnungsschalung zum Treppenhaus verschoben. In dem hier angenommenen Prozessablauf sollen die Schalungselemente der Deckenöffnung nach dem Ausschal-Umsetzen per Hand auf die Ebene  $i+1$  transportiert werden. Hierzu müssen die Schalungselemente wieder aus dem Gebinde herausgenommen werden. Die Schalungselemente werden dann entweder einzeln oder in Kleingruppen durch das Treppenhaus getragen. Dies hängt vom Schalungselementtyp ab. Lange Längsträger werden im Regelfall einzeln getragen. Stützen können zwei bis drei auf ein Mal transportiert werden. Dazu muss das Gebinde auf eine kleinere Einheit aufgeteilt werden. Hierfür wird der Laufindex  $k$  eingesetzt. Ein Gebinde mit Laufindex  $j$  teilt sich somit auf  $k=n$  Kleingruppen auf:

$$G_{i-1,i+1,j} \rightarrow (G_{i-1,i+1,j,k=1}; G_{i-1,i+1,j,k=2}; \dots; G_{i-1,i+1,j,k=n})$$

$G_{i-1,i+1,j}$  = Gebinde  $j$ , Umsetzen von Ebene  $i-1$  nach Ebene  $i+1$  [min]

$G_{i-1,i+1,j,k=1}$  = Kleingruppe  $k=1$  des Gebinde  $j$ , Umsetzen von Ebene  $i-1$  [min]

nach Ebene  $i+1$

$G_{i-1,i+1,j,k=2}$  = Kleingruppe  $k=2$  des Gebinde  $j$ , Umsetzen von Ebene  $i-1$  [min]

nach Ebene  $i+1$

$G_{i-1,i+1,j,k=n}$  = Kleingruppe  $k=n$  des Gebinde  $j$ , Umsetzen von Ebene  $i-1$  [min]

nach Ebene  $i+1$

Im Fall der Längsträger entspricht die Anzahl der Kleingruppen der Anzahl der Längsträger pro Gebinde, da immer nur ein Längsträger auf ein Mal transportiert wird.

Pro Kleingruppe sind vier Einzeltätigkeiten erforderlich: Transport über zwei Ebenen durch das Treppenhaus mit anschließendem Transport zur Zielposition auf der Ebene  $i+1$ . Danach geht der Arbeiter den gleichen Weg zurück. Da er auf dem Rückweg nichts mehr tragen muss, wird eine höhere Geschwindigkeit angesetzt, sowohl für die Strecke auf der Ebene  $i+1$  wie auch hinunter zur Ebene  $i-1$  durch das Treppenhaus.

$$\begin{aligned} t_{E-Um,D\ddot{o},i-1,j,k}^{Theo,D,STS} &= t_{Tr,H2,v}^{Theo,D,STS} + t_{Tr,Eb,v,G_{i-1,i+1,j,k}}^{Theo,D,STS} + t_{Tr,Eb,l,G_{i-1,i+1,j,k}}^{Theo,D,STS} + t_{Tr,H2,l}^{Theo,D,STS} = \\ &= t_{Tr,H2,v}^{Theo,D,STS} + \frac{S_{G_{i-1,i+1,j,k}}}{V_{Tr,Eb,v}^{Theo,D,STS}} + \frac{S_{G_{i-1,i+1,j,k}}}{V_{Tr,Eb,l}^{Theo,D,STS}} + t_{Tr,H2,l}^{Theo,D,STS} \end{aligned}$$

$t_{E-Um,D\ddot{o},i-1,j,k}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für das Einschal-Umsetzen [min]  
der Schalungselemente der Deckenöffnung ( $E-Um,D\ddot{o}$ ) mit  
Startpunkt auf der Ebene  $i-1$  für die Kleingruppe  $k$  des Gebinde  $j$   
bei Systemträgerschalungen ( $STS$ )

$t_{Tr,H2,v}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für das Tragen ( $Tr$ ) [min]  
über 2 Ebenen ( $H2$ ) im Zustand voll ( $v$ ) für  
Systemträgerschalungen ( $STS$ )

$t_{Tr,Eb,v,G_{i-1,i+1,j,k}}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für das Tragen ( $Tr$ ) [min]  
auf der Ebene  $i+1$  ( $Eb$ ) für die Kleingruppe  $k$  des Gebinde  $j$   
im Zustand voll ( $v$ ) für Systemträgerschalungen ( $STS$ )

$t_{Tr,Eb,l,G_{i-1,i+1,j,k}}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für das Tragen ( $Tr$ ) [min]  
auf der Ebene  $i+1$  ( $Eb$ ) für die Kleingruppe  $k$  des Gebinde  $j$   
im Zustand leer ( $l$ ) für Systemträgerschalungen ( $STS$ )

$V_{Tr,Eb,v}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Geschwindigkeit für das Tragen ( $Tr$ ) [m/min]  
auf der Ebene  $i+1$  ( $Eb$ ) im Zustand voll ( $v$ ) für  
Systemträgerschalungen ( $STS$ )

$V_{Tr,Eb,l}^{Theo,D,STS}$	= Theoretische Geschwindigkeit für das Tragen ( $Tr$ ) auf der Ebene $i+1$ ( $Eb$ ) im Zustand leer ( $l$ ) für Systemträgerschalungen ( $STS$ )	$[m/min]$
$S_{G_{i-1,i+1,j,k}}$	= Direkte Strecke zwischen Treppenhaus und Abstellort/Einsatzort der Kleingruppe $k$	$[m]$
$t_{Tr,H2,l}^{Theo,D,STS}$	= Theoretische Tätigkeitsdauer für das Tragen ( $Tr$ ) über 2 Ebenen ( $H2$ ) im Zustand leer ( $l$ ) für Systemträgerschalungen ( $STS$ )	$[min]$

Um die Elementarprozessdauer für das Einschal-Umsetzen der Schalungselemente der Deckenöffnung zu bestimmen muss sowohl über den Laufindex  $k$  (für die Kleingruppen) als auch über den Laufindex  $j$  (für die Gebinde) summiert werden:

$$T_{E-Um,Dö,i-1}^{Theo,D,STS} = \sum_{j(Dö)} \sum_{k(j(Dö))} t_{E-Um,Dö,i-1,j,k}^{Theo,D,STS} = \sum_{j(Dö)} \sum_{k(j(Dö))} \left( t_{Tr,H2,v}^{Theo,D,STS} + \frac{S_{G_{i-1,i+1,j,k}}}{V_{Tr,Eb,v}^{Theo,D,STS}} + \frac{S_{G_{i-1,i+1,j,k}}}{V_{Tr,Eb,l}^{Theo,D,STS}} + t_{Tr,H2,l}^{Theo,D,STS} \right)$$

$T_{E-Um,Dö,i-1}^{Theo,D,STS}$	= Theoretische Elementarprozessdauer für das Einschal-Umsetzen der Schalungseinheiten der Deckenöffnung ( $E-Um,Dö$ ) über der Ebene $i-1$ bei Systemträgerschalungen ( $STS$ )	$[min]$
$t_{E-Um,Dö,i-1,j,k}^{Theo,D,STS}$	= Theoretische Tätigkeitsdauer für das Einschal-Umsetzen der Schalungselemente der Deckenöffnung ( $E-Um,Dö$ ) mit Startpunkt auf der Ebene $i-1$ für die Kleingruppe $k$ des Gebinde $j$ bei Systemträgerschalungen ( $STS$ )	$[min]$
$j(Dö)$	= Laufindex $j$ für die Gebinde der Deckenöffnung ( $Dö$ )	$[-]$
$k(j(Dö))$	= Laufindex $k$ für die Kleingruppen des Gebinde $j$ der Deckenöffnung ( $Dö$ )	$[-]$

### 5.1.3.3 Elementarprozess Einschal-Umsetzen der Hilfsstützen

Im Elementarprozess Ausschal-Umsetzen der Hilfsstützen auf Ebene  $i-3$  wurden die Gebinde auf der Umsetzbühne abgestellt. Diese Gebinde werden nun im Elementarprozess Einschal-Umsetzen mit dem Kran von der Umsetzbühne auf den Gebindezielpunkt auf der Ebene  $i+1$  umgesetzt. Die theoretische Elementarprozessdauer wird durch die Summierung der Einzeltätigkeiten über den Laufindex der Gebinde  $j(HS)$ , gefüllt mit Hilfsstützen, ermittelt:

$$T_{E-Um,HS,i-3}^{Theo,D,STS} = \sum_{j(HS)} t_{E-Um,HS,i-3,j}^{Theo,D,STS} = \sum_{j(HS)} 2 \cdot \left( t_A^{Theo,D,STS} + t_{H4}^{Theo} + \text{Max} \left( t_{Sch,G_{i-3,i+1,j}}^{Theo}; t_{K,G_{i-3,i+1,j}}^{Theo} \right) + t_{H0}^{Theo} \right)$$

$T_{E-Um,HS,i-3}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das [min]  
Einschal-Umsetzen der Hilfsstützen ( $E-Um,HS$ ) der  
Systemträgerschalungen ( $STS$ ) der Decke ( $D$ ) über der Ebene  $i-3$

$t_{E-Um,HS,i-3,j}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für das Einschal- Umsetzen [min]  
des Gebinde  $j$ , gefüllt mit Hilfsstützen ( $E-Um,HS$ ) der  
Systemträgerschalungen ( $STS$ ) der Decke ( $D$ ) über der Ebene  $i-3$

$j(HS)$  = Laufindex  $j$  für die Gebinde der Hilfsstützen ( $HS$ ) [-]

$t_A^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für das Last Anhängen oder [min]  
das Last Abhängen bei Systemträgerschalungen ( $STS$ )

$t_{H4}^{Theo}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für das Heben von Ebene  $i-3$  [min]  
auf Ebene  $i+1$  bzw. das Senken von Ebene  $i+1$  zu Ebene  $i-3$

$t_{Sch,G_{i-3,i+1,j}}^{Theo}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für das Schwenken ( $Sch$ ) [min]  
des Krans mit dem Gebinde  $j$  als Umsetzvorgang  
über der Ebene  $i+1$

$t_{K,G_{i-3,i+1,j}}^{Theo}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für das Fahren der Katze ( $K$ ) [min]  
mit dem Gebinde  $j$  als Umsetzvorgang über der Ebene  $i+1$

$t_{H0}^{Theo}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für das Heben bzw. Senken [min]  
auf Ebene  $i+1$

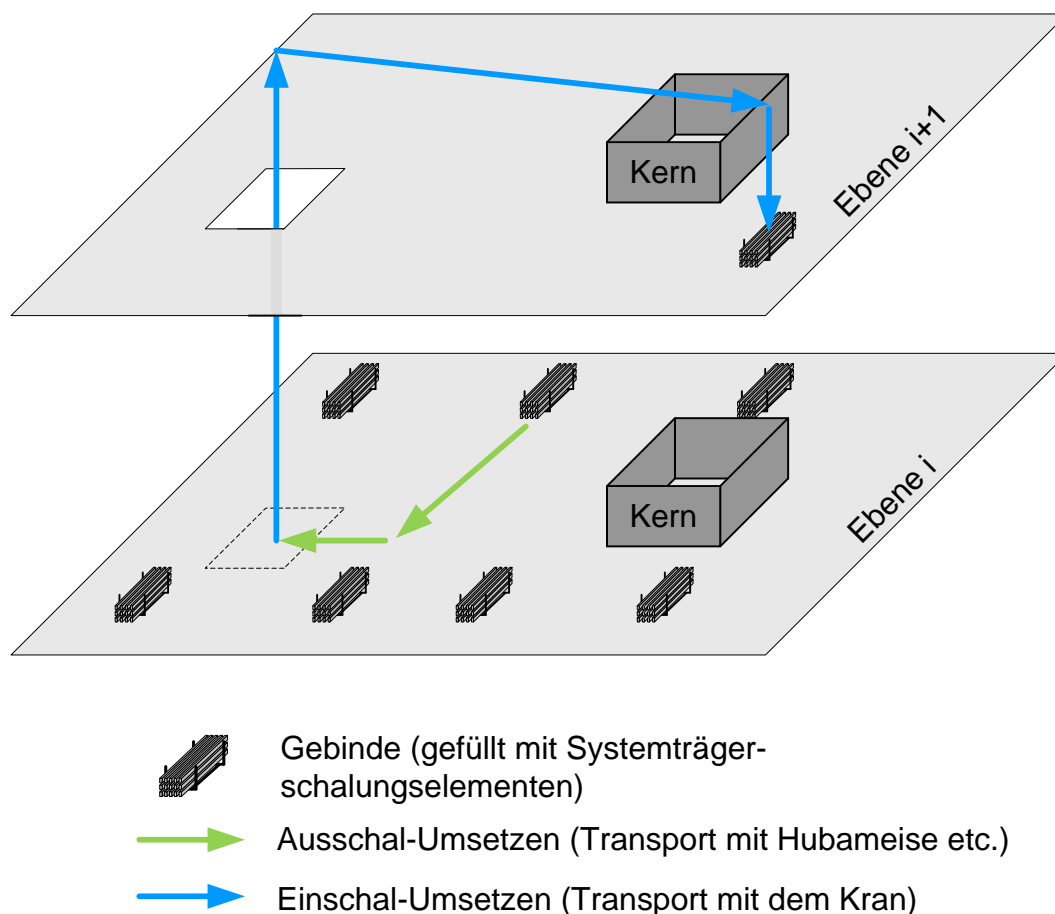
### 5.1.3.4 Zusammenfassung der Elementarprozesse der Elementarprozessgruppe Einschal-Umsetzen

Nun ist es möglich, alle Elementarprozesse der Elementarprozessgruppe Einschal-Umsetzen im Modulprozess „Decke über Ebene i+1“ für Systemträgerschalungen zusammengefasst darzustellen:

$$\begin{aligned}
 T_{EPG:E-Um,MP:i+1}^{Theo,D,STS} &= \left\{ T_{E-Um,Re,i}^{Theo,D,STS}; T_{E-Um,D\ddot{o},i-1}^{Theo,D,STS}; T_{E-Um,HS,i-3}^{Theo,D,STS} \right\} \text{ mit} \\
 T_{E-Um,Re,i}^{Theo,D,STS} &= \sum_{j(Re)} 2 \cdot \left( t_A^{Theo,D,STS} + t_{H1}^{Theo} + \text{Max} \left( t_{Sch,G_{i,i+1,j}}^{Theo} = \frac{|\alpha_{G_{i,i+1,j}}|}{\omega_{Schwenk}^{Theo}}; t_{K,G_{i,i+1,j}}^{Theo} = \frac{\Delta l_{G_{i,i+1,j}}}{v_{Katze}^{Theo}} \right) + t_{H0}^{Theo} \right) \\
 T_{E-Um,D\ddot{o},i-1}^{Theo,D,STS} &= \sum_{j(D\ddot{o})} \sum_{k(j(D\ddot{o}))} \left( t_{Tr,H2,v}^{Theo,D,STS} + \frac{S_{G_{i-1,i+1,j,k}}}{v_{Tr,Eb,v}^{Theo,D,STS}} + \frac{S_{G_{i-1,i+1,j,k}}}{v_{Tr,Eb,l}^{Theo,D,STS}} + t_{Tr,H2,l}^{Theo,D,STS} \right) \\
 T_{E-Um,HS,i-3}^{Theo,D,STS} &= \sum_{j(HS)} 2 \cdot \left( t_A^{Theo,D,STS} + t_{H4}^{Theo} + \text{Max} \left( t_{Sch,G_{i-3,i+1,j}}^{Theo}; t_{K,G_{i-3,i+1,j}}^{Theo} \right) + t_{H0}^{Theo} \right)
 \end{aligned}$$

In Bild 22 sind zur Verdeutlichung das Ausschal-Umsetzen und das Einschal-Umsetzen für das Umsetzen durch die Deckenöffnung in einer 3-D-Ansicht dargestellt. Beim Ausschal-Umsetzen wird das Gebinde bis zur Deckenöffnung mit einer Hubameise verschoben (grüne Pfeile). Im Anschluss daran wird das Gebinde an den Kran angehängt und durch die Deckenöffnung hindurch auf die Ebene  $i+1$  versetzt (blaue Pfeile). In diesem Bild wurde auch deutlich gemacht, dass die Startposition auf Ebene  $i$  und die Zielposition auf Ebene  $i+1$  unterschiedliche Koordinaten haben. Im Regelfall sind diese Koordinaten unterschiedlich. Beim Ausschalen auf Ebene  $i$  werden die Gebinde nacheinander befüllt. Bereits befüllte Gebinde können, während die Ausschalarbeiten durchgeführt werden, bereits zur Deckenöffnung versetzt werden.

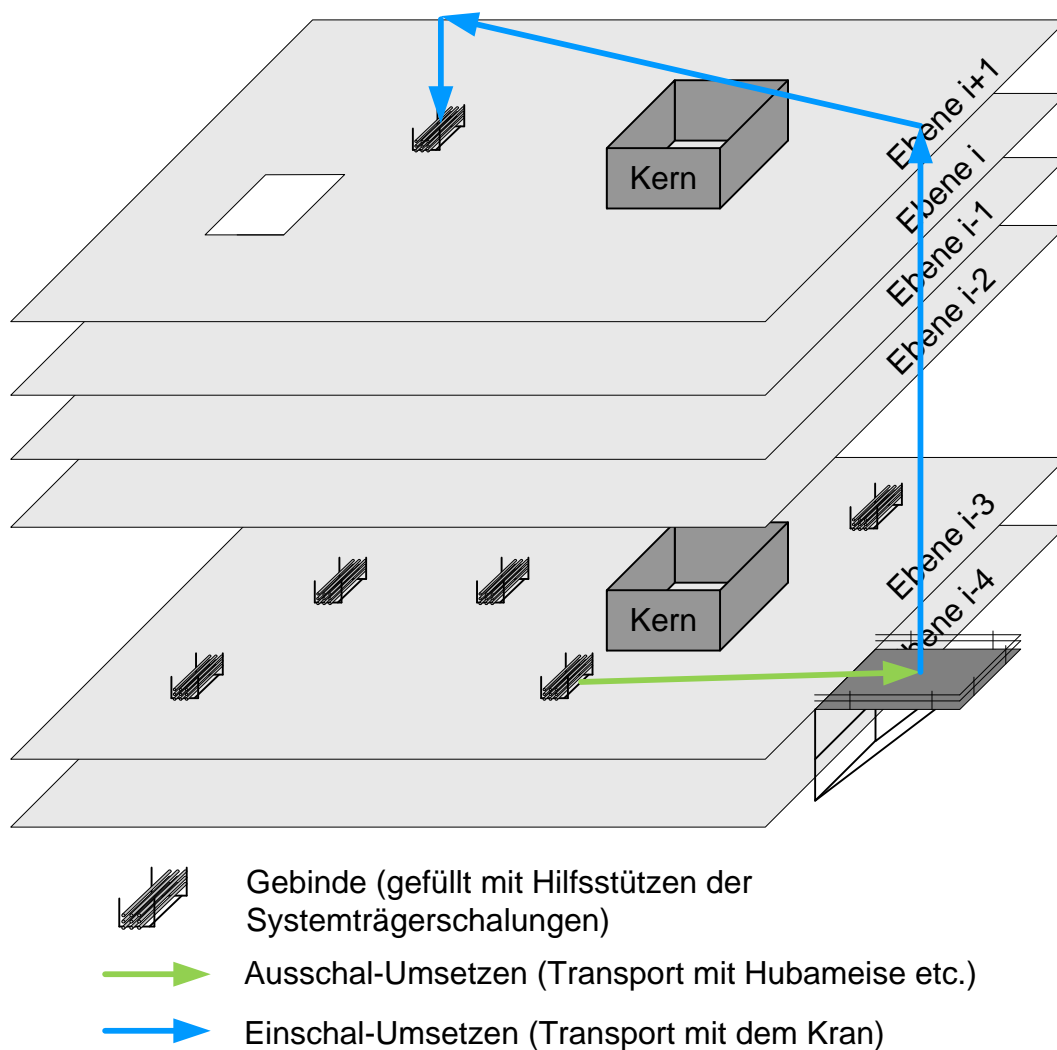
Das Abstellen auf Ebene  $i+1$  wird in den meisten Fällen in Abhängigkeit von den Bauaktivitäten auf Ebene  $i+1$  (Platzverhältnisse) organisiert. Dabei muss darauf geachtet werden, dass die Gebinde gleichmässig über die Fläche verteilt werden, da vermieden werden soll, dass die Gebinde nach dem Absetzen nochmals verschoben werden müssen. Nur mit einer gleichmässigen Verteilung wird erreicht, dass die Wege beim Einschalen minimiert werden können.



**Bild 22: Umsetzvorgänge von Gebinden mit Systemträgerschalungen von Ebene  $i$  auf Ebene  $i+1$**

In Bild 23 wurde nun auch noch für die Umsetzungsvorgänge der Hilfsstützen eine 3D-Ansicht erstellt. Nach dem Ausschalen der Hilfsstützen in Ebene i-3 wird das Gebinde auf die am Rand montierte Umsetzbühne verschoben (grüner Pfeil in Bild 23). Von dort wird es mit dem Kran auf die Ebene i+1 versetzt (blaue Pfeile). Dabei muss der Kran das Gebinde soweit anheben, dass es nicht mit dem bereits erstellten Kern kollidiert.

In Bild 23 wird auch ersichtlich, dass analog zum Umsetzprozess von Ebene i zu i+1 (Bild 22) die Koordinaten von Start- und Zielpositionen unterschiedlich sind.



**Bild 23: Umsetzungsvorgänge von Gebinden mit Hilfsstützen von Systemträgerschalungen – Umsetzen von Ebene i-3 auf Ebene i+1**



### 5.1.4 Elementarprozessgruppe Einschalen

In der vorangegangenen Elementarprozessgruppe wurden die Gebinde auf der Ebene  $i+1$  verteilt. Von Vorteil ist in diesem Zusammenhang, wenn die Verteilung der Gebinde auf Basis der Teilflächenschwerpunkte erfolgte. Dann ist sichergestellt, dass die Wege beim Einschalen minimiert sind.

Die Elementarprozessgruppe Einschalen setzt sich aus den folgenden drei Elementarprozessen zusammen:

$$T_{EPG:Ein,MP:i+1}^{Theo,D,STS} = \{ T_{Ein,Re,i+1}^{Theo,D,STS}; T_{Ein,So,i+1}^{Theo,D,STS}; T_{Ein,Dö,i}^{Theo,D,STS} \}$$

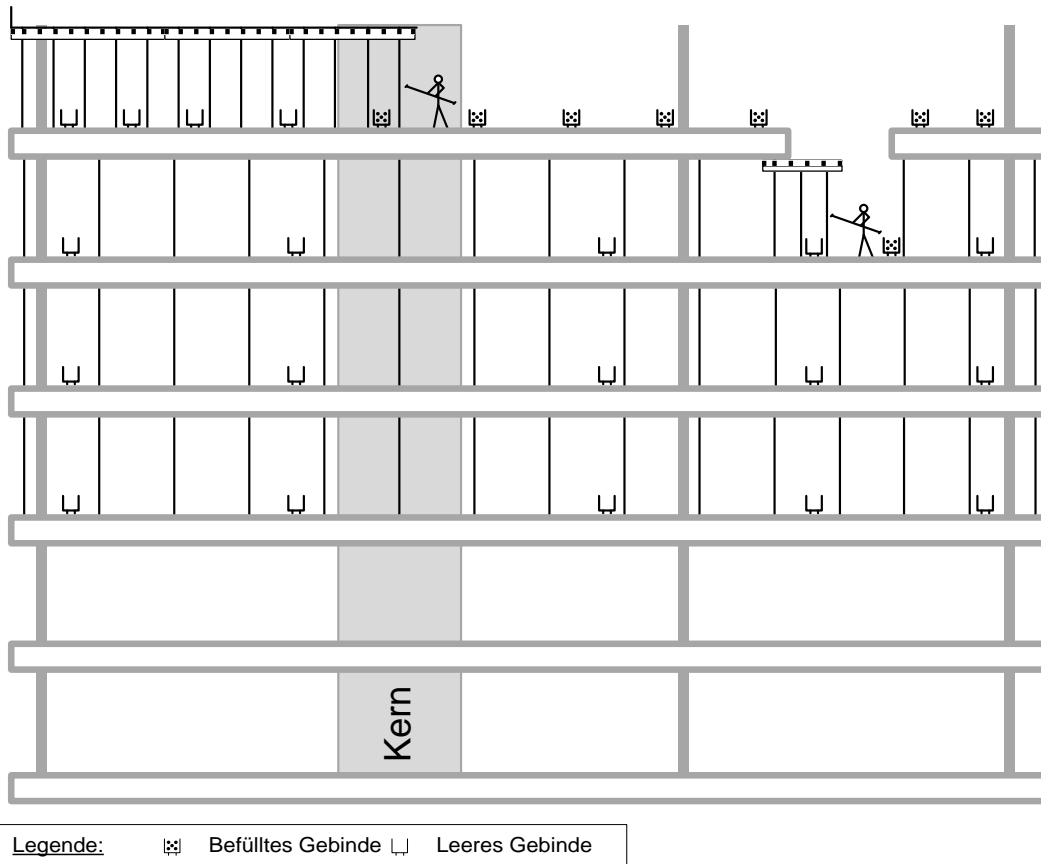
$T_{EPG:Ein,MP:i+1}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Elementarprozessgruppendauer für das [min]  
Einschalen ( $EPG:Ein$ ) bei Systemträgerschalungen ( $STS$ )  
bei Decken ( $D$ ) bezogen auf den Modulprozess „Decke über Ebene  $i+1$ “

$T_{Ein,Re,i+1}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das [min]  
Regel-Einschalen ( $Ein,Re$ ) über der Ebene  $i+1$   
mit Systemträgerschalungen ( $STS$ ) bei Decken ( $D$ )

$T_{Ein,So,i+1}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für die [min]  
Sonderarbeiten beim Einschalen ( $Ein,Do$ ) über der Ebene  $i+1$   
mit Systemträgerschalungen ( $STS$ ) bei Decken ( $D$ )

$T_{Ein,Dö,i}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das [min]  
Einschalen der Deckenöffnung ( $Ein,Dö$ ) über der Ebene  $i$   
mit Systemträgerschalungen ( $STS$ )

In der nachfolgenden Abbildung (Bild 24) ist die schematische Momentaufnahme des Einschalvorganges im Modulprozess „Decke über Ebene  $i$ “ dargestellt. In dieser Elementarprozessgruppe wird auf Ebene  $i+1$  die Systemträgerschalung montiert und ebenso die Schalung für die Deckenöffnung der Ebene  $i$ .



**Bild 24: Elementarprozessgruppe Einschalen bei Systemträgerschalungen (Decke) im Modulprozess „Decke über Ebene i+1“**

#### 5.1.4.1 Elementarprozess Regel-Einschalen

Das Einschalen auf der Ebene i+1 wird aufgeteilt in das Regel-Einschalen und in die Sonderarbeiten für das Einschalen. Für das Regel-Einschalen inklusive Ölen ergibt sich folgende theoretische Elementarprozessdauer:

$$T_{Ein,Re,i+1}^{Theo,D,STS} = a_{Ein,Re}^{Theo,D,STS} \cdot A_{Ein,Re,i+1}^{D,STS}$$

$T_{Ein,Re,i+1}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das Regel-Einschalen ( $Ein,Re$ ) über der Ebene  $i+1$  mit Systemträgerschalungen ( $STS$ ) bei Decken ( $D$ ) [min]

$a_{Ein,Re}^{Theo,D,STS}$  = Theoretischer Aufwandswert für das Regel-Einschalen ( $Ein$ ) inkl. Ölen von Systemträgerschalungen ( $STS$ ) bei Decken ( $D$ ) [min / m<sup>2</sup>]

$A_{Ein,Re,i+1}^{D,STS}$  = Fläche ( $A$ ) der Decke ( $D$ ), die über der Ebene  $i$  regel- eingeschalt werden soll ( $Ein,Re$ ) bei Systemträger- schalungen ( $STS$ ) [m<sup>2</sup>]

### 5.1.4.2 Elementarprozess Sonderarbeiten beim Einschalen

Die üblicherweise auftretenden Sonderarbeiten verursachen folgende Arbeit:

$$T_{Ein,So,i+1}^{Theo,D,STS} = \sum_{\eta} \left( a_{Ein,So,\eta}^{Theo,D,STS} \cdot Z_{\eta,i+1} \right) \quad \text{mit } \eta = \left\{ \eta \mid \eta = \begin{bmatrix} \text{Ecken} \\ \text{Aussparungen} \\ \text{Beischalarbeiten} \\ \text{Unterzüge} \\ \text{etc.} \end{bmatrix} \right\}$$

$T_{Ein,So,i+1}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für Sonderarbeiten beim Einschalen (*Ein,So*) der Decke (*D*) über Ebene *i+1* beim Einsatz von Systemträgerschalungen (*STS*) [min]

$a_{Ein,So,\eta}^{Theo,D,STS}$  = Theoretischer Aufwandswert für Sonderarbeiten beim Einschalen (*Ein,So*) der Decke (*D*) beim Einsatz von Systemträgerschalungen (*STS*) [min / ME]

$Z_{\eta,i+1}$  = Mengeneinheiten für die Sonderarbeiten auf Ebene *i+1* (z.B. ME = m<sup>2</sup>, Anzahl Stützen etc.) [ME]

$\eta$  = Art der Sonderarbeiten [-]

### 5.1.4.3 Elementarprozess Regel-Einschalen

Für das Einschalen der Deckenöffnung ergibt sich die folgende theoretische Elementarprozessdauer:

$$T_{Ein,Dö,i}^{Theo,D,STS} = a_{Ein,Dö}^{Theo,D,STS} \cdot A_{Ein,Dö,i}^{D,STS}$$

$T_{Ein,Dö,i}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das Einschalen der Deckenöffnung (*Ein,Dö*) über der Ebene *i* mit Systemträgerschalungen (*STS*) bei Decken (*D*) [min]

$a_{Ein,Dö}^{Theo,D,STS}$  = Theoretischer Aufwandswert für das Einschalen der Deckenöffnung (*Ein*) von Systemträgerschalungen (*STS*) bei Decken (*D*) [min / m<sup>2</sup>]

$A_{Ein,Dö,i}^{D,STS}$  = Fläche (*A*) der Deckenöffnung (*Dö*), die über der Ebene *i* eingeschalt werden soll (*Ein,Dö*) bei Systemträgerschalungen (*STS*) [m<sup>2</sup>]

#### 5.1.4.4 Zusammenfassung der Elementarprozesse der Elementarprozessgruppe Einschal-Umsetzen

Nach den durchgeführten Herleitungen können nun die Elementarprozesse der Elementarprozessgruppe Einschalen für den Modulprozess „Decke über Ebene i+1“ für Systemträgerschalungen zusammengefasst dargestellt werden:

$$\begin{aligned}
 T_{EPG:Ein,MP:i+1}^{Theo,D,STS} &= \left\{ T_{Ein,Re,i+1}^{Theo,D,STS}; T_{Ein,So,i+1}^{Theo,D,STS}; T_{Ein,Dö,i}^{Theo,D,STS} \right\} \\
 T_{Ein,Re,i+1}^{Theo,D,STS} &= a_{Ein,Re}^{Theo,D,STS} \cdot A_{Ein,Re,i+1}^{D,STS} \\
 T_{Ein,So,i+1}^{Theo,D,STS} &= \sum_{\eta} \left( a_{Ein,So,\eta}^{Theo,D,STS} \cdot Z_{\eta,i+1} \right) \text{ mit } \eta = \left\{ \eta \left| \eta = \begin{array}{l} \text{Ecken} \\ \text{Aussparungen} \\ \text{Beischalarbeiten} \\ \text{Unterzüge} \\ \text{etc.} \end{array} \right. \right\} \\
 T_{Ein,Dö,i}^{Theo,D,STS} &= a_{Ein,Dö}^{Theo,D,STS} \cdot A_{Ein,Dö,i}^{D,STS}
 \end{aligned}$$

Eine Addition der beiden auf der Ebene i+1 stattfindenden Elementarprozesse ist denkbar, sofern diese Prozesse von einer Arbeitsgruppe durchgeführt werden.

### 5.1.5 Elementarprozessgruppe Bewehren

Der Elementarprozessgruppe Bewehren werden im Modulprozess „Decke über Ebene i+1“ zwei Elementarprozesse zugeordnet. Der eine Elementarprozess findet auf der Ebene i+1 statt (Regel-Bewehren), der andere auf der Ebene i (Bewehren der Deckenöffnung):

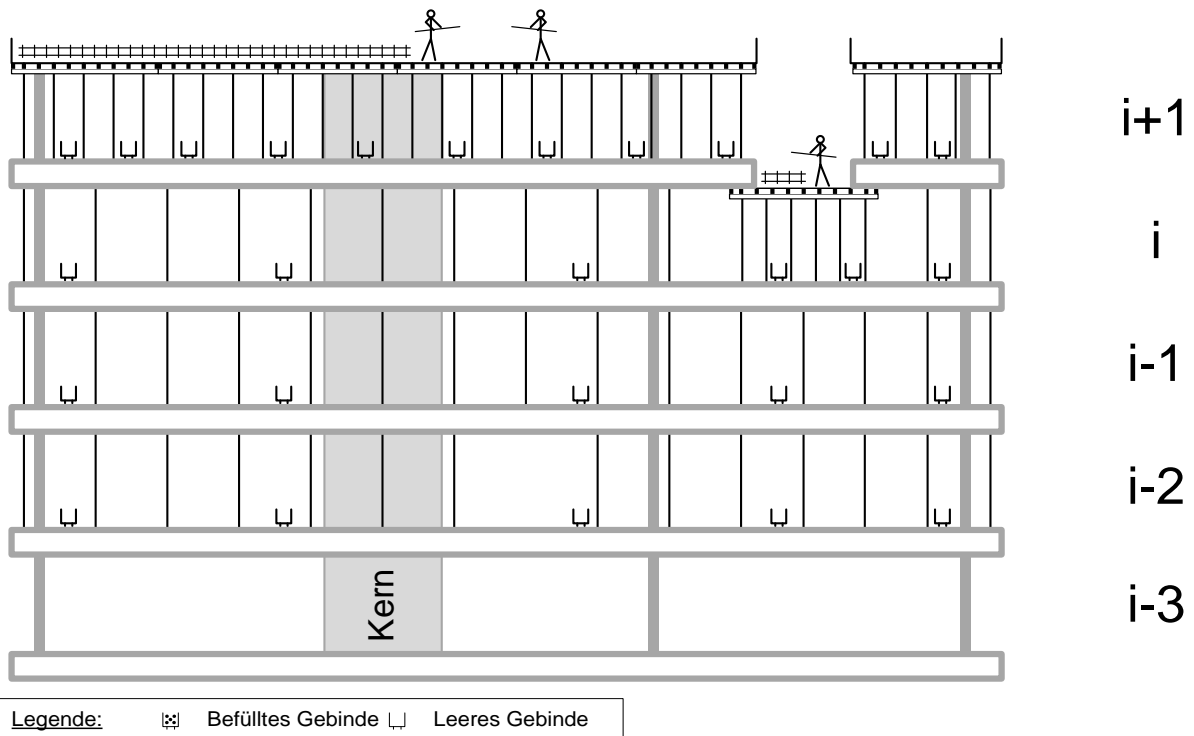
$$T_{EPG:Bew,MP:i+1}^{Theo,D,STS} = \{ T_{Bew,Re,i+1}^{Theo,D,STS}, T_{Bew,Dö,i}^{Theo,D,STS} \}$$

$T_{EPG:Bew,MP:i+1}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Elementarprozessgruppendauer für das [min]  
 Bewehren ( $EPG:Bew$ ) der Decken ( $D$ ) im Modulprozess „Decke über Ebene  $i+1$ “ mit Systemträgerschalungen ( $STS$ )

$T_{Bew,Re,i+1}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das [min]  
 Regel-Bewehren ( $Bew,Re$ ) der Decke ( $D$ ) über Ebene  $i+1$  bei Systemträgerschalungen ( $STS$ )

$T_{Bew,Dö,i}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das [min]  
 Deckenöffnung-Bewehren ( $Bew,Dö$ ) der Decke ( $D$ ) über Ebene  $i$  bei Systemträgerschalungen ( $STS$ )

Im nachfolgenden Bild 25 ist durch die Strichfiguren gut zu erkennen, wo sich die beiden Elementarprozesse abspielen.



**Bild 25: Elementarprozessgruppe Bewehren bei Systemträgerschalungen (Decke) im Modulprozess "Decke über Ebene i+1"**

### 5.1.5.1 Elementarprozess Regel-Bewehren

Die für das Regel-Bewehren der Decke benötigte Zeit  $T_{Bew,Re,i+1}^{Theo,D}$  hängt direkt von der Masse der einzubauenden Bewehrung  $m_{Re,i+1}^D$  ab:

$$T_{Bew,Re,i+1}^{Theo,D,STS} = a_{Bew,Re}^{Theo,D,STS} \cdot m_{Re,i+1}^D$$

$T_{Bew,Re,i+1}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das [min]  
 Regel-Bewehren ( $Bew,Re$ ) der Decke ( $D$ )  
 über Ebene  $i+1$  bei Systemträgerschalungen ( $STS$ )

$a_{Bew,Re}^{Theo,D,STS}$  = Theoretischer Aufwandswert für das [min / kg]  
 Regel-Bewehren ( $Bew,Re$ ) der Decke ( $D$ ) bei  
 Systemträgerschalungen ( $STS$ )

$m_{Re,i+1}^D$  = Masse der in der Decke ( $D$ ) über Ebene  $i+1$  [kg]  
 einzubauenden Bewehrung

Der Aufwandswert  $a_{Bew,Re}^{Theo,D,STS}$  ist vom durchschnittlichen Bewehrungsgehalt und von der Komplexität der Arbeiten abhängig (durchschnittliche Anzahl und Grösse von Aussparungen und Anschlussbewehrung etc.). Werden Rollenmatten oder Ähnliches verwendet, reduziert sich im Regelfall der Aufwandswert. Der Index zur Angabe der Ebene ist nicht notwendig, da dieser Aufwandswert für alle Ebenen gültig ist.

### 5.1.5.2 Elementarprozess Deckenöffnung-Bewehren

Die Zusatzbezeichnung „Regel-“ wird verwendet, da im gleichen Modulprozess auch noch ein Geschoss niedriger (Ebene  $i$ ) die Deckenöffnung bewehrt wird, dieser Elementarprozess wird mit dem Zusatz „Deckenöffnung-“ erweitert:

$$T_{Bew,Dö,i}^{Theo,D,STS} = a_{Bew,Dö}^{Theo,D,STS} \cdot m_{Dö,i}^D$$

$T_{Bew,Dö,i}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das [min]  
 Deckenöffnung-Bewehren ( $Bew,Dö$ ) der Decke ( $D$ )  
 über Ebene  $i$  bei Systemträgerschalungen ( $STS$ )

$a_{Bew,Dö}^{Theo,D,STS}$  = Theoretischer Aufwandswert für das Deckenöffnung- [min / kg]  
 Bewehren ( $Bew,Dö$ ) der Decke ( $D$ )  
 bei Systemträgerschalungen ( $STS$ )

$m_{Dö,i}^D$  = Masse der in der Deckenöffnung ( $Dö$ ) über Ebene  $i$  [kg]  
 einzubauenden Bewehrung

### 5.1.5.3 Zusammenfassung der Elementarprozesse der Elementarprozessgruppe Bewehren

Für die Elementarprozessgruppe Bewehren beim Einsatz von Systemträgerschalungen im Modulprozess „Decke über Ebene i+1“ kann zusammengefasst folgende Dauer ermittelt werden:

$$T_{EPG:Bew,MP:i+1}^{Theo,D,STS} = \left\{ T_{Bew,Re,i+1}^{Theo,D,STS}, T_{Bew,D\ddot{o},i}^{Theo,D,STS} \right\} \text{ mit}$$

$$T_{Bew,Re,i+1}^{Theo,D,STS} = a_{Bew,Re}^{Theo,D,STS} \cdot m_{Re,i+1}^D$$

$$T_{Bew,D\ddot{o},i}^{Theo,D,STS} = a_{Bew,D\ddot{o}}^{Theo,D,STS} \cdot m_{D\ddot{o},i}^D$$

### 5.1.6 Elementarprozessgruppe Betonieren

Auch die Elementarprozessgruppe Betonieren setzt sich aus Elementarprozessen von Ebene  $i$  und Ebene  $i+1$  zusammen:

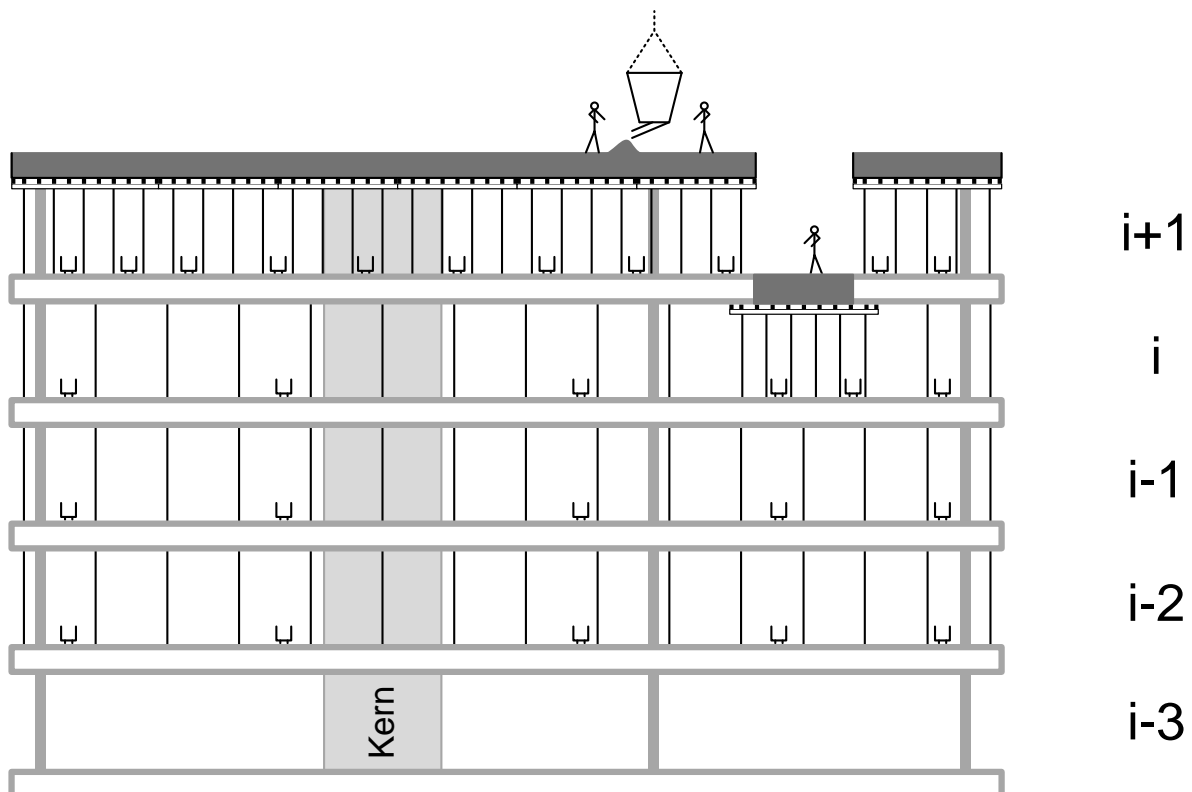
$$T_{EPG:Bet,MP:i+1}^{Theo,D,STS} = \{T_{Bet,Re,i+1}^{Theo,D,STS}; T_{Bet,D\ddot{o},i}^{Theo,D,STS}\}$$

$T_{EPG:Bet,MP:i+1}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Elementarprozessgruppendauer für das [min]  
Betonieren ( $EPG:Bet$ ) der Decken ( $D$ ) im Modulprozess  
„Decke über Ebene  $i+1$ “ mit Systemträgerschalungen ( $STS$ )

$T_{Bet,Re,i+1}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das [min]  
Regel-Betonieren ( $Bet,Re$ ) der Decke ( $D$ )  
über Ebene  $i+1$  bei Systemträgerschalungen ( $STS$ )

$T_{Bet,D\ddot{o},i}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das [min]  
Deckenöffnung-Betonieren ( $Bet,D\ddot{o}$ ) der Decke ( $D$ )  
über Ebene  $i$  bei Systemträgerschalungen ( $STS$ )

Im nachfolgenden Bild 26 ist erneut durch die Strichfiguren dargestellt, wo sich die beiden Elementarprozesse abspielen.



**Bild 26: Elementarprozessgruppe Betonieren bei Systemträgerschalungen (Decke) im Modulprozess "Decke über Ebene  $i+1$ "**



### 5.1.6.1 Elementarprozess Regel-Betonieren

Beim Elementarprozess Regel-Betonieren werden die Aufwandswerte zum Einen auf die Betonkubatur zum Anderen auf die Betonoberfläche bezogen:

$$T_{Bet,Re,i+1}^{Theo,D,STS} = a_{Bet,Re}^{Theo,D,STS} \cdot V_{Bet,Re,i+1}^{D,STS} + \sum_n a_{Bet,Zu,n}^{Theo,D,STS} \cdot A_{Bet,Zu,i+1}^{D,STS}$$

$T_{Bet,Re,i+1}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das Regel-Betonieren ( $Bet,Re$ ) der Decke ( $D$ ) über Ebene  $i+1$  bei Systemträgerschalungen ( $STS$ ) [min]

$a_{Bet,Re}^{Theo,D,STS}$  = Theoretischer Aufwandswert für das Regel-Betonieren ( $Bet,Re$ ) bei Systemträgerschalungen ( $STS$ ) [min / m<sup>3</sup>]

$V_{Bet,Re,i+1}^{D,STS}$  = Volumen für das Regel-Betonieren ( $Bet,Re$ ) der Decke ( $D$ ) über Ebene  $i+1$  bei Systemträgerschalungen ( $STS$ ) [m<sup>3</sup>]

$a_{Bet,Zu,n}^{Theo,D,STS}$  = Theoretischer Aufwandswert für die Zusatzarbeiten ( $Bet,Zu$ ) bei Systemträgerschalungen ( $STS$ ) Laufindex  $n$ : Abgleichen, Abziehen, Abreiben, Glätten etc. [min / m<sup>2</sup>]

$A_{Bet,Zu,i+1}^{D,STS}$  = Betonoberfläche für die Zusatzarbeiten ( $Bet,Zu$ ) bei der Decke ( $D$ ) über Ebene  $i+1$  bei Systemträgerschalungen ( $STS$ ) [m<sup>2</sup>]

### 5.1.6.2 Elementarprozess Deckenöffnung-Betonieren

Für den Elementarprozess Betonieren der Deckenöffnung ein Geschoss weiter unten ergibt sich die Elementarprozessdauern analog zur Vorangegangenen:

$$T_{Bet,Dö,i}^{Theo,D,STS} = a_{Bet,Dö}^{Theo,D,STS} \cdot V_{Bet,Dö,i}^{D,STS} + \sum_n a_{Bet,Zu-Dö,n}^{Theo,D,STS} \cdot A_{Bet,Zu-Dö,i}^{D,STS}$$

$T_{Bet,Dö,i}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das Deckenöffnung-Betonieren ( $Bet,Dö$ ) der Decke ( $D$ ) über Ebene  $i$  bei Systemträgerschalungen ( $STS$ ) [min]

$a_{Bet,Dö}^{Theo,D,STS}$  = Theoretischer Aufwandswert für das Deckenöffnung-Betonieren ( $Bet,Dö$ ) bei Systemträgerschalungen ( $STS$ ) [min / m<sup>3</sup>]

$V_{Bet,Dö,i}^{D,STS}$  = Volumen für das Deckenöffnung-Betonieren ( $Bet,Dö$ ) der Decke ( $D$ ) über Ebene  $i$  bei Systemträgerschalungen ( $STS$ ) [m<sup>3</sup>]

$a_{Bet,Zu-Dö,n}^{Theo,D,STS}$  = Theoretischer Aufwandswert für die Zusatzarbeiten [min / m<sup>2</sup>]

bei Deckenöffnungen (*Bet,Zu-Dö*) bei Systemträgerschalungen (*STS*)

Laufindex *n*: Abgleichen, Abziehen, Abreiben, Glätten etc.

$A_{Bet,Zu-Dö,i}^{D,STS}$  = Betonoberfläche für die Zusatzarbeiten bei der Decken-  $[m^2]$   
 öffnung (*Bet,Zu-Dö*) in der Decke (*D*) über Ebene *i* bei  
 Systemträgerschalungen (*STS*)

### 5.1.6.3 Zusammenfassung der Elementarprozesse der Elementarprozessgruppe Betonieren

Für die Elementarprozessgruppe Betonieren können die soeben dargestellten Elementarprozessdauern zusammengefasst dargestellt werden:

$$T_{EPG:Bet,MP:i+1}^{Theo,D,STS} = \left\{ T_{Bet,Re,i+1}^{Theo,D,STS}; T_{Bet,Dö,i}^{Theo,D,STS} \right\} \text{ mit}$$

$$T_{Bet,Re,i+1}^{Theo,D,STS} = a_{Bet,Re}^{Theo,D,STS} \cdot V_{Bet,Re,i+1}^{D,STS} + \sum_n a_{Bet,Zu,n}^{Theo,D,STS} \cdot A_{Bet,Zu,i+1}^{D,STS}$$

$$T_{Bet,Dö,i}^{Theo,D,STS} = a_{Bet,Dö}^{Theo,D,STS} \cdot V_{Bet,Dö,i}^{D,STS} + \sum_n a_{Bet,Zu-Dö,n}^{Theo,D,STS} \cdot A_{Bet,Zu-Dö,i}^{D,STS}$$

### 5.1.7 Zusammenfassung aller Elementarprozesse der Systemträgerschalung als Deckenschalung

Ausschalen:

$$T_{EPG:Aus,MP:i}^{Theo,D,STS} = \left\{ T_{Aus,Re,i}^{Theo,D,STS}; T_{Aus,So,i}^{Theo,D,STS}; T_{Aus,D\ddot{o},i-1}^{Theo,D,STS}; T_{Aus,HS,i-3}^{Theo,D,STS} \right\} \text{ mit}$$

$$T_{Aus,Re,i}^{Theo,D,STS} = a_{Aus,Re}^{Theo,D,STS} \cdot A_{Aus,Re,i}^{D,STS}$$

$$T_{Aus,So,i}^{Theo,D,STS} = \sum_{\eta} \left( a_{Aus,So,\eta}^{Theo,D,STS} \cdot Z_{\eta,i} \right)$$

$$T_{Aus,D\ddot{o},i-1}^{Theo,D,STS} = a_{Aus,D\ddot{o}}^{Theo,D,STS} \cdot A_{Aus,D\ddot{o},i-1}^{D,STS}$$

$$T_{Aus,HS,i-3}^{Theo,D,STS} = a_{Aus,HS}^{Theo,D,STS} \cdot A_{Aus,HS,i-3}^{D,STS}$$

Ausschal-Umsetzen:

$$T_{EPG:A-Um,MP:i}^{Theo,D,STS} = \left\{ T_{A-Um,Re,i}^{Theo,D,STS}; T_{A-Um,D\ddot{o},i-1}^{Theo,D,STS}; T_{A-Um,HS,i-3}^{Theo,D,STS} \right\} \text{ mit}$$

$$T_{A-Um,Re,i}^{Theo,D,STS} = \sum_{j(Re)} t_{A-Um,Re,i,j}^{Theo,D,STS} = \sum_{j(Re)} \left( \frac{S_{G_{i,j+1,j}}^{D,STS}}{v_{A-Um,l}^{Theo,D,STS}} + \frac{S_{G_{i,j+1,j}}^{D,STS}}{v_{A-Um,v}^{Theo,D,STS}} + 2 \cdot t_{Lad}^{Theo,D,STS} \right)$$

$$T_{A-Um,D\ddot{o},i-1}^{Theo,D,STS} = \sum_{j(D\ddot{o})} t_{A-Um,D\ddot{o},i-1,j}^{Theo,D,STS} = \sum_{j(D\ddot{o})} \left( \frac{S_{G_{i-1,j+1,j}}^{D,STS}}{v_{A-Um,l}^{Theo,D,STS}} + \frac{S_{G_{i-1,j+1,j}}^{D,STS}}{v_{A-Um,v}^{Theo,D,STS}} + 2 \cdot t_{Lad}^{Theo,D,STS} \right)$$

$$T_{A-Um,HS,i-3}^{Theo,D,STS} = \sum_{j(HS)} t_{A-Um,HS,i-3,j}^{Theo,D,STS} = \sum_{j(HS)} \left( \frac{S_{G_{i-3,j+1,j}}^{D,STS}}{v_{A-Um,l}^{Theo,D,STS}} + \frac{S_{G_{i-3,j+1,j}}^{D,STS}}{v_{A-Um,v}^{Theo,D,STS}} + 2 \cdot t_{Lad}^{Theo,D,STS} \right)$$

Einschal-Umsetzen:

$$T_{EPG:E-Um,MP:i+1}^{Theo,D,STS} = \left\{ T_{E-Um,Re,i}^{Theo,D,STS}; T_{E-Um,D\ddot{o},i-1}^{Theo,D,STS}; T_{E-Um,HS,i-3}^{Theo,D,STS} \right\} \text{ mit}$$

$$T_{E-Um,Re,i}^{Theo,D,STS} = \sum_{j(Re)} 2 \cdot \left( t_A^{Theo,D,STS} + t_{H1}^{Theo} + \text{Max} \left( t_{Sch,G_{i,j+1,j}}^{Theo} = \frac{|\alpha_{G_{i,j+1,j}}|}{\omega_{Schwenk}}; t_{K,G_{i,j+1,j}}^{Theo} = \frac{\Delta l_{G_{i,j+1,j}}}{v_{Katze}^{Theo}} \right) + t_{H0}^{Theo} \right)$$

$$T_{E-Um,D\ddot{o},i-1}^{Theo,D,STS} = \sum_{j(D\ddot{o})} \sum_{k(j(D\ddot{o}))} \left( t_{Tr,H2,v}^{Theo,D,STS} + \frac{S_{G_{i-1,j+1,j,k}}}{v_{Tr,Eb,v}^{Theo,D,STS}} + \frac{S_{G_{i-1,j+1,j,k}}}{v_{Tr,Eb,l}^{Theo,D,STS}} + t_{Tr,H2,l}^{Theo,D,STS} \right)$$

$$T_{E-Um,HS,i-3}^{Theo,D,STS} = \sum_{j(HS)} 2 \cdot \left( t_A^{Theo,D,STS} + t_{H4}^{Theo} + \text{Max} \left( t_{Sch,G_{i-3,j+1,j}}^{Theo}; t_{K,G_{i-3,j+1,j}}^{Theo} \right) + t_{H0}^{Theo} \right)$$

**Einschalen:**

$$T_{EPG:Ein,MP:i+1}^{Theo,D,STS} = \left\{ T_{Ein,Re,i+1}^{Theo,D,STS}; T_{Ein,So,i+1}^{Theo,D,STS}; T_{Ein,Dö,i}^{Theo,D,STS} \right\}$$

$$T_{Ein,Re,i+1}^{Theo,D,STS} = a_{Ein,Re}^{Theo,D,STS} \cdot A_{Ein,Re,i+1}^{D,STS}$$

$$T_{Ein,So,i+1}^{Theo,D,STS} = \sum_{\eta} \left( a_{Ein,So,\eta}^{Theo,D,STS} \cdot Z_{\eta,i+1} \right)$$

$$T_{Ein,Dö,i}^{Theo,D,STS} = a_{Ein,Dö}^{Theo,D,STS} \cdot A_{Ein,Dö,i}^{D,STS}$$

**Bewehren:**

$$T_{EPG:Bew,MP:i+1}^{Theo,D,STS} = \left\{ T_{Bew,Re,i+1}^{Theo,D,STS}; T_{Bew,Dö,i}^{Theo,D,STS} \right\} \text{ mit}$$

$$T_{Bew,Re,i+1}^{Theo,D,STS} = a_{Bew,Re}^{Theo,D,STS} \cdot m_{Re,i+1}^D$$

$$T_{Bew,Dö,i}^{Theo,D,STS} = a_{Bew,Dö}^{Theo,D,STS} \cdot m_{Dö,i}^D$$

**Betonieren:**

$$T_{EPG:Bet,MP:i+1}^{Theo,D,STS} = \left\{ T_{Bet,Re,i+1}^{Theo,D,STS}; T_{Bet,Dö,i}^{Theo,D,STS} \right\} \text{ mit}$$

$$T_{Bet,Re,i+1}^{Theo,D,STS} = a_{Bet,Re}^{Theo,D,STS} \cdot V_{Bet,Re,i+1}^{D,STS} + \sum_n a_{Bet,Zu,n}^{Theo,D,STS} \cdot A_{Bet,Zu,i+1}^{D,STS}$$

$$T_{Bet,Dö,i}^{Theo,D,STS} = a_{Bet,Dö}^{Theo,D,STS} \cdot V_{Bet,Dö,i}^{D,STS} + \sum_n a_{Bet,Zu-Dö,n}^{Theo,D,STS} \cdot A_{Bet,Zu-Dö,i}^{D,STS}$$

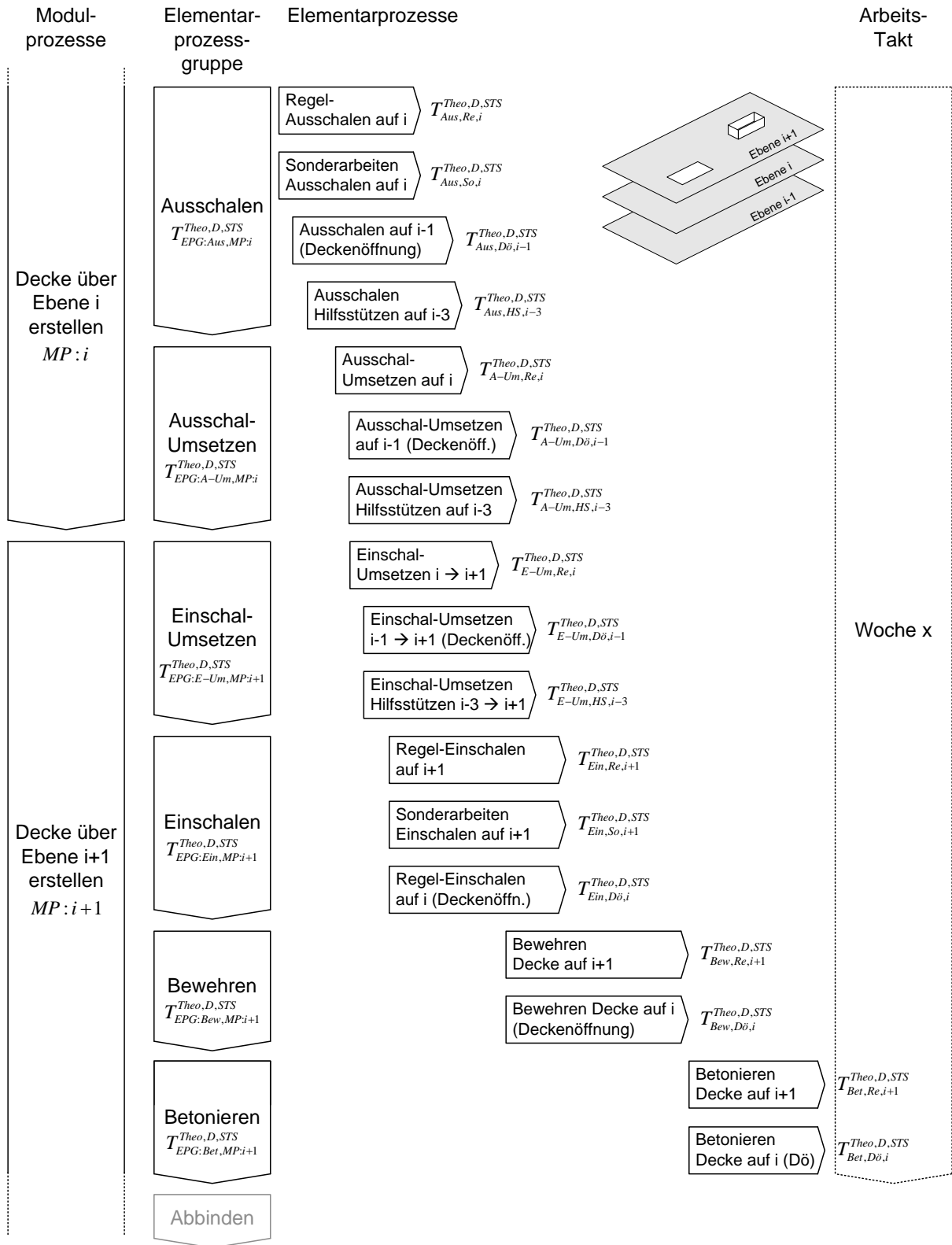


Bild 27: Prozesskette eines Arbeitstaktes bei Systemträgerschalungen (Decke)

## 5.2 Deckentische

In diesem Kapitel werden Deckentische untersucht. Deckentische werden aus den folgenden Elementen vormontiert:

- Stützen (Stahl oder Alu)
- Längsträger (Holz oder Stahl)
- Querträger (meist Holz)
- Schalhaut (meist Holz)

Diese Schalungselemente (mit Ausnahme der Stahl-Längsträger) entsprechen den Elementen der Systemträgerschalung. Es gibt Tischsystemen, die für die Stützenköpfe spezielle Konstruktionen für den leichteren Umbau beziehungsweise für das Kippen der Stützen besitzen (siehe Bild 28).



**Bild 28: Deckentisch mit Längsträgern aus Stahl [10]**

Deckentische weisen im Regelfall geringere Aufwandswerte auf im Vergleich zu Systemträgerschalungen, da das Auf- und Abbauen der Elemente nicht notwendig ist.

Doch die festen Abmessungen verursachen bei unregelmässigen Gebäudegrundrissen einen erhöhten Zeitaufwand bei den Beischalflächen.

In Bild 29 wurden die sechs Elementarprozessgruppen für die Herstellung von Decken beim Einsatz von Deckentischen dargestellt. Durch die Strichfiguren beziehungsweise die Pfeile ist erkennbar, auf welchen Ebenen Elementarprozesse ablaufen. Für das Umsetzen der Hilfsstützen wurde wie auch schon bei den Systemträgerschalungen eine Umsetzbühne vorgesehen.



**Bild 29: Herstellungsprozess Decke mit Deckentischen**

### 5.2.1 Elementarprozessgruppe Ausschalen

Bei der Verwendung von Deckentischen werden der Elementarprozessgruppe Ausschalen drei zu berücksichtigende Elementarprozesse zugeordnet:

- Ausschalen von Sonderschalungen (z.B. Beischalungen an Stützen)
- Montage der Hilfsunterstützung (*HS*) auf Ebene *i*
- Ausschalen der Hilfsunterstützungen auf Ebene *i-3*

$$T_{EPG:Aus,MP:i}^{Theo,D,DT} = \{T_{Aus,So,i}^{Theo,D,DT}; T_{Mon,HS,i}^{Theo,D,DT}; T_{Aus,HS,i-3}^{Theo,D,DT}\}$$

$T_{EPG:Aus,MP:i}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Elementarprozessgruppendauer für das Ausschalen (*EPG:Aus*) bei Deckentischen (*DT*) bezogen auf den Modulprozess „Decke über Ebene *i*“ [min]

$T_{Aus,So,i}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für die Sonderarbeiten beim Ausschalen (*Aus,So*) bei Deckentischen (*DT*) über der Ebene *i* [min]

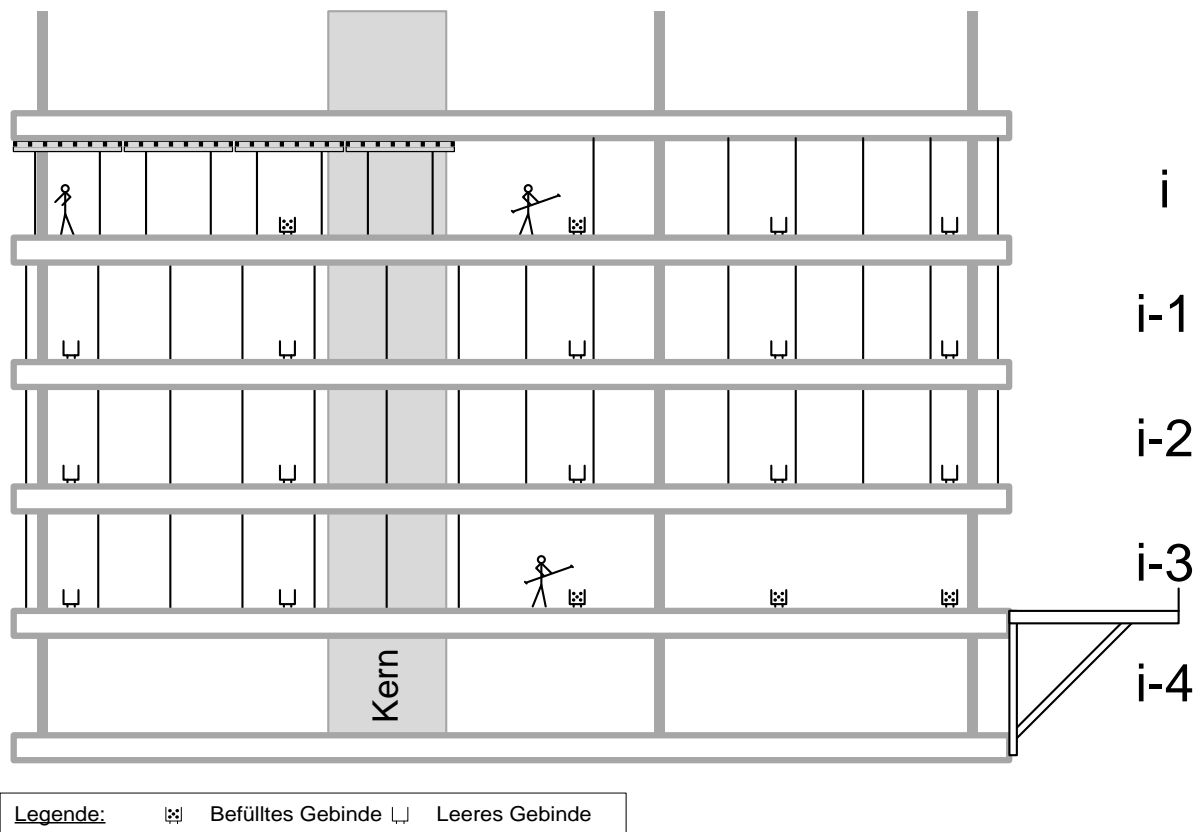
$T_{Mon,HS,i}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für die Montage von Hilfsunterstützungen (*Mon, HS*) bei Deckentischen (*DT*) über der Ebene *i* [min]

$T_{Aus,HS,i-3}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das Ausschalen von Hilfsunterstützungen (*Aus,HS*) bei Deckentischen (*DT*) auf der Ebene *i-3* [min]

Die regulären Tätigkeiten des Ausschalens bzw. der Demontage der Deckentische werden dem Elementarprozess Ausschal-Umsetzen zugeordnet. Der Grund dafür liegt in der Tatsache, dass das Ausschalen und das Umsetzen der Deckentische von der gleichen Equipe durchgeführt werden und somit zusammengefasst in der gleichen Elementarprozessdauer berücksichtigt werden müssen. Das Reinigen der Schalung wird dem Prozess Einschalen zugeordnet, da erst nach dem Umsetzen ein Reinigen von oben möglich ist.

In Bild 30 wurde mit Strichfiguren dargestellt, wo in dieser Elementarprozessgruppe Elementarprozesse durchgeführt werden.





**Bild 30: Elementarprozessgruppe Ausschalen bei Deckentischen im Modulprozess "Decke über Ebene i"**

### 5.2.1.1 Elementarprozess Sonderarbeiten beim Ausschalen

Zur Berechnung der Dauer für das Ausschalen von Sonderschalungen benötigt man den Aufwandswert  $a_{Aus,So,\eta}^{Theo,D,DT}$ :

$$T_{Aus,So,i}^{Theo,D,DT} = \sum_{\eta} \left( a_{Aus,So,\eta}^{Theo,D,DT} \cdot Z_{\eta,i} \right) \quad \text{mit } \eta = \left. \begin{array}{l} \text{Rückbau von Beischalarbeiten} \\ \text{Rückbau von Aussparungen} \\ \text{Rückbau von Unterzügen} \\ \text{etc.} \end{array} \right\}$$

$T_{Aus,So,i}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für die Sonderarbeiten beim Ausschalen (*Aus,So*) bei Deckentischen (*DT*) über der Ebene *i* [min]

$a_{Aus,So,\eta}^{Theo,D,DT}$  = Theoretischer Aufwandswert für Sonderarbeiten beim Ausschalen (*Aus,So*) der Decke (*D*) bei Deckentischen (*DT*) [min / ME]

$Z_{\eta,i}$  = Mengeneinheiten für die Sonderarbeiten auf Ebene *i* [ME]  
(z.B. ME = m<sup>2</sup>, Anzahl Stützen, etc.)

$\eta$  = Art der Sonderarbeiten [-]

### 5.2.1.2 Elementarprozess Montage Hilfsstützen

Während bzw. kurz nach dem Elementarprozess Regel-Ausschal-Umsetzen (siehe nächstes Kapitel) müssen Hilfsstützen auf der Ebene  $i$  montiert werden:

$$T_{Mon,HS,i}^{Theo,D,DT} = a_{Mon,HS}^{Theo,D,DT} \cdot A_{Mon,HS,i}^{D,DT}$$

$T_{Mon,HS,i}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für die Montage von Hilfsstützen ( $Mon, HS$ ) auf Ebene  $i$  bei Deckentischen ( $DT$ ) [min]

$a_{Mon,HS}^{Theo,D,DT}$  = Theoretischer Aufwandswert für die Montage ( $Mon$ ) der Hilfsstützen ( $HS$ ) bei Deckentischen ( $DT$ ) [min / m<sup>2</sup>]

$A_{Mon,HS,i}^{D,DT}$  = Fläche ( $A$ ) der Decke ( $D$ ) der Ebene  $i$  unter der Hilfsstützen montiert ( $Mon,HS$ ) werden, bei Deckentischen ( $DT$ ) [m<sup>2</sup>]

Alternativ könnte die Elementarprozessdauer  $T_{Mon,HS,i}^{Theo,D,DT}$  auch mittels der Anzahl der Hilfsstützen berechnet werden:

$$T_{Mon,HS,i}^{Theo,D,DT} = a_{Mon,HS(n)}^{Theo,D,DT} \cdot n_{HS,i}^{D,DT}$$

$T_{Mon,HS,i}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für die Montage von Hilfsstützen ( $Mon, HS$ ) auf Ebene  $i$  bei Deckentischen ( $DT$ ) [min]

$a_{Mon,HS(n)}^{Theo,D,DT}$  = Theoretischer Aufwandswert für die Montage ( $Mon$ ) der Hilfsstützen ( $HS$ ), abhängig von der Hilfsstützenanzahl  $n$  bei Deckentischen ( $DT$ ) [min / Stk.]

$n_{HS,i}^{D,DT}$  = Anzahl ( $n$ ) der Hilfsstützen ( $HS$ ) der Ebene  $i$  bei Deckentischen ( $DT$ ) [Stk.]

### 5.2.1.3 Elementarprozess Ausschalen von Hilfsstützen

Diese Hilfsunterstützungen werden im Regelfall nach 3-4 Wochen wieder entfernt. Somit werden im Modulprozess „Decke über Ebene  $i$ “ die Hilfsunterstützungen auf Ebene  $i-3$  entfernt, da diese dann bereits 3-4 Wochen lang dort montiert waren:

$$T_{Aus,HS,i-3}^{Theo,D,DT} = a_{Aus,HS}^{Theo,D,DT} \cdot A_{Aus,HS,i-3}^{D,DT} = a_{Aus,HS(n)}^{Theo,D,DT} \cdot n_{HS,i-3}^{D,DT}$$

$T_{Aus,HS,i-3}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das [min]

Ausschalen von Hilfsstützen (*Aus, HS*) auf Ebene *i-3* bei Deckentischen (*DT*)

$a_{Aus,HS}^{Theo,D,DT}$  = Theoretischer Aufwandswert für das Ausschalen (*Aus*) der Hilfsstützen (*HS*) bei Deckentischen (*DT*)  $[min / m^2]$

$A_{Aus,HS,i-3}^{D,DT}$  = Fläche (*A*) der Decke (*D*) der Ebene *i-3* auf der Hilfsstützen ausgeschalt (*Aus,HS*) werden, bei Deckentischen (*DT*)  $[m^2]$

$a_{Aus,HS(n)}^{Theo,D,DT}$  = Theoretischer Aufwandswert für das Ausschalen (*Aus*) der Hilfsstützen (*HS*), abhängig von der Hilfsstützenanzahl *n* bei Deckentischen (*DT*)  $[min / Stk.]$

$n_{HS,i-3}^{D,DT}$  = Anzahl (*n*) der Hilfsunterstützungen (*HS*) der Ebene *i-3* bei Deckentischen (*DT*)  $[Stk.]$

#### 5.2.1.4 Zusammenfassung der Elementarprozesse der Elementarprozessgruppe Ausschalen

Zusammenfassung der theoretischen Elementarprozessdauern der Elementarprozessgruppe Ausschalen bei Deckentischen im Modulprozess „Decke über Ebene *i*“:

$$T_{EPG:Aus,MP:i}^{Theo,D,DT} = \{ T_{Aus,So,i}^{Theo,D,DT}; T_{Mon,HS,i}^{Theo,D,DT}; T_{Aus,HS,i-3}^{Theo,D,DT} \} \text{ mit}$$

$$T_{Aus,So,i}^{Theo,D,DT} = \sum_{\eta} (a_{Aus,So,\eta}^{Theo,D,DT} \cdot Z_{\eta,i})$$

$$T_{Mon,HS,i}^{Theo,D,DT} = a_{Mon,HS}^{Theo,D,DT} \cdot A_{Mon,HS,i}^{D,DT}$$

$$T_{Aus,HS,i-3}^{Theo,D,DT} = a_{Aus,HS}^{Theo,D,DT} \cdot A_{Aus,HS,i-3}^{D,DT}$$

## 5.2.2 Elementarprozessgruppe Ausschal-Umsetzen

Wie auch schon bei den Systemträgerschalungen wird das Umsetzen in die zwei folgenden Elementarprozessgruppen aufgeteilt:

- Ausschal-Umsetzen (horizontales Verschieben, meist mittels Umsetzwagen)
- Einschal-Umsetzen (vertikales Umsetzen mit anschließendem horizontalem Umsetzen, meist mittels Kran)

In diesem Kapitel wird das Ausschal-Umsetzen untersucht. Beim Ausschal-Umsetzen werden die Deckentische auf der Ebene  $i$  umgesetzt und im gleichen Modulprozess die Gebinde mit den Hilfsstützen auf der Ebene  $i-3$  verschoben (siehe Bild 31).



**Bild 31: Elementarprozessgruppe Ausschal-Umsetzen bei Deckentischen im Modulprozess "Decke über Ebene i"**

Die Elementarprozessgruppe Ausschal-Umsetzen setzt sich aus den folgenden zwei Elementarprozessen zusammen:

$$T_{EPG:A-Um,MP:i}^{Theo,D,DT} = \{ T_{A-Um,DT,i}^{Theo,D,DT}; T_{A-Um,HS,i-3}^{Theo,D,DT} \}$$

$T_{EPG:A-Um,MP;i}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Elementarprozessgruppendauer für das Ausschal-Umsetzen ( $EPG:A-Um$ ) bei Deckentischen ( $DT$ ) bezogen auf den Modulprozess „Decke über Ebene  $i$ “ [min]

$T_{A-Um,DT,i}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das Ausschal-Umsetzen der Deckentischelemente ( $A-Um,DT$ ) bei Deckentischen ( $DT$ ) auf der Ebene  $i$  [min]

$T_{A-Um,HS,i-3}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das Ausschal-Umsetzen der Hilfsstützen ( $A-Um,HS$ ) auf der Ebene  $i-3$  bei Deckentischen ( $DT$ ) [min]

### 5.2.2.1 Elementarprozess Ausschal-Umsetzen der Deckentischelemente

Zuerst wird das horizontale Umsetzen (Ausschal-Umsetzen) der Deckentischelemente auf Ebene  $i$  betrachtet. Prinzipiell können die Deckentischschalungen folgendermassen unterschieden werden:

- Randelemente, meist mit montierten Absturzsicherungen
- Innenelemente

Die Randelemente müssen nur abgesenkt werden, es ist kein horizontales Verschieben notwendig, da der Kran diese Deckentische an der Randposition erreichen kann. Die Innenelemente werden zuerst abgesenkt und dann an eine freie Position am Rand verschoben. Hierfür wird im Regelfall ein Umsetzwagen wie in Bild 32 eingesetzt. In seltenen Fällen werden am Deckentisch für den Transport Rollen montiert. Diese Vorgehensweise ist jedoch sehr zeitaufwendig und wird daher nur selten eingesetzt. Im weiteren Verlauf wird daher nur noch der Umsetzwagen untersucht.



**Bild 32: Beispiel für einen Umsetzwagen [8]**

Abhängig von der Geometrie des Gebäudes kann es vorkommen, dass Deckentische mit verschiedenen Abmessungen verwendet werden. Es ist jedoch üblich, nicht zu viele verschiedene Typen zu verwenden.

Das Ausschal-Umsetzen und das Einschal-Umsetzen finden grossenteils gleichzeitig statt und beeinflussen sich gegenseitig. Die Schnittstelle bzw. Übergabe zwischen den beiden Elementarprozessen soll im Folgenden mit Transfer A bezeichnet werden.

Transfer A stellt die Übergabe des Deckentischs von der Verschiebeequipe (mit Umsetzwagen) zum Kran dar. Dieser Transfer findet auf der Ebene  $i$  statt. Die Übergabe des Deckentischs vom Kran zur Einschalequipe auf Ebene  $i+1$  wird analog nun mit Transfer B bezeichnet.

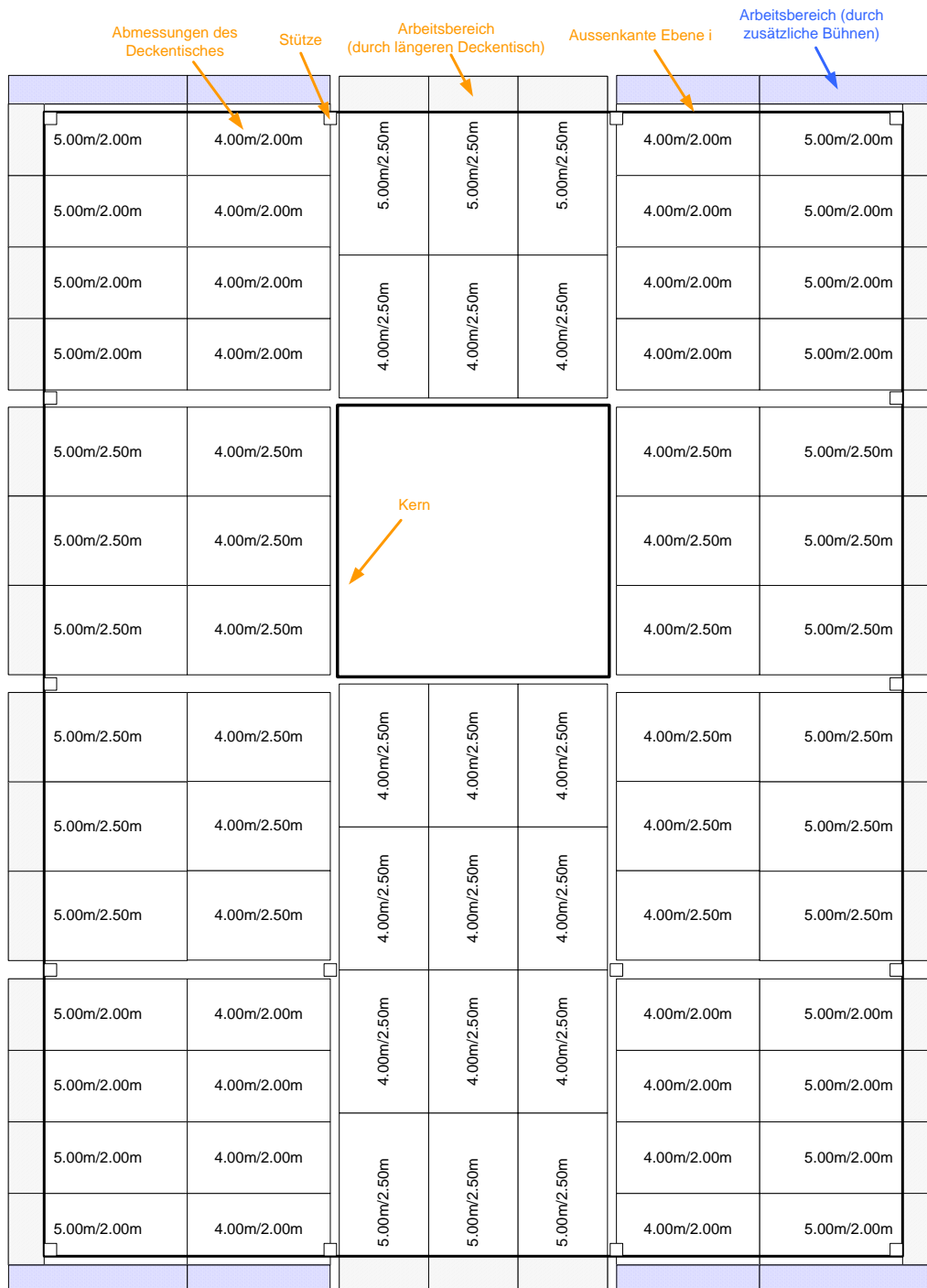
- Transfer A: Übergabe von Verschiebeequipe zum Kran (auf Ebene  $i$ )
- Transfer B: Übergabe vom Kran zur Einschalequipe (auf Ebene  $i+1$ )

Um mit den Arbeiten beginnen zu können, werden zuerst einige Randelemente mittels Umsetzgabel auf die Ebene  $i+1$  umgesetzt. Hierfür wird der jeweilige Deckentisch mit Hilfe des Umsetzwagens 20-40 cm abgesenkt. Dazu wird der Umsetzwagen unter den Deckentisch gefahren und die Tragekonstruktion des Umsetzwagens bis an die Unterkante des Deckentischs angehoben. Dann können die Stützen verkürzt werden. Daraufhin wird der Deckentisch vorsichtig abgelassen, damit er sich von der Betondecke lösen kann. Sobald der Deckentisch auf den verkürzten Stützen steht, kann der Umsetzwagen herausgefahren werden. Anschliessend kann die Umsetzgabel des Krans eingefahren werden. Das Einfahren der Umsetzgabel wird im Regelfall noch von der Verschiebeequipe betreut (Transfer A), danach ist nur noch der Kranführer mit dem Deckentisch beschäftigt, dies solange, bis er auf Ebene  $i+1$  den Deckentisch mit Hilfe der Einschalequipe auf Ebene  $i+1$  abgestellt hat (Transfer B).

Beim Herausfahren des Deckentischs aus der Ebene  $i$  werden die Stützen bei Bedarf eingeklappt, wenn eine Brüstung das Ausfahren verhindert.

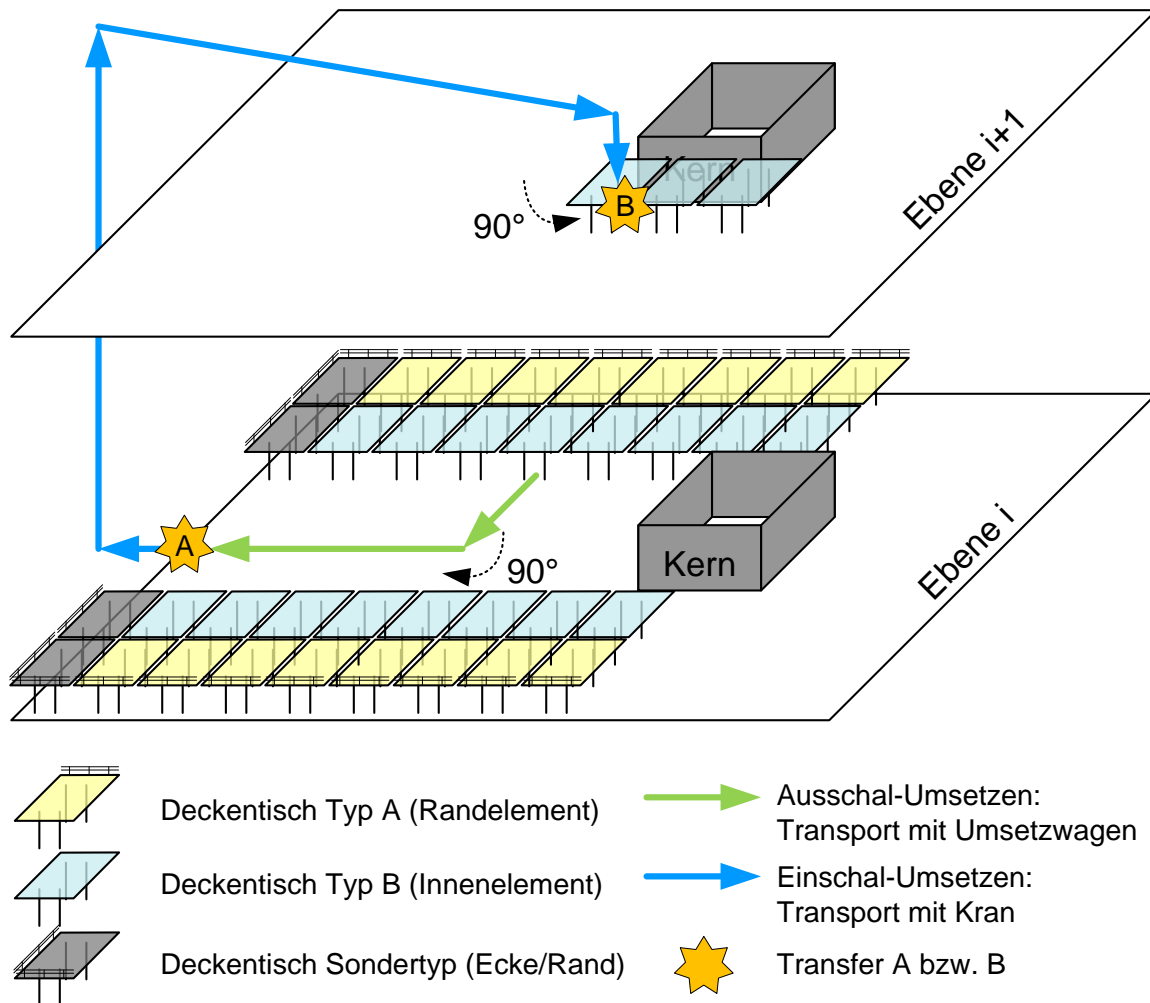
Nach dem Umsetzen einiger Randelemente ist genug Platz auf der Ebene  $i$  vorhanden, dass damit begonnen werden kann, Innenelemente an den Rand zu verschieben. Hierfür werden die Deckentische mittels Umsetzwagen zuerst abgesenkt (analog wie bei den Randelementen) und dann verschoben. Am Rand werden Sie abgestellt, damit sie per Umsetzgabel vertikal umgesetzt werden können.

Bei Deckentischen ist das Abstellen nach dem vertikalen Umsetzen näher zu betrachten. Üblicherweise gibt es einen Aufstellplan für die Deckentische (Beispiel siehe Bild 33), der die verschiedenen Typen (Rand- oder Innenelement, Sondertyp) berücksichtigt.



**Bild 33: Beispiel für einen Aufstellplan für Deckentische**

In Bild 34 ist der gesamte Umsetzvorgang dargestellt. Zuerst wird der Deckentisch per Umsetzwagen aus der Reihe herausgeschoben. Auf dem Weg zum Rand wird der Deckentisch um  $90^\circ$  gedreht. Am Rand wird der Deckentisch abgestellt. Die Umsetzgabel des Krans wird von aussen in den Deckentisch eingefahren (Transfer A). Danach wird der Deckentisch auf die nächste Ebene gehoben. Bevor dieser abgesetzt wird, wird er je nach Bedarf gedreht, damit die Umsetzgabel herausgezogen werden kann (Transfer B).



**Bild 34: Deckentisch-Umsetzvorgänge von Ebene i auf Ebene i+1**



Am Deckenrand wird über den Geschossgrundriss hinaus ein zusätzlicher Arbeitsbereich benötigt. Einerseits zur Montage der Randschalung (ca. 30cm) andererseits als Arbeitsraum (50 – 70cm). Aus diesem Grund wurden hier grössere Deckentische (Länge 5.00m) gewählt, damit an den Kopfseiten der Deckentische ausreichend Platz zur Verfügung steht. Bei denjenigen Deckentischen, die auch eine Längsseite am Randbereich haben, werden zusätzlich Arbeitsbühnen befestigt (im Bild 33 blau schraffiert).

Alternativ zur Wahl von längeren Deckentischen können, wie auch an der Längsseite, an der Kopfseite Arbeitsbühnen montiert werden. Unabhängig von der Wahl, ob zusätzliche Arbeitsbühne oder längerer Deckentisch, ist rings um den Deckenbereich eine Absturzsicherung notwendig.

Diese klappbaren Arbeitsbühnen sind gemeinsam mit dem Deckentisch umsetzbar, d.h. sie müssen nicht demontiert werden.

In den Bereichen, in denen die Stützen eine direkte Verbindung der Deckentische miteinander verhindern oder andere geometrische Zwänge es erfordern, werden zwischen den Deckentischen Passstücke eingesetzt. Abhängig von der Deckenstärke und dem Abstand zwischen den Deckentischen sind teilweise Hilfsunterstützungen notwendig. Herstellerbedingt kann es auch der Fall sein, dass in jedem Fall zwischen den Deckentischen Passstücke einzusetzen sind.

Diejenigen Deckentische, die sich mit dem Stützenraster überschneiden, werden entsprechend angepasst. Dadurch werden diese Deckentische zu Sondertypen, die entweder nur an einer einzigen Stelle oder manchmal an wenigen anderen Stellen eingesetzt werden können.

Die Sondertypen für das Beispielgeschoss wurden hier mit S1 bis S4 bezeichnet. In diesem Fall treten die Sondertypen jeweils paarweise auf. Durch Drehen des Tisches um 180° kann er auch auf der gegenüberliegenden Seite verwendet werden (siehe Bild 35).

In dem dargestellten Beispiel gibt es folgende Tischtypen:

Randelemente	<b>A</b> (18 Stk.) 5.00m/2.50m	<b>C</b> (12 Stk.) 5.00m/2.50m	<b>S1</b> und <b>S4</b> (je 2 Stk.) 5.00m/2.50m
Innenelemente	<b>B</b> (24 Stk.) 4.00m/2.50m	<b>D</b> (12 Stk.) 4.00m/2.50m	<b>S2</b> und <b>S3</b> (je 2 Stk.) 4.00m/2.50m

**Tabelle 3: Aufteilung der Tischtypen**

Koordinaten des Deckentisches		Typ	Nummer des Deckentisches							
5.00m/2.00m 2/31 S1(1)	4.00m/2.00m 6/31 S2(1)	34	70	5.00m/2.50m 10/31 A(7)	5.00m/2.50m 12/31 A(8)	5.00m/2.50m 15/31 A(9)	4.00m/2.00m 18/31 S3(1)	5.00m/2.00m 23/31 S4(1)	20	19
5.00m/2.00m 2/29 C(1)	4.00m/2.00m 6/29 D(1)	31	69	26	25	24	4.00m/2.00m 18/29 D(7)	5.00m/2.00m 23/29 C(7)	18	15
5.00m/2.00m 2/27 C(2)	4.00m/2.00m 6/27 D(2)	32	67	36	35	37	4.00m/2.00m 18/27 D(8)	5.00m/2.00m 23/27 C(8)	16	14
5.00m/2.00m 2/25 C(3)	4.00m/2.00m 6/25 D(3)	33	68				4.00m/2.00m 18/25 D(9)	5.00m/2.00m 23/25 C(9)	17	13
5.00m/2.50m 2/23 A(1)	4.00m/2.50m 6/23 B(1)	39	41				4.00m/2.50m 18/23 B(19)	5.00m/2.50m 23/23 A(13)	22	12
5.00m/2.50m 2/20 A(2)	4.00m/2.50m 6/20 B(2)	38	42				4.00m/2.50m 18/20 B(20)	5.00m/2.50m 23/20 A(14)	21	10
5.00m/2.50m 2/18 A(3)	4.00m/2.50m 6/18 B(3)	40	43				4.00m/2.50m 18/18 B(21)	5.00m/2.50m 23/18 A(15)	23	11
5.00m/2.50m 2/15 A(4)	4.00m/2.50m 6/15 B(4)	45	58	4.00m/2.50m 10/14 B(10)	4.00m/2.50m 12/14 B(11)	4.00m/2.50m 15/14 B(12)	4.00m/2.50m 18/15 B(22)	5.00m/2.50m 23/15 A(16)	61	65
5.00m/2.50m 2/12 A(5)	4.00m/2.50m 6/12 B(5)	44	59	55	56	57	4.00m/2.50m 18/12 B(23)	5.00m/2.50m 23/12 A(17)	62	64
5.00m/2.50m 2/10 A(6)	4.00m/2.50m 6/10 B(6)	46	60	4.00m/2.50m 10/10 B(13)	4.00m/2.50m 12/10 B(14)	4.00m/2.50m 15/10 B(15)	4.00m/2.50m 18/10 B(23)	5.00m/2.50m 23/10 A(18)	63	66
5.00m/2.00m 2/7 C(4)	4.00m/2.00m 6/7 D(4)	51	47	4.00m/2.50m 10/6 B(16)	4.00m/2.50m 12/6 B(17)	4.00m/2.50m 15/6 B(18)	4.00m/2.00m 18/7 D(10)	5.00m/2.00m 23/7 C(10)	27	72
5.00m/2.00m 2/5 C(5)	4.00m/2.00m 6/5 D(5)	52	48	5	4	6	4.00m/2.00m 18/5 D(11)	5.00m/2.00m 23/5 C(11)	28	71
5.00m/2.00m 2/3 C(6)	4.00m/2.00m 6/3 D(6)	53	49	4.00m/2.50m 10/2 A(10)	5.00m/2.50m 12/2 A(11)	5.00m/2.50m 15/2 A(12)	4.00m/2.00m 18/3 D(12)	5.00m/2.00m 23/3 C(13)	29	73
5.00m/2.00m 2/1 S4(2)	4.00m/2.00m 6/1 S3(2)	54	50	2	1	3	4.00m/2.00m 18/1 S2(2)	5.00m/2.00m 23/1 S1(2)	30	74

Laufende Nummer beim Umsetzvorgang

**Bild 35: Zuordnung der Deckentische**

Um die Deckentische ihrer Lage nach zu unterscheiden, kann man die Lage ihrer Flächenschwerpunkte in einem x-y-Koordinatensystem mit genauen Entfernungsangaben verwenden. Um die Darstellung und Modellierung der Umsetzvorgänge zu vereinfachen, wurden die jeweiligen Koordinaten auf ganze Zahlen auf- bzw. abgerundet.

Zur Lagebeschreibung und Identifikation der Tische wird folgende Terminologie festgelegt:

$$DT_{\text{Geschoss},x/y,\text{Ladezustand}}^{\text{Typ}(\text{Nummer})}$$

Beispiel:

$$DT_{i,12/6,v}^{B(17)} = \begin{array}{l} \text{Deckentisch Typ B} \\ \text{Nummer 17} \\ \text{Geschoss } i \\ \text{x-Koordinate 12 (z.B. 12m)} \\ \text{y-Koordinate 6 (z.B. 6m)} \\ v: \text{Ladezustand ist „voll“} \end{array} \left. \begin{array}{l} \text{Feste Werte, zur eindeutigen} \\ \text{Identifikation des Deckentisches} \\ \\ \text{Variable Werte, zur Angabe der} \\ \text{aktuellen Position des Deckentisches} \end{array} \right\}$$

Für die Umsetzvorgänge Horizontal und Vertikal wird folgende Terminologie festgelegt:

$$DT_{\text{Geschoss},x/y,\text{Ladezustand}}^{\text{Typ}(\text{Nummer})} \xrightarrow[\text{vertikal}]{\text{horizontal } x/\text{horizontal } y} DT_{\text{Geschoss},x/y,\text{Ladezustand}}^{\text{Typ}(\text{Nummer})}$$

Beispiel:

$$DT_{i,12/6,v}^{B(17)} \xrightarrow[0]{0/-4} DT_{i,12/2,v}^{B(17)} = \text{Umsetzvorgang von Position 12/6 auf 12/2}$$

horizontale Verschiebung in x- Richtung: 0 [m]  
 horizontale Verschiebung in y- Richtung: -4 [m]  
 vertikale Verschiebung: 0 [Stockwerke]  
 Ladezustand: voll

Ein möglicher anschliessender vertikaler Umsetzvorgang wird demnach so dargestellt:

$$DT_{i,12/2,v}^{B(17)} \xrightarrow[1]{6/10} DT_{i+1,18/12,v}^{B(17)} = \text{Umsetzvorgang von Position 12/2 (Ebene } i)$$

auf 18/12 (Ebene i+1)  
 horizontale Verschiebung in x- Richtung: 6 [m]  
 horizontale Verschiebung in y- Richtung: 10 [m]  
 vertikale Verschiebung: 1 [Stockwerke]  
 Ladezustand: voll

Das horizontale Umsetzen (Ausschal-Umsetzen) auf der Ebene i muss folgende Randbedingungen erfüllen:

- Ein Innenelement wird erst verschoben, wenn hierfür ein freier Abstellplatz am Rand und ein freier Weg dorthin zur Verfügung stehen
- Besteht genug freier Platz, ist es möglich, die Tische so zu drehen, dass die Einfahrriechung des Umsetzgabel günstiger für das spätere Abstellen wird

Für das Einschal-Umsetzen (vertikales Umsetzen mit anschließendem horizontalem Umsetzen) muss Folgendes berücksichtigt werden:

- Üblicherweise sollte das Zwischenabsetzen der Tische auf ein Minimum reduziert werden, bestenfalls sogar ganz vermieden werden.
- Die Tische werden so abgestellt, dass ein späteres horizontales Umsetzen nicht mehr erforderlich wird. Der Abstand zum nächsten Tisch wird genau eingestellt, damit die Passstücke im Anschluss problemlos eingefügt werden können.
- Dies erfordert auch, dass der jeweils nächste Tisch nur neben bereits umgesetzte Tische abgestellt wird.
- Die Abstellreihenfolge muss so gewählt werden, dass das Ausfahren der Umsetzgabel stets möglich ist. Wenn nötig, wird der Tisch, während er am Kran hängt, gedreht.

Der Elementarprozess Ausschal-Umsetzen für Deckentische auf der Ebene i kann in die folgenden Phasen aufgliedert werden:

- Verschieben des leeren Umsetzwagens von einer Randposition (Abstellposition) zum Deckentisch
- Vorbereitung und Absenken des Deckentischs
- Verschieben zur Randposition (falls es ein Innenelement ist)
- Abstellen (d.h. Herausfahren des Umsetzwagens)
- Transfer A zum Einschal-Umsetzen (Montage der Umsetzgabel am Deckentisch)

In der ersten Phase wird der Umsetzwagen von der Abstellposition des vorangegangenen Tisches  $DT_{j-1}$  zur Position des Deckentisches  $DT_j$  verschoben. In dieser Phase ist der Umsetzwagen leer. Der leere Zustand wird mit dem Index  $l$  ausgedrückt. Die Dauer dieses Verschiebevorgangs ist abhängig von der Verschiebestrecke  $s_{DT_{i,j,l}}^{D,DT}$  und der theoretischen Verschiebegeschwindigkeit  $v_{A-Um,l}^{Theo,D,DT}$  :

$$t_{A-Um,i,j,l}^{Theo,D,DT} = \frac{s_{DT_{i,j,l}}^{D,DT}}{v_{A-Um,l}^{Theo,D,DT}} = \frac{\Delta x_{DT_{i,j,l}} + \Delta y_{DT_{i,j,l}}}{v_{A-Um,l}^{Theo,D,DT}}$$

$t_{A-Um,i,j,l}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer zum Ausschalen- [min]  
 Umsetzen (A-Um) des Umsetzwagens im Zustand leer ( $l$ )  
 für den Deckentisch (DT) mit dem Laufindex  $j$  auf der Ebene  $i$

$s_{DT_{i,j,l}}^{D,DT}$  = Verschiebestrecke  $s$  zum Transport des Umsetzwagens [m]  
 im Zustand leer ( $l$ ) für den Deckentisch (DT) mit dem  
 Laufindex  $j$  auf der Ebene  $i$

$v_{A-Um,l}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Verschiebegeschwindigkeit  $v$  zum Transport [m / min]  
 von Umsetzwagen im Zustand leer ( $l$ ) für Deckentische (DT)

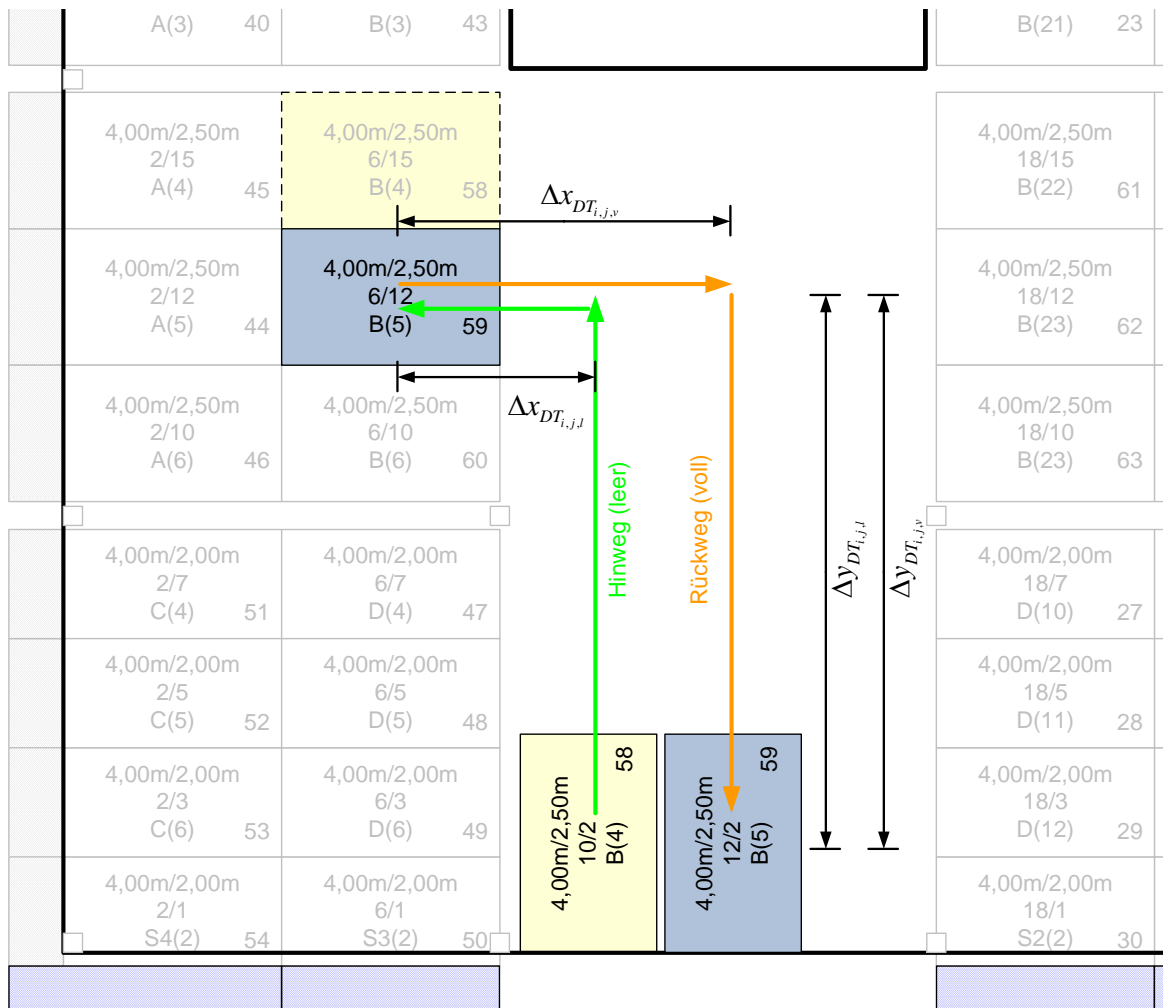
$\Delta x_{DT_{i,j,l}}$  = Verschiebestrecke in x-Richtung zum Transport des [m]  
 Umsetzwagens im Zustand leer ( $l$ ) für den Deckentisch (DT)  
 mit dem Laufindex  $j$  auf der Ebene  $i$

$\Delta y_{DT_{i,j,l}}$  = Verschiebestrecke in y-Richtung zum Transport des [m]  
 Umsetzwagens im Zustand leer ( $l$ ) für den Deckentisch (DT)  
 mit dem Laufindex  $j$  auf der Ebene  $i$

In diesem Fall wird die Addition der beiden Katheten gewählt, da ein Abkürzen (Hypotenuse) durch die engen Platzverhältnisse im Regelfall nicht möglich ist.

In der nachfolgenden Abbildung (Bild 36) ist das Umsetzen des Tisches B5 (blaugrau hinterlegt) dargestellt. Der vorangegangene Tisch (B4, gelb hinterlegt) wurde auf der Position 10/2 abgestellt. Der Verschiebevorgang des Hinwegs (leer) zur Position 6/12 wird folgendermassen dargestellt:

$$DT_{j-1,10/2}^{B(4)} \xrightarrow[0]{-4/10} DT_{j,6/12}^{B(5)}$$



**Bild 36: Beispiel für einen Umsetzvorgang (Hin- und Rückweg)**

Die Wegstrecke des Verschiebevorgangs des leeren Umsetzwagens auf der Ebene  $i$  wird wie folgt berechnet:

$$t_{A-Um,i,j,l}^{Theo,D,DT} = \frac{S_{DT_{i,j,l}}^{D,DT}}{v_{A-Um,l}^{Theo,D,DT}} = \frac{\Delta x_{DT_{B(5),l}} + \Delta y_{DT_{B(5),l}}}{v_{A-Um,l}^{Theo,D,DT}} = \frac{4+10}{v_{A-Um,l}^{Theo,D,DT}}$$

Die Wegstrecke für den leeren Umsetzwagen muss sowohl für Innen- wie auch für Randelemente berücksichtigt werden.

In der Phase Vorbereiten und Absenken wird zuerst der Umsetzwagen unter den Tisch eingefahren und bis zur Unterkante des Tisches angehoben. Anschliessend werden die Stützen gelöst und je nach Erfordernis eingefahren. Danach wird der Tisch soweit abgesenkt, dass er ohne Probleme unter den noch montierten Tischen verschoben werden kann. Während oder nach dem Absenken werden die Passstücke zu den benachbarten Tischen entfernt.

Die Tätigkeitsdauer Vorbereiten und Absenken hängt vom Deckentischtyp (siehe Tabelle 3) ab. Grund dafür ist, dass bei Randelementen im Regelfall noch die Absturzsicherungen demontiert werden müssen, dies ist bei Innenelementen nicht nötig. Auch bei Sondertypen kann die Demontage von Absturzsicherungen notwendig sein. Das Absenken dauert im Regelfall gleich lang, ist somit unabhängig vom Deckentischtyp. Pro Deckentisch  $j$  ergibt sich somit folgende Tätigkeitsdauer:

$$t_{Vor,j}^{Theo,D,DT} = \begin{cases} t_{Vor,Rand}^{Theo,D,DT} \forall DT_j \in \{Randelement\} \\ t_{Vor,Innen}^{Theo,D,DT} \forall DT_j \in \{Innenelement\} \\ t_{Vor,Rand-So}^{Theo,D,DT} \forall DT_j \in \{Randsonderelement\} \end{cases}$$

$t_{Vor,j}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für die Vorbereitung (*Vor*) [min]  
inkl. des Absenkens des Deckentischs (*DT*) mit dem Laufindex  $j$

$t_{Vor,Rand}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für die Vorbereitung (*Vor*) [min]  
inkl. des Absenkens eines Randelement-Deckentischs (*Innen*)

$t_{Vor,Innen}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für die Vorbereitung (*Vor*) [min]  
inkl. des Absenkens eines Innenelement-Deckentischs (*Innen*)

$t_{Vor,Rand-So}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für die Vorbereitung (*Vor*) [min]  
inkl. des Absenkens eines Randsonderelement-Deckentischs (*Innen*)

Falls es sich bei dem Deckentisch um ein Innenelement handelt, wird der Deckentisch anschliessend mit dem Umsetzwagen zur Randposition verschoben, damit die Umsetzgabel des Krans eingefahren werden kann. Die Darstellung des Rückweges (voll) zur Abstellposition am Rand wird analog zum Hinweg dargestellt:

$$DT_{j,6/12}^{B(5)} \xrightarrow[0]{6/-10} DT_{j,12/2}^{B(5)}$$

Bei den Randelementen sind Start- und Abstellposition identisch, es ergibt sich daher eine Verschiebestrecke beim Rückweg von null.

Das Verschieben der Innenelemente wird auf folgende Weise berechnet:

$$t_{A-Um,i,j,v}^{Theo,D,DT} = \frac{S_{DT_{i,j,v}}^{D,DT}}{v_{A-Um,v}^{Theo,D,DT}} = \frac{\Delta x_{DT_{i,j,v}} + \Delta y_{DT_{i,j,v}}}{v_{A-Um,v}^{Theo,D,DT}}$$

$t_{A-Um,i,j,v}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer zum Ausschalen- [min]  
Umsetzen (*A-Um*) des Umsetzwagens im Zustand voll ( $v$ )  
für den Deckentisch (*DT*) mit dem Laufindex  $j$  auf der Ebene  $i$

- $s_{DT_{i,j,v}}^{D,DT}$  = Verschiebestrecke  $s$  zum Transport des Umsetzwagens  $[m]$   
im Zustand voll ( $v$ ) für den Deckentisch ( $DT$ ) mit dem  
Laufindex  $j$  auf der Ebene  $i$
- $v_{A-Um,v}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Verschiebegeschwindigkeit  $v$  zum Transport  $[m / min]$   
von Umsetzwagen im Zustand voll ( $v$ ) für Deckentische ( $DT$ )
- $\Delta x_{DT_{i,j,v}}$  = Verschiebestrecke in x-Richtung zum Transport des  $[m]$   
Umsetzwagens im Zustand voll ( $v$ ) für den Deckentisch ( $DT$ )  
mit dem Laufindex  $j$  auf der Ebene  $i$
- $\Delta y_{DT_{i,j,v}}$  = Verschiebestrecke in y-Richtung zum Transport des  $[m]$   
Umsetzwagens im Zustand voll ( $v$ ) für den Deckentisch ( $DT$ )  
mit dem Laufindex  $j$  auf der Ebene  $i$

Im Gegensatz zum Verschieben des leeren Umsetzwagens wird hier die theoretische Verschiebegeschwindigkeit  $v_{A-Um,v}^{Theo,D,DT}$  für den Zustand voll ( $v$ ) verwendet, um zu berücksichtigen, dass das Verschieben des Umsetzwagens mit Deckentisch im Regelfall langsamer erfolgt als im leeren Zustand.

Bei manchen Deckentischen, die zum Beispiel Aussparungen für Stützen etc. haben, gibt der Aufstellplan vor, welche der beiden Kopfseiten nach aussen positioniert werden muss. Dies ist aber nur möglich, wenn auf der Ebene  $i$  genug Platz zum Drehen des Tisches zur Verfügung steht.

Im nächsten Schritt wird der Umsetzwagen abgestellt. Hierzu wird der Umsetzwagen abgesenkt und unter dem Deckentisch hinausgefahren:

$t_{Ab}^{Theo,D,DT}$

- $t_{Ab}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für das Abstellen,  $[min]$   
Absenken und Ausfahren ( $Ab$ ) von Deckentischen ( $DT$ )

Anschliessend wird die Umsetzgabel des Kranes eingefahren und allfällige Sicherungen für den Krantransport durchgeführt. Diese Tätigkeiten werden als Transfer A bezeichnet:

$t_{Trans A}^{Theo,D,DT}$

- $t_{Trans A}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für den Transfer A ( $Trans A$ )  $[min]$   
eines Deckentischs ( $DT$ )



Die theoretischen Tätigkeitsdauern des Ausschal-Umsetzens auf der Ebene  $i$  können nun in einem Elementarprozess zusammengefasst werden:

$$T_{A-Um,DT,i}^{Theo,D,DT} = \sum_{j(DT)} \left( t_{A-Um,i,j,l}^{Theo,D,DT} + t_{Vor,j}^{Theo,D,DT} + t_{A-Um,i,j,v}^{Theo,D,DT} + t_{Ab}^{Theo,D,DT} + t_{Trans A}^{Theo,D,DT} \right) =$$

$$= \sum_{j(DT)} \left( \frac{\Delta x_{DT,i,j,l} + \Delta y_{DT,i,j,l}}{v_{A-Um,l}^{Theo,D,DT}} + t_{Vor,j}^{Theo,D,DT} + \frac{\Delta x_{DT,i,j,v} + \Delta y_{DT,i,j,v}}{v_{A-Um,v}^{Theo,D,DT}} + t_{Ab}^{Theo,D,DT} + t_{Trans A}^{Theo,D,DT} \right)$$

$T_{A-Um,DT,i}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das Ausschal- [min]  
Umsetzen der Deckentischelemente ( $A-Um,DT$ ) bei  
Deckentischen ( $DT$ ) auf der Ebene  $i$

$t_{A-Um,i,j,l}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer zum Ausschal- [min]  
Umsetzen ( $A-Um$ ) des Umsetzwagens im Zustand leer ( $l$ )  
für den Deckentisch ( $DT$ ) mit dem Laufindex  $j$  auf der Ebene  $i$

$t_{Vor,j}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für die Vorbereitung ( $Vor$ ) [min]  
inkl. des Absenkens des Deckentischs ( $DT$ ) mit dem Laufindex  $j$

$t_{A-Um,i,j,v}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer zum Ausschal- [min]  
Umsetzen ( $A-Um$ ) des Umsetzwagens im Zustand voll ( $v$ )  
für den Deckentisch ( $DT$ ) mit dem Laufindex  $j$  auf der Ebene  $i$

$t_{Ab}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für das Abstellen, [min]  
Absenken und Ausfahren ( $Ab$ ) von Deckentischen ( $DT$ )

$t_{Trans A}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für den Transfer A ( $Trans A$ ) [min]  
eines Deckentischs ( $DT$ )

$j(DT)$  = Laufindex  $j$  der Deckentische ( $DT$ ) [-]

$v_{A-Um,l}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Verschiebegeschwindigkeit  $v$  zum Transport [m / min]  
von Umsetzwagen im Zustand leer ( $l$ ) für Deckentische ( $DT$ )

$\Delta x_{DT,i,j,l}$  = Verschiebestrecke in x-Richtung zum Transport des [m]  
Umsetzwagens im Zustand leer ( $l$ ) für den Deckentisch ( $DT$ )  
mit dem Laufindex  $j$  auf der Ebene  $i$

$\Delta y_{DT,i,j,l}$  = Verschiebestrecke in y-Richtung zum Transport des [m]  
Umsetzwagens im Zustand leer ( $l$ ) für den Deckentisch ( $DT$ )  
mit dem Laufindex  $j$  auf der Ebene  $i$

$v_{A-Um,v}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Verschiebegeschwindigkeit  $v$  zum Transport [m / min]  
von Umsetzwagen im Zustand voll ( $v$ ) für Deckentische ( $DT$ )

- $\Delta x_{DT_{i,j,v}}$  = Verschiebestrecke in x-Richtung zum Transport des Umsetzwagens im Zustand voll ( $v$ ) für den Deckentisch ( $DT$ ) mit dem Laufindex  $j$  auf der Ebene  $i$  [m]
- $\Delta y_{DT_{i,j,v}}$  = Verschiebestrecke in y-Richtung zum Transport des Umsetzwagens im Zustand voll ( $v$ ) für den Deckentisch ( $DT$ ) mit dem Laufindex  $j$  auf der Ebene  $i$  [m]

In Bild 37 ist das Ausschal-Umsetzen auf Ebene  $i$  als Zeit-Weg-Diagramm dargestellt.

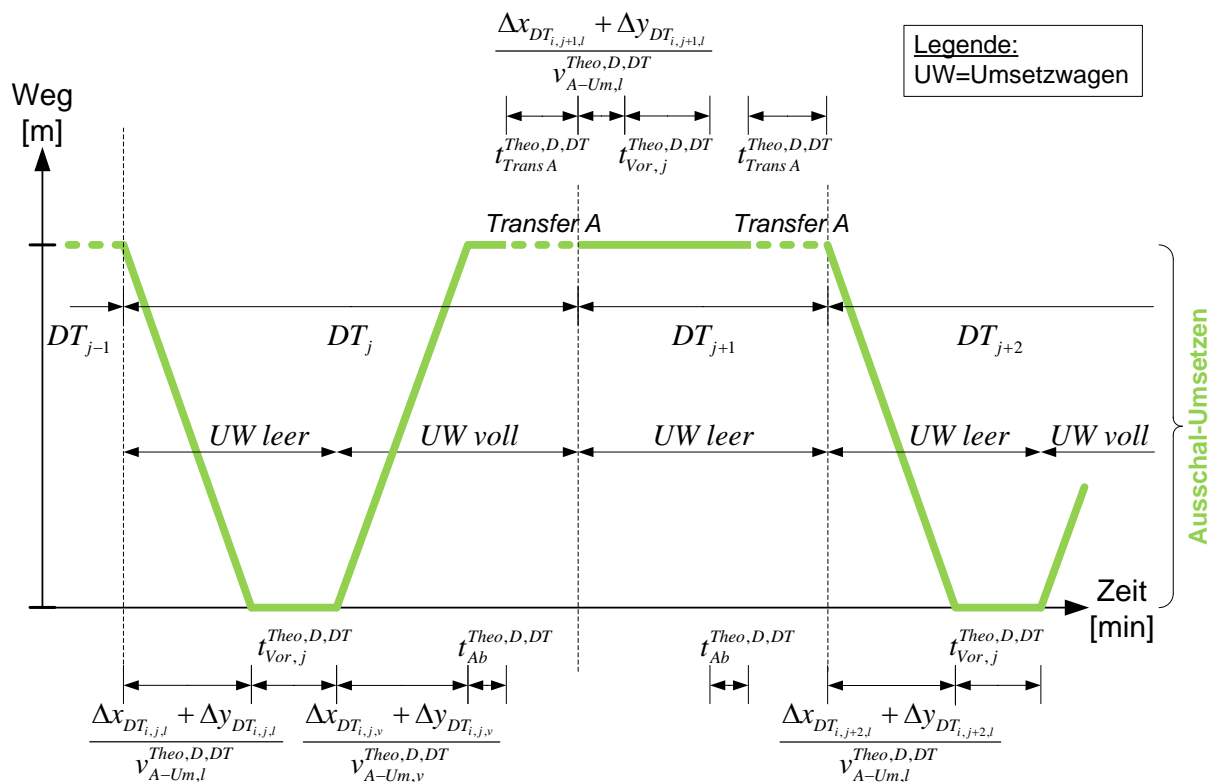


Bild 37: Zeit-Weg-Diagramm des Ausschal-Umsetzens bei Deckentischen auf Ebene  $i$

In Bild 37 wurde die Zeit-Weg-Entwicklung für drei Deckentische dargestellt:

- Deckentisch  $j$  als Innenelement
- Deckentisch  $j+1$  als Randelement
- Deckentisch  $j+2$  als Innenelement

Bei Deckentisch  $j+1$  ist deutlich erkennbar, dass dieser nicht verschoben wird und daher während des Einzelprozesses  $j+1$  im Zustand leer bleibt. Lediglich die Strecke von Abstellposition des Deckentisch  $j$  zur Position des Randdeckentischs  $j+1$  wird berücksichtigt.

Wie bei den Systemträgerschalungen im Kapitel 5.1.2 müssen auch beim Einsatz von Deckentischen die Hilfsunterstützungen nach 3-4 Wochen ausgeschalt und umgesetzt werden. Die Montage der Hilfsunterstützungen wurde im vorangegangenen Kapitel bereits berücksichtigt, nun folgt die Bestimmung der Elementarprozessdauer für das Umsetzen der Hilfsunterstützungen auf Ebene i-3. Diese Elementarprozessdauer kann analog der Elementarprozessdauer Ausschalt-Umsetzen der Hilfsunterstützungen (Ebene i-3) beim Einsatz von Systemträgerschalungen entwickelt werden:

$$T_{A-Um,HS,i-3}^{Theo,D,DT} = \sum_{j(HS)} t_{A-Um,HS,i-3,j}^{Theo,D,DT} = \sum_{j(HS)} \left( \frac{s_{G_{i-3,i+1,j}}^{D,DT}}{v_{A-Um,l}^{Theo,D,STS}} + \frac{s_{G_{i-3,i+1,j}}^{D,DT}}{v_{A-Um,v}^{Theo,D,STS}} + 2 \cdot t_{Lad}^{Theo,D,DT} \right)$$

$T_{A-Um,HS,i-3}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Elementarprozessdauer  $T$  für das Ausschalt-Umsetzen der Hilfsunterstützungen ( $A-Um,HS$ ) der Deckentische ( $DT$ ) der Decke ( $D$ ) über der Ebene  $i-3$  [min]

$t_{A-Um,HS,i-3,j}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer  $t$  für das Ausschalt-Umsetzen der Hilfsunterstützungen ( $A-Um,HS$ ) der Deckentische ( $DT$ ) der Decke ( $D$ ) über der Ebene  $i-3$  [min]

$j(HS)$  = Laufindex  $j$  für die Gebinde der Hilfsstützen ( $HS$ ) [-]

$s_{G_{i-3,i+1,j}}^{D,DT}$  = Mittlere Verschiebestrecke  $s$  des Gebinde  $j$  mit Startpunkt auf Ebene  $i-3$  und Zielpunkt auf Ebene  $i+1$ , gefüllt mit Hilfsstützen bei Deckentischen ( $DT$ ) [m]

$v_{A-Um,v}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Verschiebegeschwindigkeit  $v$  für das Ausschalt-Umsetzen ( $A-Um$ ) bei Systemträgerschalungen ( $STS$ ) im Beladezustand voll ( $v$ ) [m / min]

$v_{A-Um,l}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Verschiebegeschwindigkeit  $v$  für das Ausschalt-Umsetzen ( $A-Um$ ) bei Systemträgerschalungen ( $STS$ ) im Beladezustand leer ( $l$ ) [m / min]

$t_{Lad}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer  $t$  für das Be- oder Entladen ( $Lad$ ) eines Gebindes mit Hilfsstützen bei Deckentischen ( $DT$ ) [min]

Der Vorgang des Ausschalt-Umsetzens für Hilfsunterstützungen auf Ebene i-3 ist beim Einsatz von Deckentischen identisch wie beim Einsatz von Systemträgerschalungen, daher wurde hier die Verschiebegeschwindigkeit von Systemträgerschalungen verwendet.

### 5.2.2.2 Zusammenfassung der Elementarprozesse der Elementarprozessgruppe Ausschal-Umsetzen

Im Modulprozess „Decke über Ebene i“ müssen für das Ausschal-Umsetzen (horizontales Umsetzen) folgende Elementarprozessdauern ermittelt werden, wobei wie bereits bei den Systemträgerschalungen ein Zusammenführen (Addieren) der Elementarprozessdauern von Ebene i und Ebene i-3 nicht möglich ist, da die jeweiligen Tätigkeiten möglicherweise von unterschiedlichen Arbeitsgruppen durchgeführt werden:

$$\begin{aligned}
 T_{EPG:A-Um,MP:i}^{Theo,D,DT} &= \left\{ T_{A-Um,DT,i}^{Theo,D,DT}; T_{A-Um,HS,i-3}^{Theo,D,DT} \right\} \text{ mit} \\
 T_{A-Um,DT,i}^{Theo,D,DT} &= \sum_{j(DT)} \left( \frac{\Delta x_{DT,i,j,l} + \Delta y_{DT,i,j,l}}{v_{A-Um,l}^{Theo,D,DT}} + t_{Vor,j}^{Theo,D,DT} + \frac{\Delta x_{DT,i,j,v} + \Delta y_{DT,i,j,v}}{v_{A-Um,v}^{Theo,D,DT}} + t_{Ab}^{Theo,D,DT} + t_{Trans A}^{Theo,D,DT} \right) \\
 T_{A-Um,HS,i-3}^{Theo,D,DT} &= \sum_{j(HS)} \left( \frac{s_{G_{i-3,j+1,j}}^{D,DT}}{v_{A-Um,l}^{Theo,D,STS}} + \frac{s_{G_{i-3,j+1,j}}^{D,DT}}{v_{A-Um,v}^{Theo,D,STS}} + 2 \cdot t_{Lad}^{Theo,D,DT} \right)
 \end{aligned}$$

### 5.2.3 Elementarprozessgruppe Einschal-Umsetzen

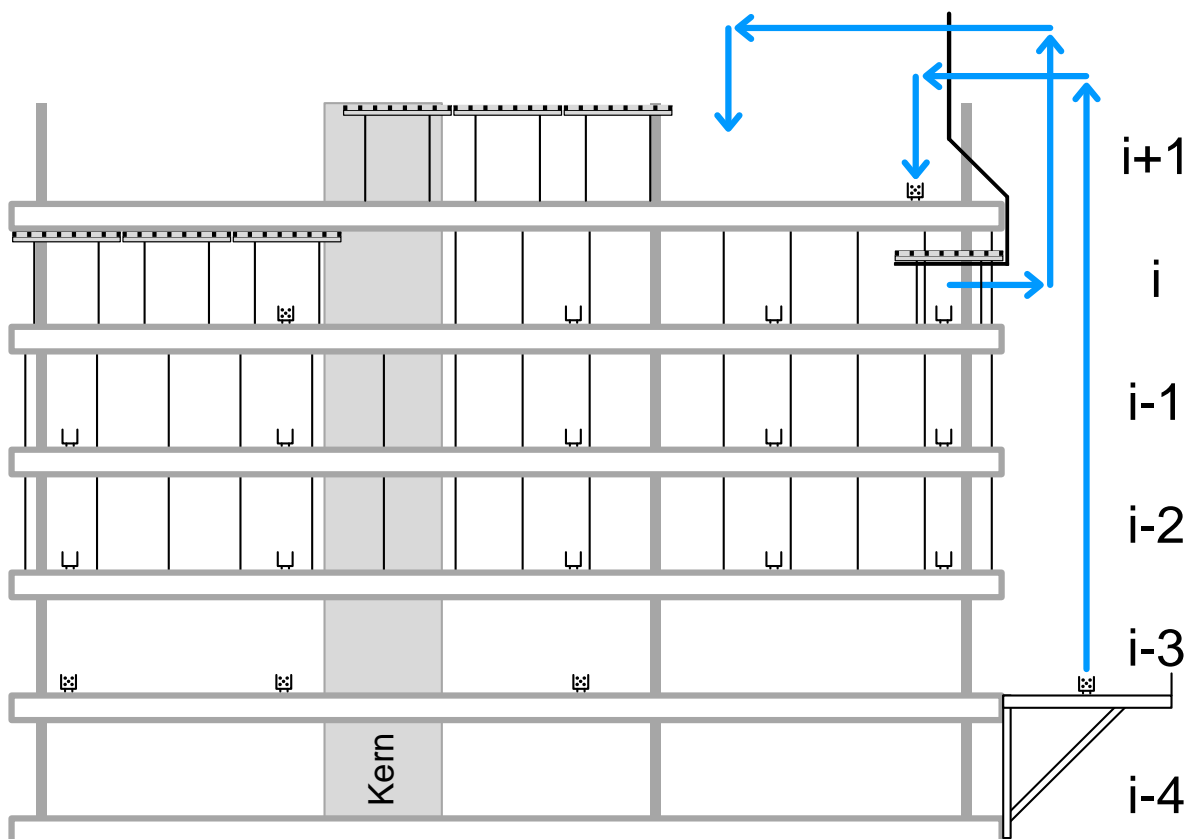
In der Elementarprozessgruppe Einschal-Umsetzen werden nun die Prozesszeiten analysiert, in denen der Kran mit der Erledigung dieser Aufgabe beschäftigt ist. Die Elementarprozessgruppe Einschal-Umsetzen setzt sich aus den folgenden zwei Elementarprozessen zusammen (siehe auch Bild 38):

$$T_{EPG:E-Um,MP:i+1}^{Theo,D,DT} = \{T_{E-Um,DT,i}^{Theo,D,DT}, T_{E-Um,HS,i-3}^{Theo,D,DT}\}$$

$T_{EPG:E-Um,MP:i+1}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Elementarprozessgruppendauer für das Einschal-Umsetzen ( $EPG:E-Um$ ) bei Deckentischen ( $DT$ ) bezogen auf den Modulprozess „Decke über Ebene  $i+1$ “ [min]

$T_{E-Um,DT,i}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das Einschal-Umsetzen der Deckentischelemente ( $E-Um,DT$ ) bei Deckentischen ( $DT$ ) auf der Ebene  $i$  [min]

$T_{E-Um,HS,i-3}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das Einschal-Umsetzen der Hilfsstützen ( $E-Um,HS$ ) auf der Ebene  $i-3$  bei Deckentischen ( $DT$ ) [min]



**Bild 38: Elementarprozessgruppe Einschal-Umsetzen im Modulprozess i bei Deckentischen**

### 5.2.3.1 Elementarprozess Einschal-Umsetzen der Deckentischelemente

In Bild 38 wurden beide Elementarprozesse, die der Elementarprozessgruppe Einschal-Umsetzen zugeordnet werden, dargestellt. Im Nachfolgenden wird zuerst der Elementarprozess Einschal-Umsetzen von Ebene  $i$  zur Ebene  $i+1$  untersucht. Dieser Umsetzvorgang wird mit einer Umsetzgabel, die am Kran befestigt ist, durchgeführt. Diese Umsetzgabel wurde schematisch auf der rechten Seite im Bild 38 dargestellt. Dieser Elementarprozess setzt sich aus den folgenden Tätigkeiten zusammen:

- Gabel einfahren  $= t_F^{Theo}$
- Anschlagen des Deckentischs an den Kran  
d.h. Transfer A  $= t_{Trans A}^{Theo,D,DT}$
- Deckentisch ausfahren  $\approx$  Gabel einfahren  $= t_F^{Theo}$
- Heben (von Ebene  $i$  auf Ebene  $i+1$ )  $= t_{H1}^{Theo}$
- Schwenken und gleichzeitiges Katze fahren  
Zustand = voll  $= t_{Sch,DT_{i,j,v}}^{Theo}$  bzw.  $t_{K,DT_{i,j,v}}^{Theo}$
- Absenken (nur auf Ebene  $i+1$ )  $= t_{H0}^{Theo}$
- Ausrichten bzw. Montage, d.h. Transfer B  $= t_{Trans B}^{Theo,D,DT}$
- Gabel ausfahren  $\approx$  Gabel einfahren  $= t_F^{Theo}$
- Anheben (nur auf Ebene  $i+1$ )  $\approx$  Absenken  $= t_{H0}^{Theo}$
- Katze fahren und gleichzeitiges Schwenken  
Zustand = leer  $= t_{K,DT_{i,j,l}}^{Theo}$  bzw.  $t_{Sch,DT_{i,j,l}}^{Theo}$
- Absenken (von Ebene  $i+1$  zu Ebene  $i$ )  $\approx$  Heben  $= t_{H1}^{Theo}$

Der Elementarprozess wird durch das Zusammenfügen der Einzeltätigkeiten und der anschliessenden Summierung über den Laufindex  $j$  der Deckentische ermittelt:

$$T_{E-Um,DT,i}^{Theo,D,DT} = \sum_{j(DT)} \left( t_F^{Theo} + t_{Trans A}^{Theo,D,DT} + t_F^{Theo} + t_{H1}^{Theo} + \text{Max} \left( t_{Sch,DT_{i,j,v}}^{Theo}; t_{K,DT_{i,j,v}}^{Theo} \right) + \right. \\ \left. + t_{H0}^{Theo} + t_{Trans B}^{Theo,D,DT} + t_F^{Theo} + t_{H0}^{Theo} + \text{Max} \left( t_{K,DT_{i,j,l}}^{Theo}; t_{Sch,DT_{i,j,l}}^{Theo} \right) + t_{H1}^{Theo} \right)$$

$$T_{E-Um,DT,i}^{Theo,D,DT} = \text{Theoretische Elementarprozessdauer für das Einschal-} \quad [min]$$

Umsetzen der Deckentischelemente ( $E-Um,DT$ ) bei  
Deckentischen ( $DT$ ) auf der Ebene  $i$

Die Zeit für das Fahren der Katze  $t_{K,DT_{i,j,v}}^{Theo}$  hängt von der Entfernung  $\Delta l_{DT_{i,j,v}}$  und von der Katzensgeschwindigkeit  $v_{Katze,v}^{Theo}$  ab:

$$t_{K,DT_{i,j,v}}^{Theo} = \frac{\Delta l_{DT_{i,j,v}}}{v_{Katze,v}^{Theo}}$$

$t_{K,DT_{i,j,v}}^{Theo}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für das Fahren der Katze (*K*) [min]

mit dem Deckentisch *j* als Umsetzvorgang mit Startpunkt auf der Ebene *i*; Umsetzgabel im Zustand voll *v*

$\Delta l_{DT_{i,j,v}}$  = Entfernung *l*, die der Deckentisch *j* zurücklegt mit [m]

Startpunkt auf der Ebene *i*; Umsetzgabel im Zustand voll *v*

$v_{Katze,v}^{Theo}$  = Theoretische Geschwindigkeit *v* der Laufkatze (*Katze*) [m / min]

Umsetzgabel im Zustand voll *v*

Hinweg und Rückweg sind nicht identisch. Daher ist eine Differenzierung der Wege erforderlich. Diese erfolgt erneut über den Ladezustand, in diesem Fall der Umsetzgabel. Hinweg (Zustand voll) ist der Weg von der Abstellposition auf Ebene *i* zur Zielposition auf der Ebene *i+1*. Der Rückweg (Zustand leer) ist dann von der Zielposition auf der Ebene *i+1* zur Abstellposition des nächsten Deckentischs auf der Ebene *i*. Diese Differenzierung hat auch einen Einfluss auf die Geschwindigkeiten, da der Kran mit angehängtem Deckentisch im Regelfall vorsichtiger fahren muss. Dies betrifft die Laufkatzensgeschwindigkeit und auch die Kranschwenkgeschwindigkeit.

Für den Zustand leer wird die Katzenfahrzeit analog ermittelt:

$$t_{K,DT_{i,j,l}}^{Theo} = \frac{\Delta l_{DT_{i,j,l}}}{v_{Katze,l}^{Theo}}$$

$t_{K,DT_{i,j,l}}^{Theo}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für das Fahren der Katze (*K*) [min]

mit dem Deckentisch *j* als Umsetzvorgang mit Startpunkt auf der Ebene *i*; Umsetzgabel im Zustand leer *l*

$\Delta l_{DT_{i,j,l}}$  = Entfernung *l*, die der Deckentisch *j* zurücklegt mit [m]

Startpunkt auf der Ebene *i*; Umsetzgabel im Zustand leer *l*

$v_{Katze,l}^{Theo}$  = Theoretische Geschwindigkeit *v* der Laufkatze (*Katze*) [m / min]

Umsetzgabel im Zustand leer *l*

Mit der Kranschwenkgeschwindigkeit  $\omega_{Schwenk,v}^{Theo}$  und dem Winkel  $\alpha_{DT_{i,j,v}}$  erhält man die Schwenkzeit:

$$t_{Sch,DT_{i,j,v}}^{Theo} = \frac{|\alpha_{DT_{i,j,v}}|}{\omega_{Schwenk,v}^{Theo}}$$

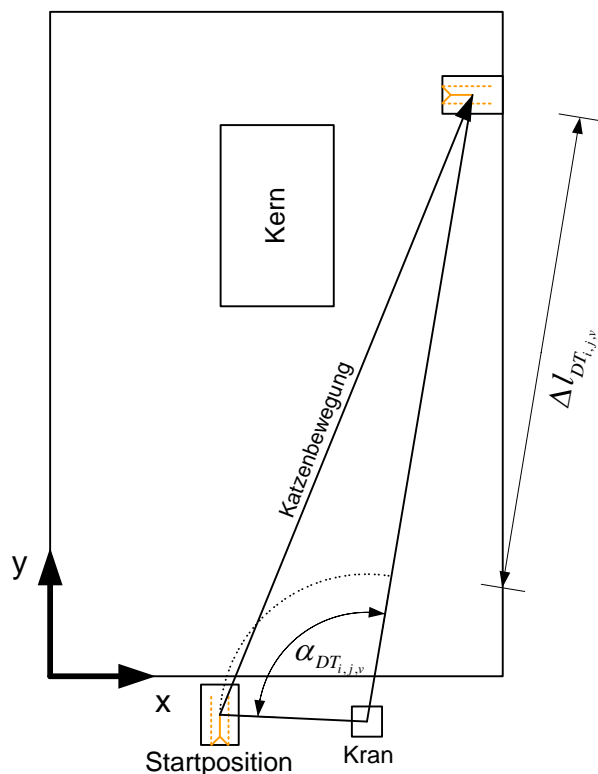
$t_{Sch,DT_{i,j,v}}^{Theo}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für das Schwenken (*Sch*) [min]

der Katze als Umsetzvorgang mit Startpunkt auf der Ebene *i*; Umsetzgabel im Zustand voll *v*

$\alpha_{DT_{i,j,v}}$  = Winkel zwischen Randposition und Zielposition; [°]

Umsetzgabel im Zustand voll *v*

$\omega_{Schwenk,v}^{Theo}$  = Theoretische Kranschwenkgeschwindigkeit (Winkelgeschwindigkeit); Umsetzgabel im Zustand voll *v* [° / min]



**Bild 39: Einschal-Umsetzen mit dem Kran bei Deckentischen im Modulprozess i+1**

In Bild 39 kann nachvollzogen werden, wie die Entfernung  $\Delta l_{DT_{i,j,v}}$  für die Berechnung der Katzenfahrzeit und wie der Winkel  $\alpha_{DT_{i,j,v}}$  für die Kranschwenkzeit aus den geometrischen Randbedingungen ermittelt werden kann.



Auch die Schwenkzeit wird analog für den Zustand leer ermittelt:

$$t_{Sch,DT_{i,j,l}}^{Theo} = \frac{|\alpha_{DT_{i,j,l}}|}{\omega_{Schwenk,l}^{Theo}}$$

$t_{Sch,DT_{i,j,l}}^{Theo}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für das Schwenken (*Sch*) [min]  
 der Katze als Umsetzvorgang mit Startpunkt auf  
 der Ebene *i*; Umsetzgabel im Zustand leer *l*

$\alpha_{DT_{i,j,l}}$  = Winkel zwischen Randposition und Zielposition [°]  
 Umsetzgabel im Zustand leer *l*

$\omega_{Schwenk,l}^{Theo}$  = Theoretische Kranschwenkgeschwindigkeit (Winkel-  
 geschwindigkeit); Umsetzgabel im Zustand leer *l* [° / min]

Abhängig von der Geometrie (Standorte: Kran, Ausfahrposition, Abstellposition; Beispiel siehe Bild 39) ist entweder die Schwenkzeit oder die Zeit für das Fahren der Katze massgeblich. Sowohl für den Hinweg (Zustand voll) wie auch für den Rückweg (Zustand leer) wird daher das jeweilige Maximum gesucht:

Hinweg (Zustand voll):  $Max(t_{Sch,DT_{i,j,v}}^{Theo}; t_{K,DT_{i,j,v}}^{Theo})$

Rückweg (Zustand leer):  $Max(t_{K,DT_{i,j,l}}^{Theo}; t_{Sch,DT_{i,j,l}}^{Theo})$

Wie auch bei den Systemträgerschalungen im Kapitel 5.1.3 werden die theoretischen Tätigkeitsdauern für das Heben und Senken abhängig von der Geschosshöhe bestimmt. Diese Tätigkeitsdauern sind unabhängig vom Schalungssystem, daher findet sich in den Indizes auch keine Angabe zu den Schalungssystemen:

$t_{H0}^{Theo}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für das Heben bzw. Senken [min]  
 auf Ebene *i*+1

$t_{H1}^{Theo}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für das Heben von Ebene *i* [min]  
 auf Ebene *i*+1 bzw. das Senken von Ebene *i*+1 zu Ebene *i*

Für das Einfahren bzw. Ausfahren der Umsetzgabel wird eine neue Tätigkeitsdauer benötigt:

$t_F^{Theo}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für das Ein- oder [min]  
 Ausfahren (*F*) der Umsetzgabel

Die Übergabe des Deckentischs von der Ausschal-Umsetz-Equipe an den Kran ist sowohl beim Ausschal-Umsetzen, wie auch beim Einschal-Umsetzen zu berücksichtigen. Diese Übergabe wird auch hier als Transfer A bezeichnet:

$$t_{Trans A}^{Theo,D,DT}$$

$$t_{Trans A}^{Theo,D,DT} = \text{Theoretische Tätigkeitsdauer für den Transfer A (Trans A)} \quad [min]$$

eines Deckentischs (DT)

Auf der Ebene i+1 findet erneut eine Übergabe statt. Diese Übergabe erfolgt vom Kran an die Einschal-Equipe und wird im Folgenden mit Transfer B bezeichnet:

$$t_{Trans B}^{Theo,D,DT}$$

$$t_{Trans B}^{Theo,D,DT} = \text{Theoretische Tätigkeitsdauer für den Transfer B (Trans B)} \quad [min]$$

eines Deckentischs (DT)

### 5.2.3.2 Elementarprozess Einschal-Umsetzen der Hilfsstützen

Neben dem Ausschal-Umsetzen auf Ebene i muss auch das Ausschal-Umsetzen der Hilfsunterstützungen auf Ebene i-3 berücksichtigt werden. Diese Elementarprozessdauer wird erneut analog zur Elementarprozessdauer für die Hilfsstützen bei den Systemträgerschalungen ermittelt:

$$T_{E-Um,HS,i-3}^{Theo,D,DT} = \sum_{j(HS)} t_{E-Um,HS,i-3,j}^{Theo,D,DT} = \sum_{j(HS)} 2 \cdot \left( t_A^{Theo,D,STS} + t_{H4}^{Theo} + \text{Max} \left( t_{Sch,G_{i-3,i+1,j}}^{Theo}; t_{K,G_{i-3,i+1,j}}^{Theo} \right) + t_{H0}^{Theo} \right)$$

$$T_{E-Um,HS,i-3}^{Theo,D,DT} = \text{Theoretische Elementarprozessdauer für das Einschal-Umsetzen der Hilfsstützen (E-Um,HS) der Decke (D) über der Ebene i-3} \quad [min]$$

$$t_{E-Um,HS,i-3,j}^{Theo,D,DT} = \text{Theoretische Tätigkeitsdauer für das Einschal-Umsetzen des Gebinde j, gefüllt mit Hilfsstützen (E-Um,HS) der Deckentische (DT) der Decke (D) über der Ebene i-3} \quad [min]$$

$$j(HS) = \text{Laufindex j für die Gebinde der Hilfsstützen (HS)} \quad [-]$$

$$t_A^{Theo,D,STS} = \text{Theoretische Tätigkeitsdauer für das Last Anhängen oder das Last Abhängen bei Systemträgerschalungen (STS)} \quad [min]$$

$$t_{H4}^{Theo} = \text{Theoretische Tätigkeitsdauer für das Heben von Ebene i-3} \quad [min]$$

- auf Ebene i+1 bzw. das Senken von Ebene i+1 zu Ebene i-3
- $t_{Sch,G_{i-3,i+1},j}^{Theo}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für das Schwenken (*Sch*) [min]  
 des Krans mit dem Gebinde *j* als Umsetzvorgang  
 über der Ebene i+1
- $t_{K,G_{i-3,i+1},j}^{Theo}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für das Fahren der Katze (*K*) [min]  
 mit dem Gebinde *j* als Umsetzvorgang über der Ebene i+1
- $t_{H0}^{Theo}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für das Heben bzw. Senken [min]  
 auf Ebene i+1

### 5.2.3.3 Zusammenfassung der Elementarprozesse der Elementarprozessgruppe Einschal-Umsetzen

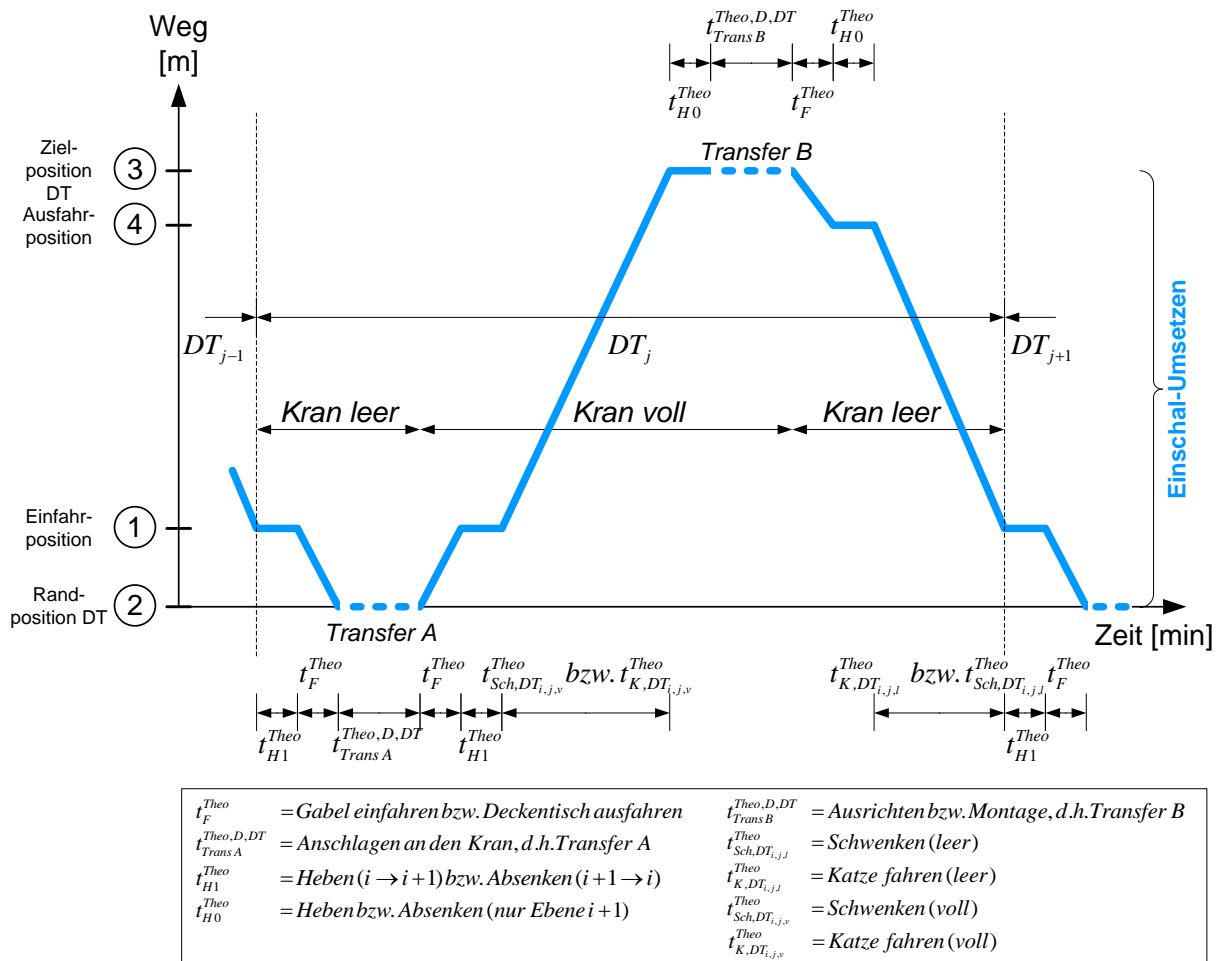
Die Elementarprozessgruppe Einschal-Umsetzen für Deckentische im Modulprozess „Decke über Ebene i+1“ kann nun vollständig bestimmt werden:

$$T_{EPG:E-Um,MP:i+1}^{Theo,D,DT} = \left\{ T_{E-Um,DT,i}^{Theo,D,DT}; T_{E-Um,HS,i-3}^{Theo,D,DT} \right\} \text{ mit}$$

$$T_{E-Um,DT,i}^{Theo,D,DT} = \sum_{j(DT)} \left( 3 \cdot t_F^{Theo} + t_{Trans A}^{Theo,D,DT} + 2 \cdot t_{H1}^{Theo} + \text{Max} \left( t_{Sch,DT_{i,j,v}}^{Theo}; t_{K,DT_{i,j,v}}^{Theo} \right) + \right. \\ \left. + 2 \cdot t_{H0}^{Theo} + t_{Trans B}^{Theo,D,DT} + \text{Max} \left( t_{K,DT_{i,j,l}}^{Theo}; t_{Sch,DT_{i,j,l}}^{Theo} \right) \right)$$

$$T_{E-Um,HS,i-3}^{Theo,D,DT} = \sum_{j(HS)} 2 \cdot \left( t_A^{Theo,D,STS} + t_{H4}^{Theo} + \text{Max} \left( t_{Sch,G_{i-3,i+1},j}^{Theo}; t_{K,G_{i-3,i+1},j}^{Theo} \right) + t_{H0}^{Theo} \right)$$

In Bild 40 wurde das Einschal-Umsetzen von Ebene  $i$  zu Ebene  $i+1$  als Zeit-Weg-Diagramm dargestellt.



**Bild 40: Zeit-Weg-Diagramm für den Elementarprozess Einschal-Umsetzen (mit dem Kran) von Ebene  $i$  zu Ebene  $i+1$  bei Deckentischen**

Im Elementarprozess Einschal-Umsetzen mit Startpunkt auf Ebene  $i$  bewegt sich der Kranhaken zwischen jeweils vier Punkten pro Umsetzvorgang. Als Startpunkt wird Punkt 1 (Einfahrposition) definiert. Von dort wird die Gabel in das Geschoss hineingefahren um dort an der Randposition (Punkt 2) den Deckentisch angeschlagen zu bekommen (Transfer A). Von dort fährt die beladene Gabel zurück auf die Einfahrposition (Punkt 1) und wird von dort auf oberhalb der Ebene  $i+1$  angehoben. Im Anschluss daran wird mittels Schwenken und Katze Fahren der Deckentisch zur Zielposition (Punkt 3) gebracht. Nach dem Ausrichten bzw. der Montage des Deckentisches (Transfer B) kann die Gabel ausgefahren werden (Ausfahrposition – Punkt 4). Von dort geht es zur Einfahrposition für den nächsten Deckentisch ( $j+1$ ).

## 5.2.4 Elementarprozessgruppe Einschalen

Die Elementarprozessgruppe Einschalen setzt sich aus den folgenden zwei Elementarprozessen zusammen:

$$T_{EPG:Ein,MP:i+1}^{Theo,D,DT} = \left\{ T_{Ein,Re,i+1}^{Theo,D,DT}; T_{Ein,So,i+1}^{Theo,D,DT} \right\}$$

$T_{EPG:Ein,MP:i+1}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Elementarprozessgruppendauer für das [min]  
Einschalen ( $EPG:Ein$ ) bei Deckentischen ( $DT$ )  
bezogen auf den Modulprozess „Decke über Ebene  $i+1$ “

$T_{Ein,Re,i+1}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das [min]  
Regel-Einschalen ( $Ein,Re$ ) über der Ebene  $i+1$   
bei Deckentischen ( $DT$ )

$T_{Ein,So,i+1}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für die [min]  
Sonderarbeiten beim Einschalen ( $Ein,Do$ ) über der Ebene  $i+1$   
bei Deckentischen ( $DT$ )

Während dem Einschalen eines Deckentischs gibt es Tätigkeiten, die in Zusammenarbeit mit dem Kran erfolgen (Transfer B) und andere Tätigkeiten, die unabhängig vom Kran durchgeführt werden (Rest-Einschalen und Sonderarbeiten). Dieser Zusammenhang wird weiter unten in diesem Kapitel erläutert.

### 5.2.4.1 Elementarprozess Regel-Einschalen

Nun wird erst der Elementarprozess für das Regel-Einschalen untersucht:

$$T_{Ein,Re,i+1}^{Theo,D,DT} = \sum_{j(DT)} \left( t_{Trans B}^{Theo,D,DT} + t_{Ein,Rest}^{Theo,D,DT} \right)$$

$T_{Ein,Re,i+1}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das [min]  
Regel-Einschalen ( $Ein,Re$ ) über der Ebene  $i+1$   
bei Deckentischen ( $DT$ )

$t_{Trans B}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für den Transfer B ( $Trans B$ ) [min]  
eines Deckentischs ( $DT$ )

$t_{Ein,Rest}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für das Rest- [min]  
Einschalen ( $Ein,Rest$ ) eines Deckentischs ( $DT$ )  
(kranunabhängig)

$j(DT)$  = Laufindex  $j$  für Deckentische ( $DT$ ) [–]

Die Tätigkeitsdauer  $t_{Trans B}^{Theo,D,DT}$  umfasst folgende Arbeitsschritte:

- Empfang des Deckentischs an der Zielposition
- Drehen des Deckentischs in der Luft (bei Bedarf)
- Ausrichten des Deckentischs an den benachbarten Deckentischen oder an Wänden/Stützen
- Endgültiges Absenken
- Lösen des Deckentischs vom Kran

Die Tätigkeit des Resteinschalens  $t_{Ein,Rest}^{Theo,D,DT}$  berücksichtigt die folgenden Arbeitsschritte:

- Befestigung an bzw. Verbindung mit Nachbartisch
- Montage der Passstücke (zwischen den Tischen oder zwischen Tischen und Wänden/Stützen)

#### 5.2.4.2 Elementarprozess Sonderarbeiten beim Einschalen

Zusätzlich sind folgende Sonderarbeiten erforderlich, die zum Einen standardmässig zu erledigen sind (Reinigung, Ölen, Sicherung) und die zum Anderen im Ausmass von der Komplexität des Projekts abhängig sind (Unterzüge, Aussparungen etc.):

$$T_{Ein,So,i+1}^{Theo,D,DT} = \sum_{\eta} \left( a_{Ein,So,\eta}^{Theo,D,DT} \cdot Z_{\eta,i+1} \right) \quad \text{mit } \eta = \left\{ \eta \mid \eta = \left[ \begin{array}{l} \text{Reinigung} \\ \text{Ölen} \\ \text{Sicherung} \\ \text{Unterzüge} \\ \text{Aussparungen} \\ \text{Randschalung} \\ \text{Beischalarbeiten} \\ \text{etc.} \end{array} \right] \right\}$$

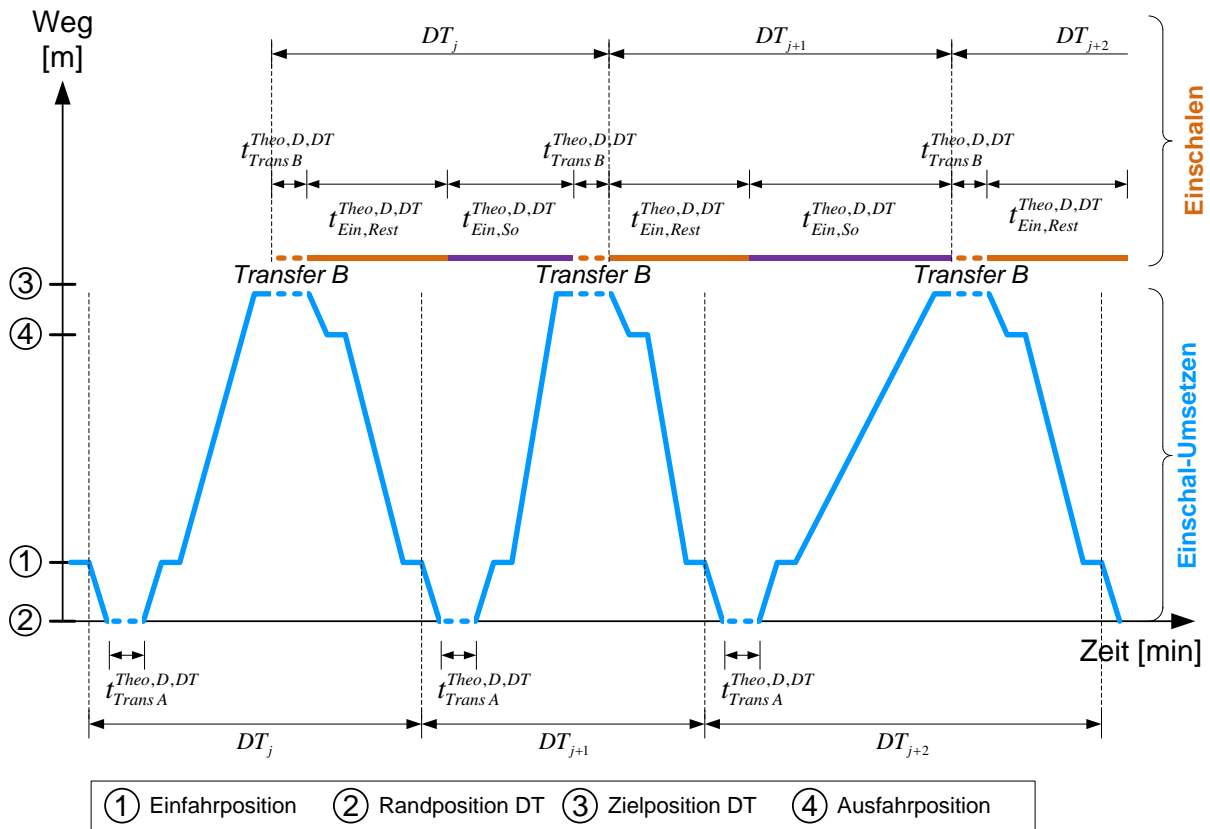
$T_{Ein,So,i+1}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für die [min]  
Sonderarbeiten beim Einschalen ( $Ein,Do$ ) über der Ebene  $i+1$   
bei Deckentischen ( $DT$ )

$a_{Ein,So,\eta}^{Theo,D,DT}$  = Theoretischer Aufwandswert für Sonderarbeiten beim [min / ME]  
Einschalen ( $Ein,So$ ) von Deckentischen ( $DT$ )

$Z_{\eta,i+1}$  = Mengeneinheiten für die Sonderarbeiten auf Ebene  $i+1$  [ME]  
(z.B. ME = m<sup>2</sup>, Anzahl Stützen etc.)

$\eta$  = Art der Sonderarbeiten [-]

Die Einschal-Elite ist davon abhängig, wann der Kran neue Deckentische auf die Ebene  $i+1$  umsetzt. Durch die Sonderarbeiten beim Einschalen können die möglicherweise auftretenden Wartezeiten reduziert oder bestenfalls verhindert werden.



**Bild 41: Zeit-Weg-Diagramm für die Interaktionen zwischen Einschal-Umsetzen und Einschalen bei Deckentischen**

Durch den Kran sind der Elementarprozess Einschal-Umsetzen und der Elementarprozess Einschalen miteinander gekoppelt. Diese Kopplung drückt sich im Transfer B aus. In Bild 41 kann dieser Zusammenhang gut nachvollzogen werden. Die Zeit-Weg-Beziehungen des Einschal-Umsetzens wurden bereits für Bild 40 erläutert. In Bild 41 wurden für drei Deckentische die Zeit-Weg-Beziehungen für das Einschal-Umsetzen dargestellt. Die Wege von Abstellposition zur Zielposition sind in diesem Beispiel unterschiedlich lang. Dies resultiert in einer unterschiedlichen Dauer für das Schwenken bzw. Katze Fahren. Dadurch sind die Steigungen zwischen Punkt 1 und Punkt 3 nicht gleich. Das hat zur Folge dass der Zeitraum zwischen den Startpunkten von Transfer B nicht konstant ist. Da aber sowohl die Tätigkeit Transfer B wie auch die Tätigkeit Resteinschalen pro Deckentisch konstant sind, ist es erforderlich die noch verbleibende Zeit bestmöglich zu nutzen. Dies wird dadurch

erreicht, dass in der zur Verfügung stehenden Zeit die Sonderarbeiten beim Einschalen durchgeführt werden können. In Bild 41 ist deutlich, dass die Sonderarbeiten bei Deckentisch j deutlich kürzer sind als die Sonderarbeiten bei Deckentisch j+1. Der Deckentisch j+1 benötigt mehr Zeit, bis er an der Zielposition ankommt. Damit die Einschale-Equipe nicht unnötig warten muss, werden diese Zeiten mit den Sonderarbeiten gefüllt. Die Wahl der Equipengrösse hat auf diesen Ablauf einen grossen Einfluss. Bei einer grossen Equipe werden die Sonderarbeiten schnell ausgeführt. Es kann also vorkommen, dass eine grosse Equipe plötzlich warten muss. Bei einer sehr kleinen Equipe kann es sich genau anders herum entwickeln. Die kleine Equipe ist nicht im Stande in der zur Verfügung stehenden Zeit die Sonderarbeiten zu erledigen. In diesem Fall muss die kleine Equipe möglicherweise diese Sonderarbeiten nach dem Abschluss des Einschale-Umsetzens fertigstellen. Auf diese Thematik wird in der Arbeitszeit-Verbrauchs-Analyse im Forschungsbericht Teil 9 noch weiter eingegangen.

#### 5.2.4.3 Zusammenfassung der Elementarprozesse der Elementarprozessgruppe Einschalen

Für den Modulprozess „Decke über Ebene i+1“ können nun die beiden Elementarprozesse der Elementarprozessgruppe Einschalen beim Einsatz von Deckentischen angegeben werden:

$$T_{EPG:Ein,MP:i+1}^{Theo,D,DT} = \left\{ T_{Ein,Re,i+1}^{Theo,D,DT}; T_{Ein,So,i+1}^{Theo,D,DT} \right\} \text{ mit}$$

$$T_{Ein,Re,i+1}^{Theo,D,DT} = \sum_{j(DT)} \left( t_{Trans B}^{Theo,D,DT} + t_{Ein,Rest}^{Theo,D,DT} \right)$$

$$T_{Ein,So,i+1}^{Theo,D,DT} = \sum_{\eta} \left( a_{Ein,So,\eta}^{Theo,D,DT} \cdot Z_{\eta,i+1} \right)$$



### 5.2.5 Elementarprozessgruppe Bewehren

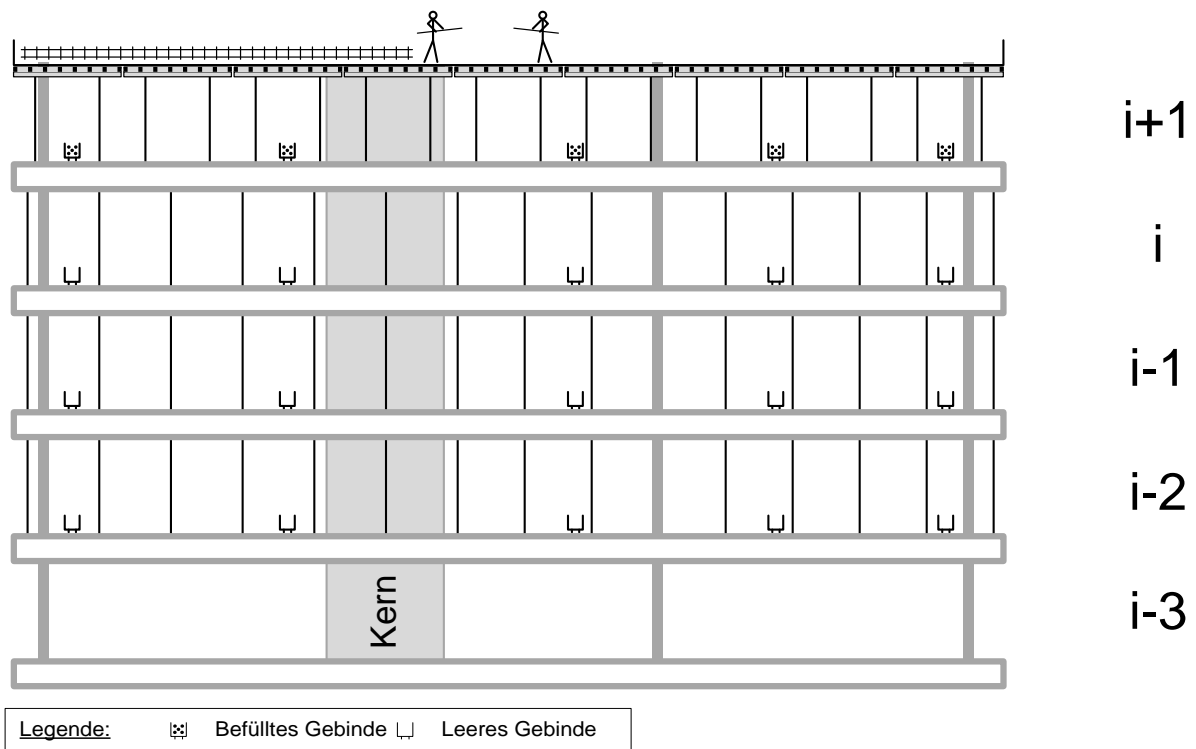
Der Elementarprozessgruppe Bewehren wird beim Einsatz von Deckentischen im Modulprozess „Decke über Ebene i+1“ nur ein Elementarprozess zugeordnet.

$$T_{EPG:Bew,MP:i+1}^{Theo,D,DT} = \{ T_{Bew,Re,i+1}^{Theo,D,DT} \}$$

$T_{EPG:Bew,MP:i+1}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Elementarprozessgruppendauer für das [min]  
 Bewehren (*EPG:Bew*) der Decken (*D*) im Modul-  
 Prozess „Decke über Ebene *i+1*“ bei Deckentischen (*DT*)

$T_{Bew,Re,i+1}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das [min]  
 Regel-Bewehren (*Bew,Re*) der Decke (*D*)  
 über Ebene *i+1* bei Deckentischen (*DT*)

Im nachfolgenden Bild 42 ist gut zu erkennen, dass sich der Elementarprozess nur auf der Decke der Ebene i+1 abspielt.



**Bild 42: Elementarprozessgruppe Bewehren bei Deckentischen im Modulprozess "Decke über Ebene i+1"**

### 5.2.5.1 Elementarprozess Regel-Bewehren

Die für das Regel-Bewehren der Decke benötigte Zeit  $T_{Bew,Re,i+1}^{Theo,D}$  hängt direkt von der Masse der einzubauenden Bewehrung  $m_{Re,i+1}^D$  ab:

$$T_{Bew,Re,i+1}^{Theo,D,DT} = a_{Bew,Re}^{Theo,D,DT} \cdot m_{Re,i+1}^D$$

$T_{Bew,Re,i+1}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das Regel-Bewehren ( $Bew,Re$ ) der Decke ( $D$ ) über Ebene  $i+1$  bei Deckentischen ( $DT$ ) [min]

$a_{Bew,Re}^{Theo,D,DT}$  = Theoretischer Aufwandswert für das Regel-Bewehren ( $Bew,Re$ ) der Decke ( $D$ ) bei Deckentischen ( $DT$ ) [min/kg]

$m_{Re,i+1}^D$  = Masse der in der Decke ( $D$ ) über Ebene  $i+1$  einzubauenden Bewehrung [kg]

Der Aufwandswert beim Bewehren der Decke bei Systemträgerschalungen kann als gleich gross angenommen werden im Vergleich zum Aufwandswert des Bewehens bei Deckentischen. Die Wahl des Schalungssystems (zwischen Systemträgerschalung und Deckentischen) hat bei diesem Elementarprozess keinen Einfluss auf die Elementarprozessdauer.

### 5.2.5.2 Zusammenfassung der Elementarprozesse der Elementarprozessgruppe Bewehren

Für die Elementarprozessgruppe Bewehren beim Einsatz von Deckentischen im Modulprozess „Decke über Ebene  $i+1$ “ kann zusammengefasst folgende Dauer ermittelt werden:

$$T_{EPG:Bew,MP:i+1}^{Theo,D,DT} = \left\{ T_{Bew,Re,i+1}^{Theo,D,DT} \right\} \text{ mit}$$

$$T_{Bew,Re,i+1}^{Theo,D,DT} = a_{Bew,Re}^{Theo,D,DT} \cdot m_{Re,i+1}^D$$

### 5.2.6 Elementarprozessgruppe Betonieren

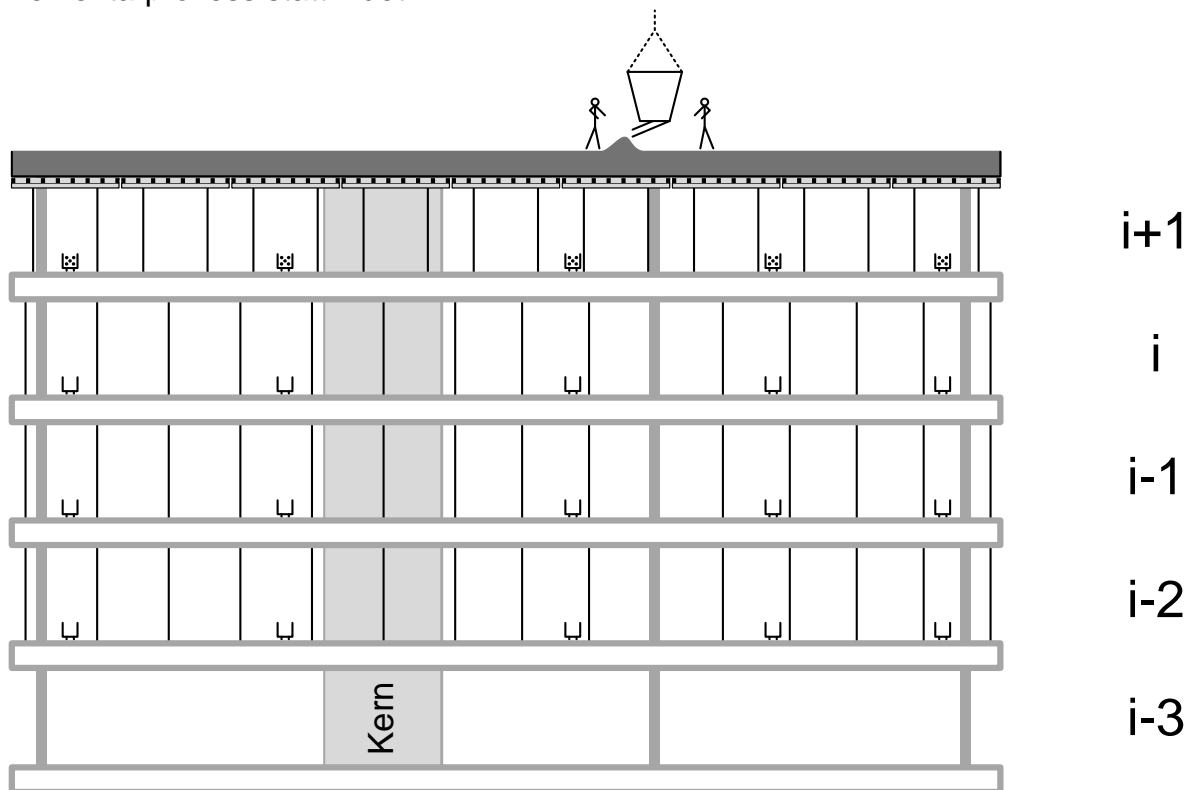
Auch der Elementarprozessgruppe Betonieren wird nur der Elementarprozess auf der Decke von Ebene  $i+1$  zugeordnet:

$$T_{EPG:Bet,MP:i+1}^{Theo,D,DT} = \{ T_{Bet,Re,i+1}^{Theo,D,DT} \}$$

$T_{EPG:Bet,MP:i+1}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Elementarprozessgruppendauer für das [min]  
 Betonieren ( $EPG:Bet$ ) der Decken ( $D$ ) im Modulprozess  
 „Decke über Ebene  $i+1$ “ mit Deckentischen ( $DT$ )

$T_{Bet,Re,i+1}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das [min]  
 Regel-Betonieren ( $Bet,Re$ ) der Decke ( $D$ )  
 über Ebene  $i+1$  bei Deckentischen ( $DT$ )

Im nachfolgenden Bild 43 ist erneut durch die Strichfiguren dargestellt, wo der Elementarprozess stattfindet.



**Bild 43: Elementarprozessgruppe Betonieren bei Deckentischen im Modulprozess "Decke über Ebene  $i+1$ "**

### 5.2.6.1 Elementarprozess Regel-Betonieren

Beim Elementarprozess Regel-Betonieren werden die Aufwandswerte zum Einen auf die Betonkubatur zum Anderen auf die Betonoberfläche bezogen:

$$T_{Bet,Re,i+1}^{Theo,D,DT} = a_{Bet,Re}^{Theo,D,DT} \cdot V_{Bet,Re,i+1}^{D,DT} + \sum_n a_{Bet,Zu,n}^{Theo,D,DT} \cdot A_{Bet,Zu,i+1}^{D,DT}$$

$T_{Bet,Re,i+1}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das Regel-Betonieren ( $Bet,Re$ ) der Decke ( $D$ ) über Ebene  $i+1$  bei Deckentischen ( $DT$ ) [min]

$a_{Bet,Re}^{Theo,D,DT}$  = Theoretischer Aufwandswert für das Regel-Betonieren ( $Bet,Re$ ) bei Deckentischen ( $DT$ ) [min / m<sup>3</sup>]

$V_{Bet,Re,i+1}^{D,DT}$  = Volumen für das Regel-Betonieren ( $Bet,Re$ ) der Decke ( $D$ ) über Ebene  $i+1$  bei Deckentischen ( $DT$ ) [m<sup>3</sup>]

$a_{Bet,Zu,n}^{Theo,D,DT}$  = Theoretischer Aufwandswert für die Zusatzarbeiten ( $Bet,Zu$ ) bei Deckentischen ( $DT$ ) Laufindex  $n$ : Abgleichen, Abziehen, Abreiben, Glätten etc. [min / m<sup>2</sup>]

$A_{Bet,Zu,i+1}^{D,DT}$  = Betonoberfläche für die Zusatzarbeiten ( $Bet,Zu$ ) bei der Decke ( $D$ ) über Ebene  $i+1$  bei Deckentischen ( $DT$ ) [m<sup>2</sup>]

### 5.2.6.2 Zusammenfassung der Elementarprozesse der Elementarprozessgruppe Betonieren

Für die Elementarprozessgruppe Betonieren beim Einsatz von Deckentischen kann nun die zugehörige Elementarprozessdauer dargestellt werden:

$$T_{EPG:Bet,MP:i+1}^{Theo,D,DT} = \left\{ T_{Bet,Re,i+1}^{Theo,D,DT} \right\} \text{ mit}$$

$$T_{Bet,Re,i+1}^{Theo,D,DT} = a_{Bet,Re}^{Theo,D,DT} \cdot V_{Bet,Re,i+1}^{D,DT} + \sum_n a_{Bet,Zu,n}^{Theo,D,DT} \cdot A_{Bet,Zu,i+1}^{D,DT}$$

## 5.2.7 Zusammenfassung aller Elementarprozesse bei Deckentischen

**Ausschalen:**

$$T_{EPG:Aus,MP:i}^{Theo,D,DT} = \left\{ T_{Aus,So,i}^{Theo,D,DT}, T_{Mon,HS,i}^{Theo,D,DT}, T_{Aus,HS,i-3}^{Theo,D,DT} \right\} \text{ mit}$$

$$T_{Aus,So,i}^{Theo,D,DT} = \sum_{\eta} \left( a_{Aus,So,\eta}^{Theo,D,DT} \cdot Z_{\eta,i} \right)$$

$$T_{Mon,HS,i}^{Theo,D,DT} = a_{Mon,HS}^{Theo,D,DT} \cdot A_{Mon,HS,i}^{D,DT}$$

$$T_{Aus,HS,i-3}^{Theo,D,DT} = a_{Aus,HS}^{Theo,D,DT} \cdot A_{Aus,HS,i-3}^{D,DT}$$

**Ausschal-Umsetzen:**

$$T_{EPG:A-Um,MP:i}^{Theo,D,DT} = \left\{ T_{A-Um,DT,i}^{Theo,D,DT}, T_{A-Um,HS,i-3}^{Theo,D,DT} \right\} \text{ mit}$$

$$T_{A-Um,DT,i}^{Theo,D,DT} = \sum_{j(DT)} \left( \frac{\Delta x_{DT,i,j,l} + \Delta y_{DT,i,j,l}}{v_{A-Um,l}^{Theo,D,DT}} + t_{Vor,j}^{Theo,D,DT} + \frac{\Delta x_{DT,i,j,v} + \Delta y_{DT,i,j,v}}{v_{A-Um,v}^{Theo,D,DT}} + t_{Ab}^{Theo,D,DT} + t_{Trans A}^{Theo,D,DT} \right)$$

$$T_{A-Um,HS,i-3}^{Theo,D,DT} = \sum_{j(HS)} \left( \frac{s_{G_{i-3,j+1,j}}^{D,DT}}{v_{A-Um,l}^{Theo,D,STS}} + \frac{s_{G_{i-3,j+1,j}}^{D,DT}}{v_{A-Um,v}^{Theo,D,STS}} + 2 \cdot t_{Lad}^{Theo,D,DT} \right)$$

**Einschal-Umsetzen:**

$$T_{EPG:E-Um,MP:i+1}^{Theo,D,DT} = \left\{ T_{E-Um,DT,i}^{Theo,D,DT}, T_{E-Um,HS,i-3}^{Theo,D,DT} \right\} \text{ mit}$$

$$T_{E-Um,DT,i}^{Theo,D,DT} = \sum_{j(DT)} \left( 3 \cdot t_F^{Theo} + t_{Trans A}^{Theo,D,DT} + 2 \cdot t_{H1}^{Theo} + \text{Max} \left( t_{Sch,DT,i,j,v}^{Theo}, t_{K,DT,i,j,v}^{Theo} \right) + 2 \cdot t_{H0}^{Theo} + t_{Trans B}^{Theo,D,DT} + \text{Max} \left( t_{K,DT,i,j,l}^{Theo}, t_{Sch,DT,i,j,l}^{Theo} \right) \right)$$

$$T_{E-Um,HS,i-3}^{Theo,D,DT} = \sum_{j(HS)} 2 \cdot \left( t_A^{Theo,D,STS} + t_{H4}^{Theo} + \text{Max} \left( t_{Sch,G_{i-3,j+1,j}}^{Theo}, t_{K,G_{i-3,j+1,j}}^{Theo} \right) + t_{H0}^{Theo} \right)$$

**Einschalen:**

$$T_{EPG:Ein,MP:i+1}^{Theo,D,DT} = \left\{ T_{Ein,Re,i+1}^{Theo,D,DT}, T_{Ein,So,i+1}^{Theo,D,DT} \right\} \text{ mit}$$

$$T_{Ein,Re,i+1}^{Theo,D,DT} = \sum_{j(DT)} \left( t_{Trans B}^{Theo,D,DT} + t_{Ein,Rest}^{Theo,D,DT} \right)$$

$$T_{Ein,So,i+1}^{Theo,D,DT} = \sum_{\eta} \left( a_{Ein,So,\eta}^{Theo,D,DT} \cdot Z_{\eta,i+1} \right)$$

**Bewehren:**

$$T_{EPG:Bew,MP:i+1}^{Theo,D,DT} = \left\{ T_{Bew,Re,i+1}^{Theo,D,DT} \right\} \text{ mit}$$

$$T_{Bew,Re,i+1}^{Theo,D,DT} = a_{Bew,Re}^{Theo,D,DT} \cdot m_{Re,i+1}^D$$

**Betonieren:**

$$T_{EPG:Bet,MP:i+1}^{Theo,D,DT} = \left\{ T_{Bet,Re,i+1}^{Theo,D,DT} \right\} \text{ mit}$$

$$T_{Bet,Re,i+1}^{Theo,D,DT} = a_{Bet,Re}^{Theo,D,DT} \cdot v_{Bet,Re,i+1}^{D,DT} + \sum_n a_{Bet,Zu,n}^{Theo,D,DT} \cdot A_{Bet,Zu,i+1}^{D,DT}$$

In Bild 44 wurden alle Elementarprozesse und die entsprechenden Elementarprozessgruppen beim Einsatz von Deckentische dargestellt.

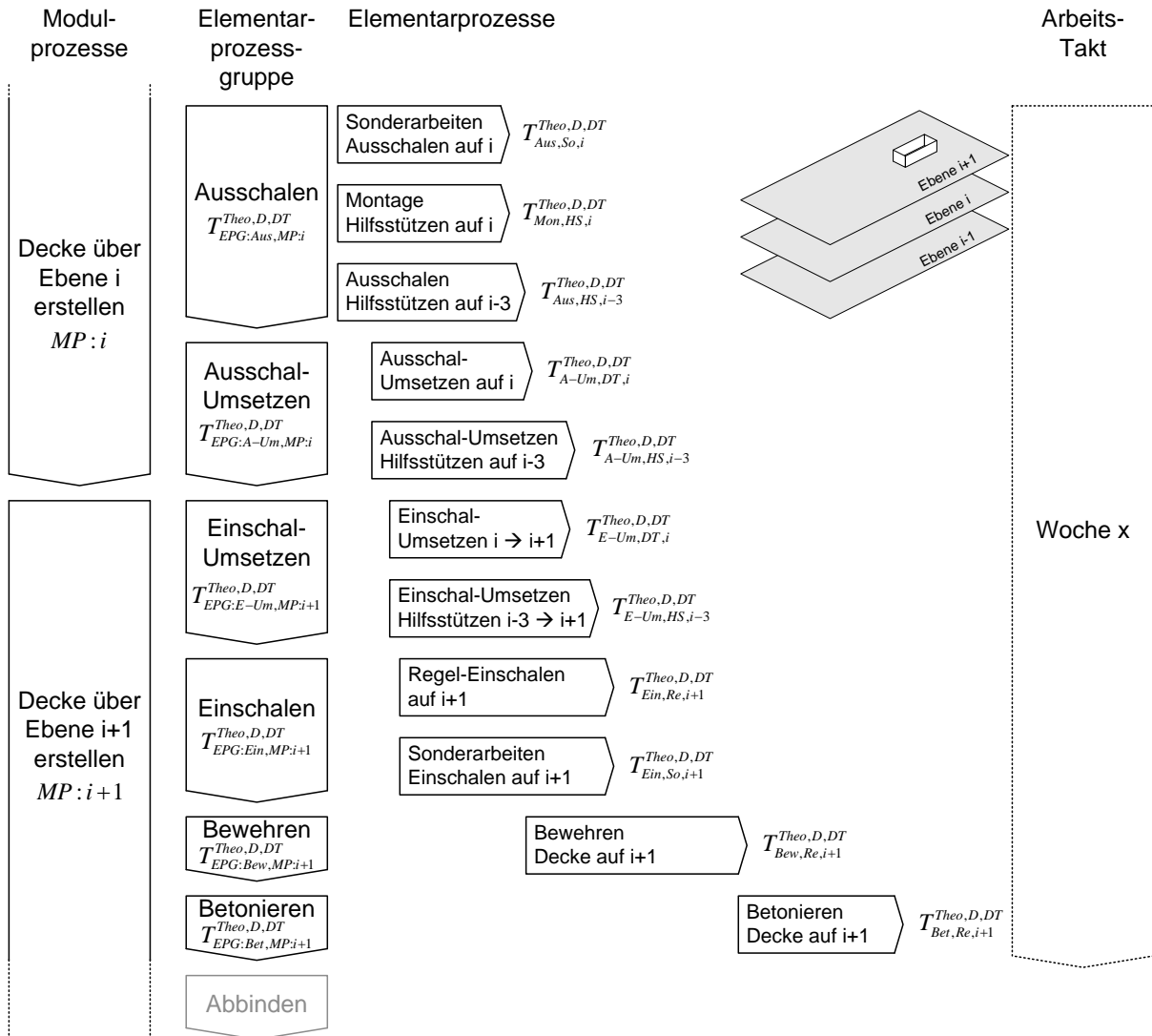


Bild 44: Prozesskette eines Arbeitstaktes bei Deckentischen

### 5.3 Deckentische mit Tischhubsystem (TLS)

Im Gegensatz zum vorangegangenen Abschnitt werden nun Deckentische untersucht, die mit einem Tischhubsystem (Table-Lifting-System=TLS) auf die nächste Ebene umgesetzt werden. Die Deckentische werden auf der Ebene  $i$  in das Tischhubsystem eingefahren. Wie in einem Aufzug wird dann der Deckentisch auf die Ebene  $i+1$  transportiert und dort wieder ausgefahren. Diese Umsetztätigkeiten benötigen daher keine Kranunterstützung.

Wie in Bild 45 dargestellt ist, kann das Tischhubsystem an einer Aussenseite des Gebäudes montiert werden. Nur für die Umsetzung des Tischhubsystems auf die nächste Ebene wird der Kran benötigt.



**Bild 45: Tischhubsystem (TLS) [6]**

### 5.3.1 Elementarprozessgruppe Ausschalen

Die Elementarprozessgruppe Ausschalen wird nicht durch den Einsatz eines Tischhubsystems beeinflusst und ist daher identisch mit den in Kapitel 5.2.1 ermittelten Beziehungen.

Die theoretischen Elementarprozessdauern der Elementarprozessgruppe Ausschalen im Modulprozess „Decke über Ebene  $i$ “ betragen somit:

$$T_{EPG:Aus,MP:i}^{Theo,D,DT(TLS)} = \left\{ T_{Aus,So,i}^{Theo,D,DT(TLS)}, T_{Mon,HS,i-1}^{Theo,D,DT(TLS)}, T_{Aus,HS,i-3}^{Theo,D,DT(TLS)} \right\} \text{ mit}$$

$$T_{Aus,So,i}^{Theo,D,DT(TLS)} = T_{Aus,So,i}^{Theo,D,DT} = \sum_{\eta} \left( a_{Aus,So,\eta}^{Theo,D,DT} \cdot Z_{\eta,i} \right)$$

$$T_{Mon,HS,i}^{Theo,D,DT(TLS)} = T_{Mon,HS,i}^{Theo,D,DT} = a_{Mon,HS}^{Theo,D,DT} \cdot A_{Mon,HS,i}^{D,DT}$$

$$T_{Aus,HS,i-3}^{Theo,D,DT(TLS)} = T_{Aus,HS,i-3}^{Theo,D,DT} = a_{Aus,HS}^{Theo,D,DT} \cdot A_{Aus,HS,i-3}^{D,DT}$$

$T_{EPG:Aus,MP:i}^{Theo,D,DT(TLS)}$  = Theoretische Elementarprozessgruppendauer für das [min]  
Ausschalen ( $EPG:Aus$ ) bei Deckentischen ( $DT$ ) mit  
Tischhubsystem ( $TLS$ ) bezogen auf den Modulprozess  
„Decke über Ebene  $i$ “

$T_{Aus,So,i}^{Theo,D,DT(TLS)}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für die Sonder- [min]  
arbeiten beim Ausschalen ( $Aus,So$ ) bei Deckentischen ( $DT$ )  
über der Ebene  $i$  mit Tischhubsystem ( $TLS$ )

$T_{Aus,So,i}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für die Sonder- [min]  
arbeiten beim Ausschalen ( $Aus,So$ ) bei Deckentischen ( $DT$ )  
über der Ebene  $i$

$T_{Mon,HS,i}^{Theo,D,DT(TLS)}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für die [min]  
Montage von Hilfsunterstützungen ( $Mon, HS$ ) bei  
Deckentischen ( $DT$ ) über der Ebene  $i$  mit Tischhubsystem ( $TLS$ )

$T_{Mon,HS,i}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für die [min]  
Montage von Hilfsunterstützungen ( $Mon, HS$ ) bei  
Deckentischen ( $DT$ ) über der Ebene  $i$

$T_{Aus,HS,i-3}^{Theo,D,DT(TLS)}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das [min]  
Ausschalen von Hilfsunterstützungen ( $Aus,HS$ ) bei  
Deckentischen ( $DT$ ) auf der Ebene  $i-3$  mit Tischhubsystem ( $TLS$ )



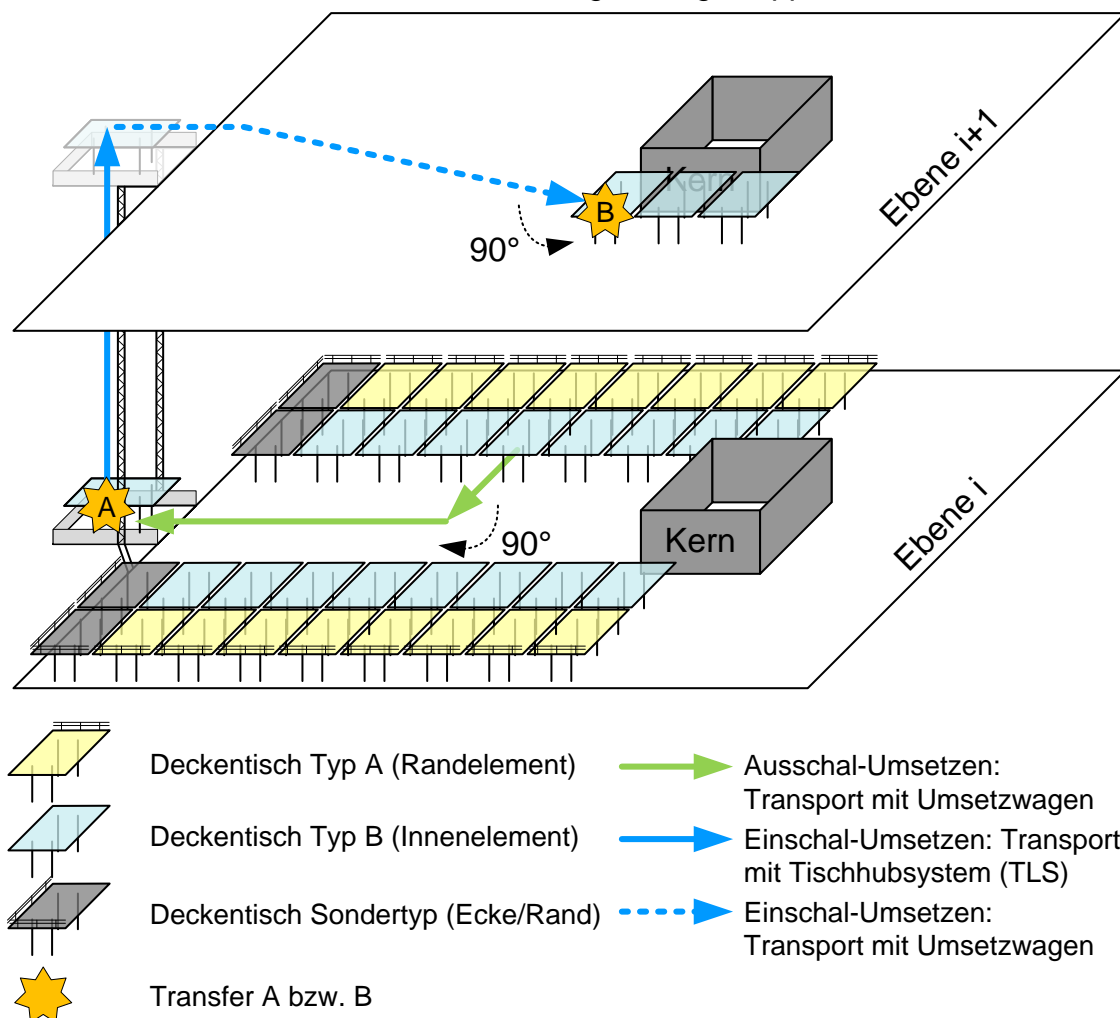
$T_{Aus,HS,i-3}^{Theo,D,DT}$	= Theoretische Elementarprozessdauer für das Ausschalen von Hilfsunterstützungen ( <i>Aus,HS</i> ) bei Deckentischen ( <i>DT</i> ) auf der Ebene <i>i-3</i>	[min]
$a_{Aus,So,\eta}^{Theo,D,DT}$	= Theoretischer Aufwandswert für Sonderarbeiten beim Ausschalen ( <i>Aus,So</i> ) der Decke ( <i>D</i> ) bei Deckentischen ( <i>DT</i> )	[min / ME]
$Z_{\eta,i}$	= Mengeneinheiten für die Sonderarbeiten auf Ebene <i>i</i> (z.B. ME = m <sup>2</sup> , Anzahl Stützen etc.)	[ME]
$\eta$	= Art der Sonderarbeiten	[-]
$a_{Mon,HS}^{Theo,D,DT}$	= Theoretischer Aufwandswert für die Montage ( <i>Mon</i> ) der Hilfsunterstützungen ( <i>HS</i> ) bei Deckentischen ( <i>DT</i> )	[min / m <sup>2</sup> ]
$A_{Mon,HS,i}^{D,DT}$	= Fläche ( <i>A</i> ) der Decke ( <i>D</i> ) der Ebene <i>i</i> unter der Hilfsunterstützungen montiert ( <i>Mon,HS</i> ) werden, bei Deckentischen ( <i>DT</i> )	[m <sup>2</sup> ]
$a_{Aus,HS}^{Theo,D,DT}$	= Theoretischer Aufwandswert für das Ausschalen ( <i>Aus</i> ) der Hilfsunterstützungen ( <i>HS</i> ) bei Deckentischen ( <i>DT</i> )	[min / m <sup>2</sup> ]
$A_{Aus,HS,i-3}^{D,DT}$	= Fläche ( <i>A</i> ) der Decke ( <i>D</i> ) der Ebene <i>i-3</i> auf der Hilfsunterstützungen ausgeschalt ( <i>Aus,HS</i> ) werden, bei Deckentischen ( <i>DT</i> )	[m <sup>2</sup> ]

### 5.3.2 Elementarprozessgruppe Ausschal-Umsetzen

Ähnlich wie bei den Deckentischen, die mit dem Kran umgesetzt werden, wird auch hier das Umsetzen folgendermassen differenziert:

- Ausschal-Umsetzen: Absenken und horizontales Umsetzen auf Ebene i mittels Umsetzwagen
- Einschal-Umsetzen: Vertikales Umsetzen von Ebene i zu Ebene i+1 mittels Tischhubsystem mit anschliessendem horizontalem Umsetzen auf der Ebene i+1 mittels Umsetzwagen

In Bild 46 sind die beiden Elementarprozesse Ausschal-Umsetzen und Einschal-Umsetzen dargestellt. Bei den Randelementen (Typ A und Sondertypen) müssen vor dem Umsetzen noch die Absturzsicherungen umgeklappt werden.



**Bild 46: Deckentisch-Umsetzvorgänge von Ebene i auf Ebene i+1 mit Tischhubsystem (TLS)**

Die Elementarprozessgruppe Ausschal-Umsetzen setzt sich aus den folgenden zwei Elementarprozessen zusammen:

$$T_{EPG:A-Um,MP:i}^{Theo,D,DT(TLS)} = \left\{ T_{A-Um,DT,V1,i}^{Theo,D,DT(TLS)} ; T_{A-Um,HS,V1,i-3}^{Theo,D,DT(TLS)} \right\} \vee \left\{ T_{A-Um,DT,V2,i}^{Theo,D,DT(TLS)} ; T_{A-Um,HS,V2,i-3}^{Theo,D,DT(TLS)} \right\}$$

$T_{EPG:A-Um,MP:i}^{Theo,D,DT(TLS)}$  = Theoretische Elementarprozessgruppendauer für das [min]  
Ausschal-Umsetzen ( $EPG:A-Um$ ) bei Deckentischen ( $DT$ )  
bezogen auf den Modulprozess „Decke über Ebene  $i$ “  
beim Einsatz eines Tischhubsystems ( $TLS$ )

$T_{A-Um,DT,V1,i}^{Theo,D,DT(TLS)}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das Ausschal- [min]  
Umsetzen der Deckentischelemente bei Variante 1 ( $A-Um,DT,V1$ )  
bei Deckentischen ( $DT$ ) auf der Ebene  $i$  bei Tischhubsystem ( $TLS$ )

$T_{A-Um,DT,V2,i}^{Theo,D,DT(TLS)}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das Ausschal- [min]  
Umsetzen der Deckentischelemente bei Variante 2 ( $A-Um,DT,V2$ )  
bei Deckentischen ( $DT$ ) auf der Ebene  $i$  bei Tischhubsystem ( $TLS$ )

$T_{A-Um,HS,V1,i-3}^{Theo,D,DT(TLS)}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das Ausschal-  
[min]  
Umsetzen der Hilfsstützen bei Variante 1 ( $A-Um,HS,V1$ ) auf  
der Ebene  $i-3$  bei Deckentischen ( $DT$ ) bei Tischhubsystem ( $TLS$ )

$T_{A-Um,HS,V2,i-3}^{Theo,D,DT(TLS)}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das Ausschal-  
[min]  
Umsetzen der Hilfsstützen bei Variante 2 ( $A-Um,HS,V2$ ) auf  
der Ebene  $i-3$  bei Deckentischen ( $DT$ ) bei Tischhubsystem ( $TLS$ )

### 5.3.2.1 Elementarprozess Ausschal-Umsetzen der Deckentische

Bezüglich der Verwendung der Umsetzwagen gibt es die zwei folgenden Möglichkeiten:

- Variante 1: Es wird ein Umsetzwagen für beide Ebenen verwendet. Dieser Umsetzwagen fährt mit dem Deckentisch (siehe Bild 47) auf die nächste Ebene und bringt dann den Deckentisch zu seiner Abstellposition (Zielposition). Anschliessend wird der Umsetzwagen via Tischhubsystem wieder auf die Ebene  $i$  gefahren, um dort den nächsten Deckentisch zu transportieren.
- Variante 2: Es werden zwei Umsetzwagen eingesetzt. Mit dem ersten Umsetzwagen auf Ebene  $i$  wird der Deckentisch auf dem Tischhubsystem abgestellt. Der Umsetzwagen wird dann herausgezogen und der Deckentisch

anschliessend auf die Ebene i+1 umgesetzt. Auf Ebene i+1 steht ein weiterer Umsetzwagen zur Verfügung. Mit diesem wird der Deckentisch aus dem Tischhubsystem herausgefahren und dann zu seiner Abstellposition (Zielposition) gebracht.

Die Entscheidung für eine der beiden Varianten hängt massgeblich von der Ressourcenverfügbarkeit (Arbeitskräfte, Umsetzwagen) ab. Berücksichtigt wird die Entscheidung indem differenziert wird, ob das Ausschal-Umsetzen und das Einschal-Umsetzen nacheinander (Variante 1) oder gleichzeitig (Variante 2) durchgeführt werden können.



**Bild 47: Umsetzen mit Tischhubsystem - Umsetzwagen fährt mit [7]**

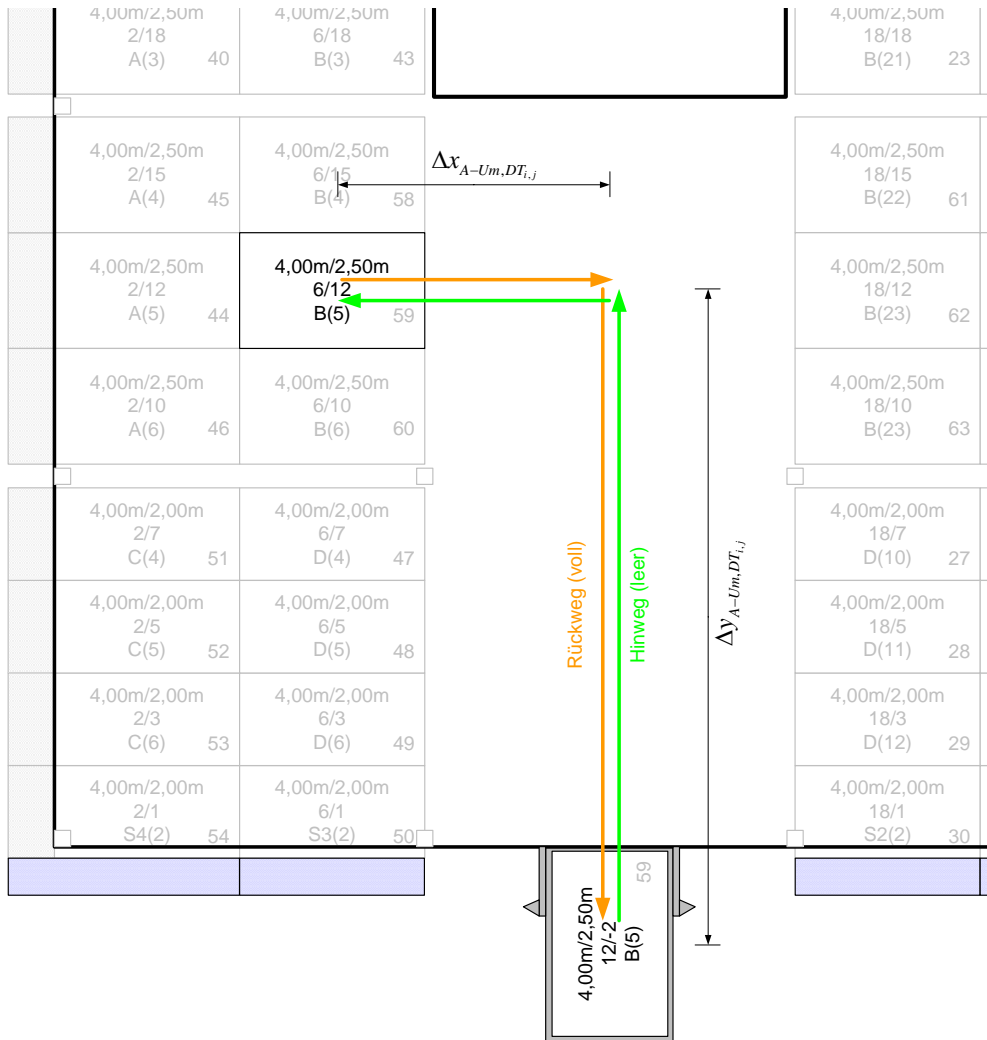
Im Gegensatz zum Umsetzen ohne Tischhubsystem gibt es bei Variante 1 keinen Transfer A. Wird nur ein Umsetzwagen eingesetzt, wird der Elementarprozess Ausschal-Umsetzen von der gleichen Equipe ausgeführt wie der Elementarprozess Einschal-Umsetzen.

Bei der Variante 2 werden die Elementarprozesse Ausschal-Umsetzen und Einschal-Umsetzen von unterschiedlichen Equipen ausgeführt. Bei der Übergabe des Deckentisches gibt es jedoch keine Interaktion bzw. Zusammenarbeit zwischen den beiden Equipen. In Bild 46 wurde der Transfer A-Punkt dennoch angegeben, damit nachvollzogen werden kann, wann und wo die Ausschal-Umsetzen-Equipe den Deckentisch an die Einschal-Umsetzen-Equipe abgibt.

Die Interaktion zwischen Einschal-Umsetzen und Einschalen ist bei beiden Varianten zu berücksichtigen (Transfer B, siehe auch Bild 46).

Das Ausschal-Umsetzen beim Tischhubsystem ähnelt sehr dem Ausschal-Umsetzen der Deckentische, die mit dem Kran umgesetzt werden (Kapitel 5.2.2). Der Unterschied liegt lediglich im Abstellpunkt der Deckentische. Der Abstellpunkt ist immer der Mittelpunkt des Tischhubsystems (auf Ebene i). Wie in Bild 48 dargestellt

befindet sich der Abstellpunkt in diesem Fall bei  $x=12$  und  $y=-2$ . Der  $y$ -Wert ist negativ, da das gleiche Koordinatensystem wie im Kapitel 5.2.2 verwendet wurde. Bei diesem Koordinatensystem entspricht die südliche Gebäudekante  $y=0$  ( $x$ -Achse).



**Bild 48: Beispiel für einen Umsetzvorgang mit TLS**

Der Umsetzvorgang kann dann folgendermassen dargestellt werden:

$$DT_{i,6/12}^{B(5)} \xrightarrow[0]{6/-14} DT_{i,12/-2}^{B(5)}$$

Beim Tischhubsystem sind Hin- und Rückweg identisch, dennoch wird auf den zusätzlichen Index für den Zustand voll bzw. leer (siehe Kapitel 5.2.2) nicht verzichtet. Dies ist notwendig, da die Verschiebegeschwindigkeit für den Zustand leer höher ist als beim Zustand voll.

Sowohl beim Ausschal-Umsetzen auf Ebene  $i$  wie auch beim Einschal-Umsetzen auf Ebene  $i+1$  ist ein horizontales Verschieben mit dem Umsetzwagen erforderlich. Dies

macht eine Erweiterung des Index erforderlich, der bereits bei den Deckentischen (mit Kranumsetzen) verwendet wurde. Durch die Indizes  $A-Um$  bzw.  $E-Um$  bei der Verschiebestrecke  $s$  kann nun zugeordnet werden, zu welchem Elementarprozess die jeweilige Strecke gehört.

Für die Verschiebestrecke im Zustand leer (Hinweg) ergibt sich somit:

$$t_{A-Um,i,j,l}^{Theo,D,DT(TLS)} = \frac{s_{A-Um,DT_i,j}^{D,DT(TLS)}}{v_{A-Um,l}^{Theo,D,DT}} = \frac{\Delta x_{A-Um,DT_i,j} + \Delta y_{A-Um,DT_i,j}}{v_{A-Um,l}^{Theo,D,DT}}$$

$t_{A-Um,i,j,l}^{Theo,D,DT(TLS)}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer zum Ausschalen-  
Umsetzen ( $A-Um$ ) des Umsetzwagens im Zustand leer ( $l$ )  
für den Deckentisch ( $DT$ ) mit dem Laufindex  $j$  auf der Ebene  $i$   
zum Tischhubsystem ( $TLS$ ) [min]

$s_{A-Um,DT_i,j}^{D,DT(TLS)}$  = Verschiebestrecke  $s$  zum Ausschalen-Umsetzen ( $A-Um$ )  
des Umsetzwagens für den Deckentisch ( $DT$ ) mit dem  
Laufindex  $j$  auf Ebene  $i$  zum Tischhubsystem ( $TLS$ ) [m]

$v_{A-Um,l}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Verschiebegeschwindigkeit  $v$  zum Transport [m / min]  
von Umsetzwagen im Zustand leer ( $l$ ) für Deckentische ( $DT$ )  
zum Tischhubsystem ( $TLS$ )

$\Delta x_{A-Um,DT_i,j}$  = Verschiebestrecke beim Ausschalen-Umsetzen ( $A-Um$ ) auf [m]  
Ebene  $i$  in x-Richtung zum Transport des Umsetzwagens  
für den Deckentisch ( $DT$ ) mit dem Laufindex  $j$

$\Delta y_{A-Um,DT_i,j}$  = Verschiebestrecke beim Ausschalen-Umsetzen ( $A-Um$ ) auf [m]  
Ebene  $i$  in y-Richtung zum Transport des Umsetzwagens  
für den Deckentisch ( $DT$ ) mit dem Laufindex  $j$

Für die Verschiebestrecke im Zustand voll (Rückweg) ergibt sich somit analog:

$$t_{A-Um,i,j,v}^{Theo,D,DT(TLS)} = \frac{s_{A-Um,DT_i,j}^{D,DT(TLS)}}{v_{A-Um,v}^{Theo,D,DT}} = \frac{\Delta x_{A-Um,DT_i,j} + \Delta y_{A-Um,DT_i,j}}{v_{A-Um,v}^{Theo,D,DT}}$$

$t_{A-Um,i,j,v}^{Theo,D,DT(TLS)}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer zum Ausschalen-  
Umsetzen ( $A-Um$ ) des Umsetzwagens im Zustand voll ( $v$ )  
für den Deckentisch ( $DT$ ) mit dem Laufindex  $j$  auf der Ebene  $i$   
zum Tischhubsystem ( $TLS$ ) [min]

$s_{A-Um,DT_i,j}^{D,DT(TLS)}$  = Verschiebestrecke  $s$  zum Ausschal-Umsetzen ( $A-Um$ ) des Umsetzwagens für den Deckentisch ( $DT$ ) mit dem Laufindex  $j$  auf Ebene  $i$  zum Tischhubsystem ( $TLS$ ) [m]

$v_{A-Um,v}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Verschiebegeschwindigkeit  $v$  zum Transport von Umsetzwagen im Zustand voll ( $v$ ) für Deckentische ( $DT$ ) zum Tischhubsystem ( $TLS$ ) [m / min]

$\Delta x_{A-Um,DT_i,j}$  = Verschiebestrecke beim Ausschal-Umsetzen ( $A-Um$ ) auf Ebene  $i$  in x-Richtung zum Transport des Umsetzwagens für den Deckentisch ( $DT$ ) mit dem Laufindex  $j$  [m]

$\Delta y_{A-Um,DT_i,j}$  = Verschiebestrecke beim Ausschal-Umsetzen ( $A-Um$ ) auf Ebene  $i$  in y-Richtung zum Transport des Umsetzwagens für den Deckentisch ( $DT$ ) mit dem Laufindex  $j$  [m]

Neben den Verschiebetätigkeiten im Zustand leer und voll müssen die Deckentische noch vorbereitet werden und auf dem Tischhubsystem abgestellt werden. Die Vorbereitungsmaßnahmen werden abhängig vom Deckentischtyp ermittelt:

$$t_{Vor,j}^{Theo,D,DT(TLS)} = t_{Vor,j}^{Theo,D,DT} = \begin{cases} t_{Vor,Rand}^{Theo,D,DT} \forall DT_j \in \{Randelement\} \\ t_{Vor,Innen}^{Theo,D,DT} \forall DT_j \in \{Innenelement\} \\ t_{Vor,Rand-So}^{Theo,D,DT} \forall DT_j \in \{Randsonderelement\} \end{cases}$$

$t_{Vor,j}^{Theo,D,DT(TLS)}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für die Vorbereitung ( $Vor$ ) inkl. des Absenkens des Deckentischs ( $DT$ ) mit dem Laufindex  $j$  bei Einsatz eines Tischhubsystems [min]

$t_{Vor,j}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für die Vorbereitung ( $Vor$ ) inkl. des Absenkens des Deckentischs ( $DT$ ) mit dem Laufindex  $j$  [min]

$t_{Vor,Rand}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für die Vorbereitung ( $Vor$ ) inkl. des Absenkens eines Randelement-Deckentischs ( $Innen$ ) [min]

$t_{Vor,Innen}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für die Vorbereitung ( $Vor$ ) inkl. des Absenkens eines Innenelement-Deckentischs ( $Innen$ ) [min]

$t_{Vor,Rand-So}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für die Vorbereitung ( $Vor$ ) inkl. des Absenkens eines Randsonderelement-Deckentischs ( $Innen$ ) [min]

Sowohl der Elementarprozess Ausschal-Umsetzen auf Ebene  $i$  wie auch der Elementarprozess Einschal-Umsetzen von Ebene  $i$  zu Ebene  $i+1$  werden unterschiedlich bestimmt, jeweils abhängig von der gewählten Variante hinsichtlich der Anzahl der Umsetzwagen.

Bei Variante 1 wird beim Ausschal-Umsetzen kein Abstellen (inkl. Absenken und Ausfahren) benötigt. Die benötigte Zeit, um den Umsetzwagen auf das Tischhubsystem zu fahren ist bereits in der Verschiebezeit berücksichtigt. Die theoretische Elementarprozessdauer für die Variante 1 (siehe auch Erweiterung im Index) wird somit folgendermassen ermittelt:

$$T_{A-Um,DT,V1,i}^{Theo,D,DT(TLS)} = \sum_{j(DT)} \left( t_{A-Um,i,j,l}^{Theo,D,DT(TLS)} + t_{Vor,j}^{Theo,D,DT(TLS)} + t_{A-Um,i,j,v}^{Theo,D,DT(TLS)} \right) =$$

$$= \sum_{j(DT)} \left( \frac{\Delta x_{A-Um,DT,i,j} + \Delta y_{A-Um,DT,i,j}}{v_{A-Um,l}^{Theo,D,DT}} + t_{Vor,j}^{Theo,D,DT(TLS)} + \frac{\Delta x_{A-Um,DT,i,j} + \Delta y_{A-Um,DT,i,j}}{v_{A-Um,v}^{Theo,D,DT}} \right)$$

$T_{A-Um,DT,V1,i}^{Theo,D,DT(TLS)}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das Ausschal- [min]  
Umsetzen der Deckentischelemente bei Variante 1 (A-Um,DT,V1)  
bei Deckentischen (DT) auf der Ebene  $i$  bei Tischhubsystem (TLS)

$j(DT)$  = Laufindex  $j$  der Deckentische (DT) [-]

$t_{A-Um,i,j,l}^{Theo,D,DT(TLS)}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer zum Ausschal- [min]  
Umsetzen (A-Um) des Umsetzwagens im Zustand leer ( $l$ )  
für den Deckentisch (DT) mit dem Laufindex  $j$  auf der Ebene  $i$   
zum Tischhubsystem (TLS)

$t_{Vor,j}^{Theo,D,DT(TLS)}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für die Vorbereitung (Vor) [min]  
inkl. des Absenkens des Deckentischs (DT) mit dem Laufindex  $j$   
bei Einsatz eines Tischhubsystems

$t_{A-Um,i,j,v}^{Theo,D,DT(TLS)}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer zum Ausschal- [min]  
Umsetzen (A-Um) des Umsetzwagens im Zustand voll ( $v$ )  
für den Deckentisch (DT) mit dem Laufindex  $j$  auf der Ebene  $i$   
zum Tischhubsystem (TLS)

$v_{A-Um,l}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Verschiebegeschwindigkeit  $v$  zum Transport [m / min]  
von Umsetzwagen im Zustand leer ( $l$ ) für Deckentische (DT)  
zum Tischhubsystem (TLS)

$v_{A-Um,v}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Verschiebegeschwindigkeit  $v$  zum Transport [m / min]  
von Umsetzwagen im Zustand voll ( $v$ ) für Deckentische (DT)  
zum Tischhubsystem (TLS)



$\Delta x_{A-Um,DT_i,j}$  = Verschiebestrecke beim Ausschal-Umsetzen (*A-Um*) auf Ebene *i* in x-Richtung zum Transport des Umsetzwagens für den Deckentisch (*DT*) mit dem Laufindex *j* [m]

$\Delta y_{A-Um,DT_i,j}$  = Verschiebestrecke beim Ausschal-Umsetzen (*A-Um*) auf Ebene *i* in y-Richtung zum Transport des Umsetzwagens für den Deckentisch (*DT*) mit dem Laufindex *j* [m]

Wenn Variante 2 (auf beiden Ebene werden Umsetzwagen eingesetzt) gewählt wird, muss auch die Tätigkeitsdauer für das Abstellen bestimmt werden. Die Tätigkeit Abstellen beinhaltet das Absenken und Ausfahren des Umsetzwagens:

$t_{Ab}^{Theo,D,DT(TLS)}$

$t_{Ab}^{Theo,D,DT(TLS)}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für das Abstellen (*Ab*) von Deckentischen (*DT*) bei Tischhubsystem (*TLS*) bei Variante 2 [min]

Die Elementarprozessdauer für das Ausschal-Umsetzen als Variante 2 auf der Ebene *i* beim Einsatz eines Tischhubsystems kann nun zusammengefasst dargestellt werden:

$$\begin{aligned} T_{A-Um,DT,V2,i}^{Theo,D,DT(TLS)} &= \sum_{j(DT)} \left( t_{A-Um,i,j,l}^{Theo,D,DT(TLS)} + t_{Vor,j}^{Theo,D,DT(TLS)} + t_{A-Um,i,j,v}^{Theo,D,DT(TLS)} + t_{Ab}^{Theo,D,DT(TLS)} \right) = \\ &= \sum_{j(DT)} \left( \frac{\Delta x_{A-Um,DT_i,j} + \Delta y_{A-Um,DT_i,j}}{v_{A-Um,l}^{Theo,D,DT}} + t_{Vor,j}^{Theo,D,DT(TLS)} + \right. \\ &\quad \left. + \frac{\Delta x_{A-Um,DT_i,j} + \Delta y_{A-Um,DT_i,j}}{v_{A-Um,v}^{Theo,D,DT}} + t_{Ab}^{Theo,D,DT(TLS)} \right) \end{aligned}$$

$T_{A-Um,DT,V2,i}^{Theo,D,DT(TLS)}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das Ausschal-Umsetzen der Deckentischelemente bei Variante 1 (*A-Um,DT,VI*) bei Deckentischen (*DT*) auf der Ebene *i* bei Tischhubsystem (*TLS*) [min]

$j(DT)$  = Laufindex *j* der Deckentische (*DT*) [-]

$t_{A-Um,i,j,l}^{Theo,D,DT(TLS)}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer zum Ausschal-Umsetzen (*A-Um*) des Umsetzwagens im Zustand leer (*l*) für den Deckentisch (*DT*) mit dem Laufindex *j* auf der Ebene *i* zum Tischhubsystem (*TLS*) [min]

$t_{Vor,j}^{Theo,D,DT(TLS)}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für die Vorbereitung (*Vor*) [min]

inkl. des Absenkens des Deckentischs (*DT*) mit dem Laufindex *j*  
bei Einsatz eines Tischhubsystems

$t_{A-Um,i,j,l}^{Theo,D,DT(TLS)}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer zum Ausschal-  
Umsetzen (*A-Um*) des Umsetzwagens im Zustand voll (*v*)  
für den Deckentisch (*DT*) mit dem Laufindex *j* auf der Ebene *i*  
zum Tischhubsystem (*TLS*) [min]

$t_{Ab}^{Theo,D,DT(TLS)}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für das Abstellen (*Ab*)  
von Deckentischen (*DT*) bei Tischhubsystem (*TLS*) bei Variante 2 [min]

$v_{A-Um,l}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Verschiebegeschwindigkeit *v* zum Transport  
von Umsetzwagen im Zustand leer (*l*) für Deckentische (*DT*)  
zum Tischhubsystem (*TLS*) [m / min]

$v_{A-Um,v}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Verschiebegeschwindigkeit *v* zum Transport  
von Umsetzwagen im Zustand voll (*v*) für Deckentische (*DT*)  
zum Tischhubsystem (*TLS*) [m / min]

$\Delta x_{A-Um,DT,i,j}$  = Verschiebestrecke beim Ausschal-Umsetzen (*A-Um*) auf  
Ebene *i* in x-Richtung zum Transport des Umsetzwagens  
für den Deckentisch (*DT*) mit dem Laufindex *j* [m]

$\Delta y_{A-Um,DT,i,j}$  = Verschiebestrecke beim Ausschal-Umsetzen (*A-Um*) auf  
Ebene *i* in y-Richtung zum Transport des Umsetzwagens  
für den Deckentisch (*DT*) mit dem Laufindex *j* [m]

### 5.3.2.2 Elementarprozess Ausschal-Umsetzen der Hilfsstützen

Wie bei den Systemträgerschalungen im Kapitel 5.1.2 und auch den Deckentischen ohne Tischhubsystem im Kapitel 5.2.2 müssen die Hilfsunterstützungen nach 3-4 Wochen ausgeschalt und umgesetzt werden. Die Montage der Hilfsunterstützungen wurde im vorangegangenen Kapitel bereits berücksichtigt, nun folgt die theoretische Elementarprozessdauer für das Ausschal-Umsetzen der Hilfsunterstützungen auf Ebene *i-3*. Auch hier kann zwischen Variante 1 und Variante 2 gewählt werden. Bei Wahl der Variante 2 entspricht diese Elementarprozessdauer der Elementarprozessdauer Ausschal-Umsetzen (Ebene *i-3*) beim Einsatz von Systemträgerschalungen, bei Variante 1 entfällt die Ladezeit auf der Tischhubsystembühne:

$$T_{A-Um,HS,V1,i-3}^{Theo,D,DT(TLS)} = \sum_{j(HS)} t_{A-Um,HS,i-3,V1,j}^{Theo,D,DT(TLS)} = \sum_{j(HS)} \left( \frac{S_{G_{i-3,j+1,j}}^{D,DT}}{v_{A-Um,l}^{Theo,D,STS}} + \frac{S_{G_{i-3,j+1,j}}^{D,DT}}{v_{A-Um,v}^{Theo,D,STS}} + t_{Lad}^{Theo,D,DT} \right)$$

$$T_{A-Um,HS,V2,i-3}^{Theo,D,DT(TLS)} = \sum_{j(HS)} t_{A-Um,HS,i-3,V2,j}^{Theo,D,DT(TLS)} = \sum_{j(HS)} \left( \frac{S_{G_{i-3,j+1,j}}^{D,DT}}{v_{A-Um,l}^{Theo,D,STS}} + \frac{S_{G_{i-3,j+1,j}}^{D,DT}}{v_{A-Um,v}^{Theo,D,STS}} + 2 \cdot t_{Lad}^{Theo,D,DT} \right)$$

$T_{A-Um,HS,V1,i-3}^{Theo,D,DT(TLS)}$  = Theoretische Elementarprozessdauer  $T$  für das Ausschal-Umsetzen der Hilfsstützen bei Variante 1 ( $A-Um,HS,V1$ ) der Deckentische ( $DT$ ) der Decke ( $D$ ) über der Ebene  $i-3$  bei Tischhubsystem ( $TLS$ ) [min]

$T_{A-Um,HS,V2,i-3}^{Theo,D,DT(TLS)}$  = Theoretische Elementarprozessdauer  $T$  für das Ausschal-Umsetzen der Hilfsstützen bei Variante 2 ( $A-Um,HS,V2$ ) der Deckentische ( $DT$ ) der Decke ( $D$ ) über der Ebene  $i-3$  bei Tischhubsystem ( $TLS$ ) [min]

$t_{A-Um,HS,i-3,V1,j}^{Theo,D,DT(TLS)}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer  $t$  für das Ausschal-Umsetzen der Hilfsstützen bei Variante 1 ( $A-Um,HS,V1$ ) der Deckentische ( $DT$ ) der Decke ( $D$ ) über der Ebene  $i-3$  bei Tischhubsystem ( $TLS$ ) [min]

$t_{A-Um,HS,i-3,V2,j}^{Theo,D,DT(TLS)}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer  $t$  für das Ausschal-Umsetzen der Hilfsstützen bei Variante 2 ( $A-Um,HS,V2$ ) der Deckentische ( $DT$ ) der Decke ( $D$ ) über der Ebene  $i-3$  bei Tischhubsystem ( $TLS$ ) [min]

$j(HS)$  = Laufindex  $j$  für die Gebinde der Hilfsstützen ( $HS$ ) [-]

$s_{G_{i-3,i+1},j}^{D,DT}$  = Mittlere Verschiebestrecke  $s$  des Gebinde  $j$  mit Startpunkt auf Ebene  $i-3$  und Zielpunkt auf Ebene  $i+1$ , gefüllt mit Hilfsstützen bei Deckentischen ( $DT$ ) [m]

$v_{A-Um,v}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Verschiebegeschwindigkeit  $v$  für das Ausschal-Umsetzen ( $A-Um$ ) bei Systemträgerschalungen ( $STS$ ) im Beladezustand voll ( $v$ ) [m / min]

$v_{A-Um,l}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Verschiebegeschwindigkeit  $v$  für das Ausschal-Umsetzen ( $A-Um$ ) bei Systemträgerschalungen ( $STS$ ) im Beladezustand leer ( $l$ ) [m / min]

$t_{Lad}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer  $t$  für das Be- oder Entladen ( $Lad$ ) eines Gebindes mit Hilfsstützen bei Deckentischen ( $DT$ ) [min]

### 5.3.2.3 Zusammenfassung der Elementarprozesse der Elementarprozessgruppe Ausschal-Umsetzen

Für die Elementarprozessgruppe Ausschal-Umsetzen (Variante 1 oder Variante 2) bei Deckentischen mit Tischhubsystem im Modulprozess „Decke über Ebene i“ ergibt sich somit:

$$T_{EPG:A-Um,MP:i}^{Theo,D,DT(TLS)} = \left\{ T_{A-Um,DT,V1,i}^{Theo,D,DT(TLS)} ; T_{A-Um,HS,V1,i-3}^{Theo,D,DT(TLS)} \right\} \vee \left\{ T_{A-Um,DT,V2,i}^{Theo,D,DT(TLS)} ; T_{A-Um,HS,V2,i-3}^{Theo,D,DT(TLS)} \right\} \text{ mit}$$

$$T_{A-Um,DT,V1,i}^{Theo,D,DT(TLS)} = \sum_{j(DT)} \left( t_{A-Um,i,j,l}^{Theo,D,DT(TLS)} + t_{Vor,j}^{Theo,D,DT(TLS)} + t_{A-Um,i,j,v}^{Theo,D,DT(TLS)} \right) =$$

$$= \sum_{j(DT)} \left( \frac{\Delta x_{A-Um,DT,i,j} + \Delta y_{A-Um,DT,i,j}}{v_{A-Um,l}^{Theo,D,DT}} + t_{Vor,j}^{Theo,D,DT(TLS)} + \frac{\Delta x_{A-Um,DT,i,j} + \Delta y_{A-Um,DT,i,j}}{v_{A-Um,v}^{Theo,D,DT}} \right)$$

$$T_{A-Um,DT,V2,i}^{Theo,D,DT(TLS)} = \sum_{j(DT)} \left( \frac{\Delta x_{A-Um,DT,i,j} + \Delta y_{A-Um,DT,i,j}}{v_{A-Um,l}^{Theo,D,DT}} + t_{Vor,j}^{Theo,D,DT(TLS)} + \right.$$

$$\left. + \frac{\Delta x_{A-Um,DT,i,j} + \Delta y_{A-Um,DT,i,j}}{v_{A-Um,v}^{Theo,D,DT}} + t_{Ab}^{Theo,D,DT(TLS)} \right)$$

$$T_{A-Um,HS,V1,i-3}^{Theo,D,DT(TLS)} = \sum_{j(HS)} t_{A-Um,HS,i-3,V1,j}^{Theo,D,DT(TLS)} = \sum_{j(HS)} \left( \frac{S_{G_{i-3,j+1,j}}^{D,DT}}{v_{A-Um,l}^{Theo,D,STS}} + \frac{S_{G_{i-3,j+1,j}}^{D,DT}}{v_{A-Um,v}^{Theo,D,STS}} + t_{Lad}^{Theo,D,DT} \right)$$

$$T_{A-Um,HS,V2,i-3}^{Theo,D,DT(TLS)} = \sum_{j(HS)} t_{A-Um,HS,i-3,V2,j}^{Theo,D,DT(TLS)} = \sum_{j(HS)} \left( \frac{S_{G_{i-3,j+1,j}}^{D,DT}}{v_{A-Um,l}^{Theo,D,STS}} + \frac{S_{G_{i-3,j+1,j}}^{D,DT}}{v_{A-Um,v}^{Theo,D,STS}} + 2 \cdot t_{Lad}^{Theo,D,DT} \right)$$

### 5.3.3 Elementarprozessgruppe Einschal-Umsetzen

Auch bei der Elementarprozessgruppe Einschal-Umsetzen wird bei den Elementarprozessen zwischen Variante 1 und Variante 2 differenziert:

$$T_{EPG:E-Um,MP:i+1}^{Theo,D,DT(TLS)} = \left\{ T_{E-Um,DT,V1,i+1}^{Theo,D,DT(TLS)}; T_{E-Um,HS,V1,i-3}^{Theo,D,DT(TLS)} \right\} \vee \left\{ T_{E-Um,DT,V2,i+1}^{Theo,D,DT(TLS)}; T_{E-Um,HS,V2,i-3}^{Theo,D,DT(TLS)} \right\}$$

$T_{EPG:A-Um,MP:i+1}^{Theo,D,DT(TLS)}$  = Theoretische Elementarprozessgruppendauer für das [min]  
Einschal-Umsetzen ( $EPG:E-Um$ ) bei Deckentischen ( $DT$ )  
bezogen auf den Modulprozess „Decke über Ebene  $i+1$ “  
beim Einsatz eines Tischhubsystems ( $TLS$ )

$T_{E-Um,DT,V1,i}^{Theo,D,DT(TLS)}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das Einschal- [min]  
Umsetzen der Deckentischelemente bei Variante 1 ( $E-Um,DT,V1$ )  
bei Deckentischen ( $DT$ ) mit Start auf der Ebene  $i$  bei  
Tischhubsystem ( $TLS$ )

$T_{E-Um,DT,V2,i}^{Theo,D,DT(TLS)}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das Einschal- [min]  
Umsetzen der Deckentischelemente bei Variante 2 ( $E-Um,DT,V2$ )  
bei Deckentischen ( $DT$ ) mit Start auf der Ebene  $i$  bei  
Tischhubsystem ( $TLS$ )

$T_{E-Um,HS,V1,i-3}^{Theo,D,DT(TLS)}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das Einschal-  
[min]  
Umsetzen der Hilfsstützen bei Variante 1 ( $A-Um,HS,V1$ ) auf  
der Ebene  $i-3$  bei Deckentischen ( $DT$ ) bei Tischhubsystem ( $TLS$ )

$T_{E-Um,HS,V2,i-3}^{Theo,D,DT(TLS)}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das Einschal-  
[min]  
Umsetzen der Hilfsstützen bei Variante 2 ( $A-Um,HS,V2$ ) auf  
der Ebene  $i-3$  bei Deckentischen ( $DT$ ) bei Tischhubsystem ( $TLS$ )

#### 5.3.3.1 Elementarprozess Einschal-Umsetzen der Deckentische

Nach dem Abstellen des Deckentischs auf der TLS-Bühne wird die Bühne auf die nächste Ebene angehoben. Dieser Prozess dauert:

$$t_{Hub,H0}^{Theo,TLS}$$

$t_{Hub,H0}^{Theo,TLS}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für den Hub ( $Hub$ ) mit [min]

dem Tischhubsystem (*TLS*) von Ebene *i* zu Ebene *i+1* (*H0*)

Bei dieser Tätigkeitsdauer ist zu beachten, dass diese bei Variante 2 keiner Equipe zugeordnet werden muss, da der Hubvorgang selbstständig abläuft. Lediglich der Start muss von der Ausschal-Umsetzen-Equipe ausgelöst werden.

Nach dem Hub wird bei Variante 2 der Umsetzwagen Nr. 2 auf die *TLS*-Bühne unter den Deckentisch eingefahren:

$$t_{Einf,DT}^{Theo,TLS}$$

$$t_{Einf,DT}^{Theo,TLS} = \text{Theoretische Tätigkeitsdauer für das Einfahren (Einf)} \quad [min]$$

des Umsetzwagens unter den Deckentisch (*DT*) auf der Bühne  
des Tischhubsystems (*TLS*)

Diese Tätigkeit ist bei Variante 1 nicht notwendig, da der Umsetzwagen mit dem Tischhubsystem auf die Ebene *i+1* mitgefahren ist. Es muss dann aber die Tätigkeitsdauer für den Hub (als Transport des Umsetzwagens von Ebene *i+1* zurück zur Ebene *i*) berücksichtigt werden.

Die Ermittlung der Prozesszeiten für das horizontale Umsetzen auf Ebene *i+1* erfolgt auf sehr ähnliche Weise wie bereits auf Ebene *i*. Die Übergabe vom Ausschal-Umsetzen zum Einschal-Umsetzen erfolgt auf Ebene *i*, daher wird der Startpunkt für diesen Elementarprozess auf Ebene *i* festgelegt. Der Startpunkt für die Tätigkeit des horizontalen Umsetzens mit dem Umsetzwagen ist der Mittelpunkt des Tischhubsystems auf Ebene *i+1*. Der Hinweg ist in diesem Fall im Zustand voll:

$$t_{E-Um,i+1,j,v}^{Theo,D,DT(TLS)} = \frac{s_{E-Um,DTi,j}^{D,DT(TLS)}}{v_{E-Um,v}^{Theo,D,DT}} = \frac{\Delta x_{E-Um,DTi,j} + \Delta y_{E-Um,DTi,j}}{v_{E-Um,v}^{Theo,D,DT}}$$

$$t_{E-Um,i+1,j,v}^{Theo,D,DT(TLS)} = \text{Theoretische Tätigkeitsdauer zum Einschal-} \quad [min]$$

Umsetzen (*E-Um*) des Umsetzwagens im Zustand voll (*v*)  
für den Deckentisch (*DT*) mit dem Laufindex *j* auf der Ebene *i+1*  
bei Tischhubsystem (*TLS*)

$$s_{E-Um,DTi,j}^{D,DT(TLS)} = \text{Verschiebestrecke } s \text{ zum Einschal-Umsetzen (E-Um)} \quad [m]$$

des Umsetzwagens für den Deckentisch (*DT*) mit dem  
Laufindex *j* mit Start auf Ebene *i* bei Tischhubsystem (*TLS*)

$$v_{E-Um,v}^{Theo,D,DT} = \text{Theoretische Verschiebegeschwindigkeit } v \text{ zum Transport} \quad [m/min]$$

von Umsetzwagen im Zustand voll (*v*) für Deckentische (*DT*)

zum Tischhubsystem (*TLS*)

$\Delta x_{E-Um,DT_i,j}$  = Verschiebestrecke beim Einschal-Umsetzen (*E-Um*) in  $[m]$   
 x-Richtung zum Transport des Umsetzwagens für den  
 Deckentisch (*DT*) mit dem Laufindex *j* mit Start auf Ebene *i*

$\Delta y_{E-Um,DT_i,j}$  = Verschiebestrecke beim Einschal-Umsetzen (*E-Um*) in  $[m]$   
 y-Richtung zum Transport des Umsetzwagens für den  
 Deckentisch (*DT*) mit dem Laufindex *j* mit Start auf Ebene *i*

Der Laufindex des Deckentischs orientiert sich an der Ebene, auf der der Ausschal-Umsetzen-Prozess begonnen hat. Dadurch kann der Deckentisch besser zugeordnet werden. Für beide Elementarprozesse erfolgt somit die gleiche Indizierung, auch wenn das Einschal-Umsetzen tatsächlich auf der Ebene *i+1* stattfindet:

- Deckentisch-Laufindex beim Ausschal-Umsetzen:  $DT_{i,j}$
- Deckentisch-Laufindex beim Einschal-Umsetzen:  $DT_{i,j}$

Die Interaktionen auf der Ebene *i+1* zwischen der Einschal-Umsetz-Equipe und der Einschal-Equipe wird erneut mit der Tätigkeitsdauer Transfer B berücksichtigt:

$t_{Trans B}^{Theo,D,DT(TLS)}$

$t_{Trans B}^{Theo,D,DT(TLS)}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für den Transfer B (*Trans B*)  $[min]$   
 eines Deckentischs (*DT*) beim Tischhubsystem (*TLS*)

Nach der Übergabe an die Einschal-Equipe wird der Umsetzwagen im Zustand leer zurück zum Tischhubsystem verschoben:

$$t_{E-Um,i+1,j,l}^{Theo,D,DT(TLS)} = \frac{s_{E-Um,DT_i,j}^{D,DT(TLS)}}{v_{E-Um,l}^{Theo,D,DT}} = \frac{\Delta x_{E-Um,DT_i,j} + \Delta y_{E-Um,DT_i,j}}{v_{E-Um,l}^{Theo,D,DT}}$$

$t_{E-Um,i+1,j,l}^{Theo,D,DT(TLS)}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer zum Einschal-  $[min]$   
 Umsetzen (*E-Um*) des Umsetzwagens im Zustand leer (*l*)  
 für den Deckentisch (*DT*) mit dem Laufindex *j* auf der Ebene *i+1*  
 zum Tischhubsystem (*TLS*)

$s_{E-Um,DT_i,j}^{D,DT(TLS)}$  = Verschiebestrecke *s* zum Einschal-Umsetzen (*E-Um*)  $[m]$   
 des Umsetzwagens für den Deckentisch (*DT*) mit dem  
 Laufindex *j* mit Start auf Ebene *i* zum Tischhubsystem (*TLS*)

$v_{E-Um,l}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Verschiebegeschwindigkeit  $v$  zum Transport [m / min]  
 von Umsetzwagen im Zustand leer ( $l$ ) für Deckentische ( $DT$ )  
 zum Tischhubsystem ( $TLS$ )

$\Delta x_{E-Um,DT,i,j}$  = Verschiebestrecke beim Einschal-Umsetzen ( $E-Um$ ) in [m]  
 x-Richtung zum Transport des Umsetzwagens für den  
 Deckentisch ( $DT$ ) mit dem Laufindex  $j$  mit Start auf Ebene  $i$

$\Delta y_{E-Um,DT,i,j}$  = Verschiebestrecke beim Einschal-Umsetzen ( $E-Um$ ) in [m]  
 y-Richtung zum Transport des Umsetzwagens für den  
 Deckentisch ( $DT$ ) mit dem Laufindex  $j$  mit Start auf Ebene  $i$

Zusammengefasst kann nun die Elementarprozessdauer für das Einschal-Umsetzen von der Ebene  $i$  zur Ebene  $i+1$  differenziert nach Variante 1 und Variante 2 dargestellt werden:

$$T_{E-Um,DT,V1,i}^{Theo,D,DT(TLS)} = \sum_{j(DT)} \left( t_{Hub,H0}^{Theo,TLS} + t_{E-Um,i+1,j,v}^{Theo,D,DT(TLS)} + t_{Trans B}^{Theo,D,DT(TLS)} + t_{E-Um,i+1,j,l}^{Theo,D,DT(TLS)} + t_{Hub,H0}^{Theo,TLS} \right) =$$

$$= \sum_{j(DT)} \left( t_{Hub,H0}^{Theo,TLS} + \frac{\Delta x_{E-Um,DT,i,j} + \Delta y_{E-Um,DT,i,j}}{v_{E-Um,v}^{Theo,D,DT}} + t_{Trans B}^{Theo,D,DT(TLS)} + \frac{\Delta x_{E-Um,DT,i,j} + \Delta y_{E-Um,DT,i,j}}{v_{E-Um,l}^{Theo,D,DT}} + t_{Hub,H0}^{Theo,TLS} \right)$$

$$T_{E-Um,DT,V2,i}^{Theo,D,DT(TLS)} = \sum_{j(DT)} \left( t_{Einf,DT}^{Theo,TLS} + t_{E-Um,i+1,j,v}^{Theo,D,DT(TLS)} + t_{Trans B}^{Theo,D,DT(TLS)} + t_{E-Um,i+1,j,l}^{Theo,D,DT(TLS)} \right) =$$

$$= \sum_{j(DT)} \left( t_{Einf,DT}^{Theo,TLS} + \frac{\Delta x_{E-Um,DT,i,j} + \Delta y_{E-Um,DT,i,j}}{v_{E-Um,v}^{Theo,D,DT}} + t_{Trans B}^{Theo,D,DT(TLS)} + \frac{\Delta x_{E-Um,DT,i,j} + \Delta y_{E-Um,DT,i,j}}{v_{E-Um,l}^{Theo,D,DT}} \right)$$

$T_{E-Um,DT,V1,i}^{Theo,D,DT(TLS)}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das Einschal- [min]  
 Umsetzen der Deckentischelemente bei Variante 1 ( $E-Um,DT,V1$ )  
 bei Deckentischen ( $DT$ ) mit Start auf der Ebene  $i$  bei  
 Tischhubsystem ( $TLS$ )

$T_{E-Um,DT,V2,i}^{Theo,D,DT(TLS)}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das Einschal- [min]  
 Umsetzen der Deckentischelemente bei Variante 2 ( $E-Um,DT,V2$ )  
 bei Deckentischen ( $DT$ ) mit Start auf der Ebene  $i+1$  bei  
 Tischhubsystem ( $TLS$ )

$j(DT)$  = Laufindex  $j$  der Deckentische ( $DT$ ) [-]



- $t_{Hub,H0}^{Theo,TLS}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für den Hub (*Hub*) mit dem Tischhubsystem (*TLS*) von Ebene *i* zu Ebene *i+1* (*H0*) [min]
- $t_{Einf,DT}^{Theo,TLS}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für das Einfahren (*Einf*) des Umsetzwagens unter den Deckentisch (*DT*) auf der Bühne des Tischhubsystems (*TLS*) [min]
- $t_{Trans B}^{Theo,D,DT(TLS)}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für den Transfer B (*Trans B*) eines Deckentischs (*DT*) beim Tischhubsystem (*TLS*) [min]
- $t_{E-Um,i+1,j,v}^{Theo,D,DT(TLS)}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer zum Einschalen (*E-Um*) des Umsetzwagens im Zustand voll (*v*) für den Deckentisch (*DT*) mit dem Laufindex *j* auf der Ebene *i+1* bei Tischhubsystem (*TLS*) [min]
- $v_{E-Um,v}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Verschiebegeschwindigkeit *v* zum Transport von Umsetzwagen im Zustand voll (*v*) für Deckentische (*DT*) bei Tischhubsystem (*TLS*) [m / min]
- $t_{E-Um,i+1,j,l}^{Theo,D,DT(TLS)}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer zum Einschalen (*E-Um*) des Umsetzwagens im Zustand leer (*l*) für den Deckentisch (*DT*) mit dem Laufindex *j* auf der Ebene *i+1* zum Tischhubsystem (*TLS*) [min]
- $v_{E-Um,l}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Verschiebegeschwindigkeit *v* zum Transport von Umsetzwagen im Zustand leer (*l*) für Deckentische (*DT*) zum Tischhubsystem (*TLS*) [m / min]
- $s_{E-Um,DT,i,j}^{D,DT(TLS)}$  = Verschiebestrecke *s* zum Einschalen-Umsetzen (*E-Um*) des Umsetzwagens für den Deckentisch (*DT*) mit dem Laufindex *j* mit Start auf Ebene *i* zum Tischhubsystem (*TLS*) [m]
- $\Delta x_{E-Um,DT,i,j}$  = Verschiebestrecke beim Einschalen-Umsetzen (*E-Um*) in x-Richtung zum Transport des Umsetzwagens für den Deckentisch (*DT*) mit dem Laufindex *j* mit Start auf Ebene *i* [m]
- $\Delta y_{E-Um,DT,i,j}$  = Verschiebestrecke beim Einschalen-Umsetzen (*E-Um*) in y-Richtung zum Transport des Umsetzwagens für den Deckentisch (*DT*) mit dem Laufindex *j* mit Start auf Ebene *i* [m]

### 5.3.3.2 Elementarprozess Einschal-Umsetzen der Hilfsstützen

Neben dem Einschal-Umsetzen auf Ebene  $i$  muss auch das Einschal-Umsetzen der Hilfsstützen auf Ebene  $i-3$  berücksichtigt werden. Erneut muss auch hier nach Variante 1 und Variante 2 differenziert werden. Die Gebinde mit den Hilfsstützen werden wie auch schon die Deckentische mit dem Tischhubsystem vertikal umgesetzt. Dadurch sind die Tätigkeitsdauern der Hilfsstützen fast identisch zu den Tätigkeitsdauern der Deckentische. Lediglich die Hubdauer ist länger, da die Höhe zwischen den Ebenen grösser ist. Ausserdem gibt es die Tätigkeit Transfer B nicht, stattdessen werden die Tätigkeiten Laden und Entladen notwendig:

$$T_{E-Um,HS,V1,i-3}^{Theo,D,DT(TLS)} = \sum_{j(HS)} \left( t_{Hub,H3}^{Theo,TLS} + t_{E-Um,HS,i+1,j,v}^{Theo,D,DT(TLS)} + t_{Lad}^{Theo,D,DT} + t_{E-Um,HS,i+1,j,l}^{Theo,D,DT(TLS)} + t_{Hub,H3}^{Theo,TLS} \right) =$$

$$= \sum_{j(HS)} \left( 2 \cdot t_{Hub,H3}^{Theo,TLS} + \frac{\Delta x_{E-Um,HS_{i-3,j}} + \Delta y_{E-Um,HS_{i-3,j}}}{v_{E-Um,v}^{Theo,D,STS}} + t_{Lad}^{Theo,D,DT} + \frac{\Delta x_{E-Um,HS_{i-3,j}} + \Delta y_{E-Um,HS_{i-3,j}}}{v_{E-Um,l}^{Theo,D,STS}} \right)$$

$$T_{E-Um,HS,V2,i-3}^{Theo,D,DT(TLS)} = \sum_{j(HS)} \left( t_{Lad}^{Theo,D,DT} + t_{E-Um,HS,i+1,j,v}^{Theo,D,DT(TLS)} + t_{Lad}^{Theo,D,DT} + t_{E-Um,HS,i+1,j,l}^{Theo,D,DT(TLS)} \right) =$$

$$= \sum_{j(HS)} \left( 2 \cdot t_{Lad}^{Theo,D,DT} + \frac{\Delta x_{E-Um,HS_{i-3,j}} + \Delta y_{E-Um,HS_{i-3,j}}}{v_{E-Um,v}^{Theo,D,STS}} + \frac{\Delta x_{E-Um,HS_{i-3,j}} + \Delta y_{E-Um,HS_{i-3,j}}}{v_{E-Um,l}^{Theo,D,STS}} \right)$$

$T_{E-Um,HS,V1,i-3}^{Theo,D,DT(TLS)}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das Einschal-  
[min]

Umsetzen der Hilfsstützen bei Variante 1 ( $A-Um,HS,V1$ ) mit Start auf Ebene  $i-3$  bei Deckentischen ( $DT$ ) bei Tischhubsystem ( $TLS$ )

$T_{E-Um,HS,V2,i-3}^{Theo,D,DT(TLS)}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das Einschal-  
[min]

Umsetzen der Hilfsstützen bei Variante 2 ( $A-Um,HS,V2$ ) mit Start auf Ebene  $i-3$  bei Deckentischen ( $DT$ ) bei Tischhubsystem ( $TLS$ )

$j(HS)$  = Laufindex  $j$  für die Gebinde der Hilfsstützen ( $HS$ ) [-]

$t_{Hub,H3}^{Theo,TLS}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für den Hub ( $Hub$ ) mit dem Tischhubsystem ( $TLS$ ) von Ebene  $i-3$  zu Ebene  $i+1(H3)$  oder von Ebene  $i+1$  zu Ebene  $i-3$  [min]

$t_{Lad}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer  $t$  für das Be- oder Entladen ( $Lad$ ) eines Gebindes mit Hilfsstützen bei Deckentischen ( $DT$ ) [min]

$t_{E-Um,HS,i+1,j,v}^{Theo,D,DT(TLS)}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer zum Einschalen-  
Umsetzen ( $E-Um$ ) des Gebindes mit Hilfsstützen ( $HS$ ) im  
Zustand voll ( $v$ ) mit dem Laufindex  $j$  auf der Ebene  $i+1$   
bei Tischhubsystem ( $TLS$ ) [min]

$v_{A-Um,v}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Verschiebegeschwindigkeit  $v$  für das  
Ausschal-Umsetzen ( $A-Um$ ) bei Systemträger-  
schalungen ( $STS$ ) im Beladezustand voll ( $v$ ) [m / min]

$t_{E-Um,HS,i+1,j,l}^{Theo,D,DT(TLS)}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer zum Einschalen-  
Umsetzen ( $E-Um$ ) des Gebindes mit Hilfsstützen ( $HS$ ) im  
Zustand leer ( $l$ ) mit dem Laufindex  $j$  auf der Ebene  $i+1$   
bei Tischhubsystem ( $TLS$ ) [min]

$v_{A-Um,l}^{Theo,D,STS}$  = Theoretische Verschiebegeschwindigkeit  $v$  für das  
Ausschal-Umsetzen ( $A-Um$ ) bei Systemträger-  
schalungen ( $STS$ ) im Beladezustand leer ( $l$ ) [m / min]

$\Delta x_{E-Um,HS_{i-3},j}$  = Verschiebestrecke beim Einschalen-Umsetzen ( $E-Um$ ) in [m]  
x-Richtung zum Transport des Gebindes mit Hilfsstützen ( $HS$ )  
mit dem Laufindex  $j$  mit Start auf Ebene  $i-3$

$\Delta y_{E-Um,HS_{i-3},j}$  = Verschiebestrecke beim Einschalen-Umsetzen ( $E-Um$ ) in [m]  
y-Richtung zum Transport des Gebindes mit Hilfsstützen ( $HS$ )  
mit dem Laufindex  $j$  mit Start auf Ebene  $i-3$

### 5.3.3.3 Zusammenfassung der Elementarprozesse der Elementarprozessgruppe Einschal-Umsetzen

Für die Elementarprozessgruppe Einschal-Umsetzen bei Deckentischen mit Einsatz eines Tischhubsystems im Modulprozess „Decke über Ebene i+1“ können dann, differenziert nach Variante 1 oder Variante 2, die Elementarprozesse zusammengefasst werden:

$$T_{EPG:E-Um,MP:i+1}^{Theo,D,DT(TLS)} = \left\{ T_{E-Um,DT,V1,i}^{Theo,D,DT(TLS)} ; T_{E-Um,HS,V1,i-3}^{Theo,D,DT(TLS)} \right\} \vee \left\{ T_{E-Um,DT,V2,i}^{Theo,D,DT(TLS)} ; T_{E-Um,HS,V2,i-3}^{Theo,D,DT(TLS)} \right\} \text{ mit}$$

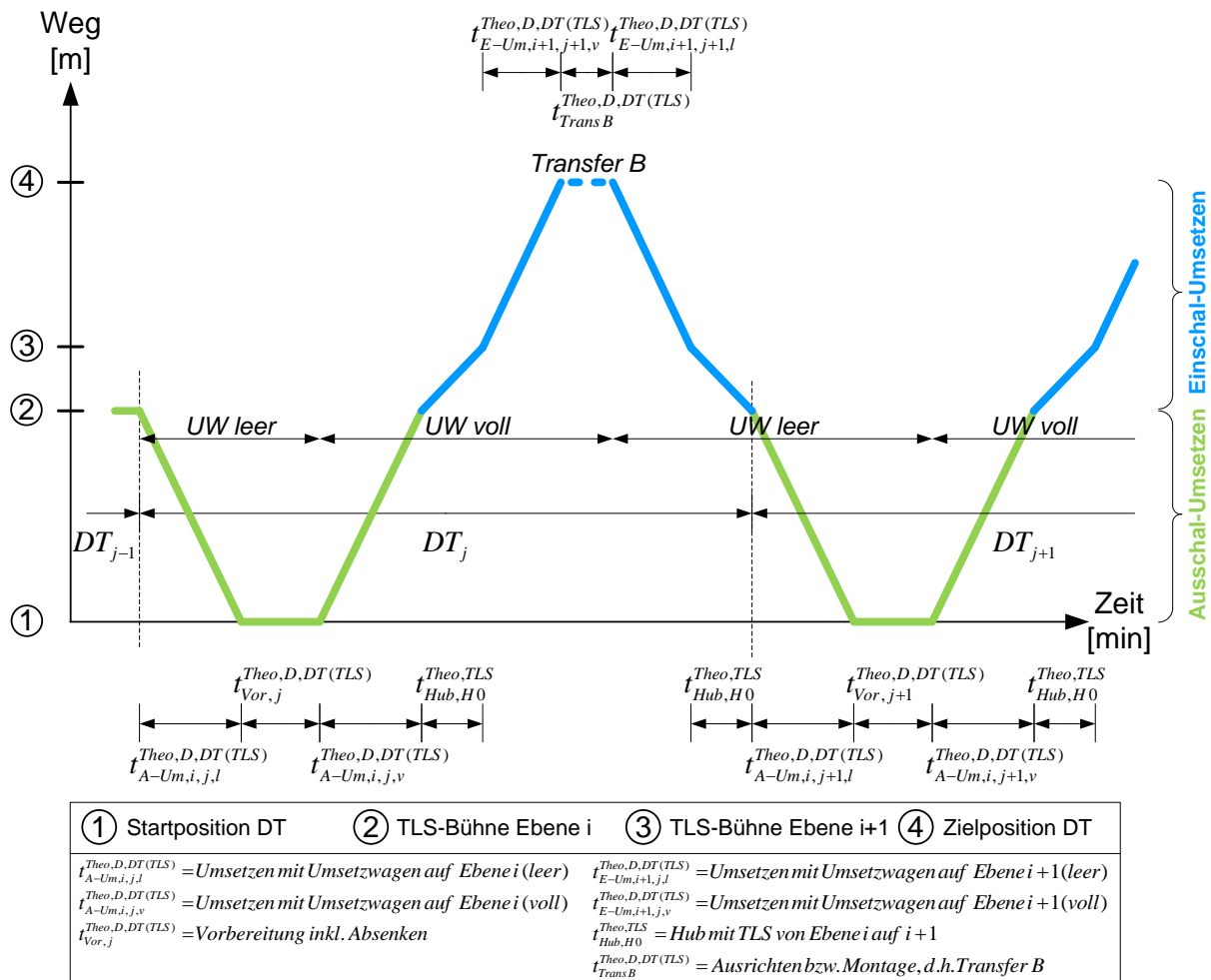
$$\begin{aligned} T_{E-Um,DT,V1,i}^{Theo,D,DT(TLS)} &= \sum_{j(DT)} \left( t_{Hub,H0}^{Theo,TLS} + t_{E-Um,i+1,j,v}^{Theo,D,DT(TLS)} + t_{Trans B}^{Theo,D,DT(TLS)} + t_{E-Um,i+1,j,l}^{Theo,D,DT(TLS)} + t_{Hub,H0}^{Theo,TLS} \right) = \\ &= \sum_{j(DT)} \left( t_{Hub,H0}^{Theo,TLS} + \frac{\Delta x_{E-Um,DT_{i,j}} + \Delta y_{E-Um,DT_{i,j}}}{v_{E-Um,v}^{Theo,D,DT}} + t_{Trans B}^{Theo,D,DT(TLS)} + \right. \\ &\quad \left. + \frac{\Delta x_{E-Um,DT_{i,j}} + \Delta y_{E-Um,DT_{i,j}}}{v_{E-Um,l}^{Theo,D,DT}} + t_{Hub,H0}^{Theo,TLS} \right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{E-Um,DT,V2,i}^{Theo,D,DT(TLS)} &= \sum_{j(DT)} \left( t_{Einf,DT}^{Theo,TLS} + t_{E-Um,i+1,j,v}^{Theo,D,DT(TLS)} + t_{Trans B}^{Theo,D,DT(TLS)} + t_{E-Um,i+1,j,l}^{Theo,D,DT(TLS)} \right) = \\ &= \sum_{j(DT)} \left( t_{Einf,DT}^{Theo,TLS} + \frac{\Delta x_{E-Um,DT_{i,j}} + \Delta y_{E-Um,DT_{i,j}}}{v_{E-Um,v}^{Theo,D,DT}} + t_{Trans B}^{Theo,D,DT(TLS)} + \right. \\ &\quad \left. + \frac{\Delta x_{E-Um,DT_{i,j}} + \Delta y_{E-Um,DT_{i,j}}}{v_{E-Um,l}^{Theo,D,DT}} \right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{E-Um,HS,V1,i-3}^{Theo,D,DT(TLS)} &= \sum_{j(HS)} \left( t_{Hub,H3}^{Theo,TLS} + t_{E-Um,HS,i+1,j,v}^{Theo,D,DT(TLS)} + t_{Lad}^{Theo,D,DT} + t_{E-Um,HS,i+1,j,l}^{Theo,D,DT(TLS)} + t_{Hub,H3}^{Theo,TLS} \right) = \\ &= \sum_{j(HS)} \left( 2 \cdot t_{Hub,H3}^{Theo,TLS} + \frac{\Delta x_{E-Um,HS_{i-3,j}} + \Delta y_{E-Um,HS_{i-3,j}}}{v_{E-Um,v}^{Theo,D,STS}} + t_{Lad}^{Theo,D,DT} + \right. \\ &\quad \left. + \frac{\Delta x_{E-Um,HS_{i-3,j}} + \Delta y_{E-Um,HS_{i-3,j}}}{v_{E-Um,l}^{Theo,D,STS}} \right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{E-Um,HS,V2,i-3}^{Theo,D,DT(TLS)} &= \sum_{j(HS)} \left( t_{Lad}^{Theo,D,DT} + t_{E-Um,HS,i+1,j,v}^{Theo,D,DT(TLS)} + t_{Lad}^{Theo,D,DT} + t_{E-Um,HS,i+1,j,l}^{Theo,D,DT(TLS)} \right) = \\ &= \sum_{j(HS)} \left( 2 \cdot t_{Lad}^{Theo,D,DT} + \frac{\Delta x_{E-Um,HS_{i-3,j}} + \Delta y_{E-Um,HS_{i-3,j}}}{v_{E-Um,v}^{Theo,D,STS}} + \frac{\Delta x_{E-Um,HS_{i-3,j}} + \Delta y_{E-Um,HS_{i-3,j}}}{v_{E-Um,l}^{Theo,D,STS}} \right) \end{aligned}$$

In Bild 49 sind in einem Zeit-Weg-Diagramm sämtliche Tätigkeiten dargestellt, die bei Variante 1 durchgeführt werden.



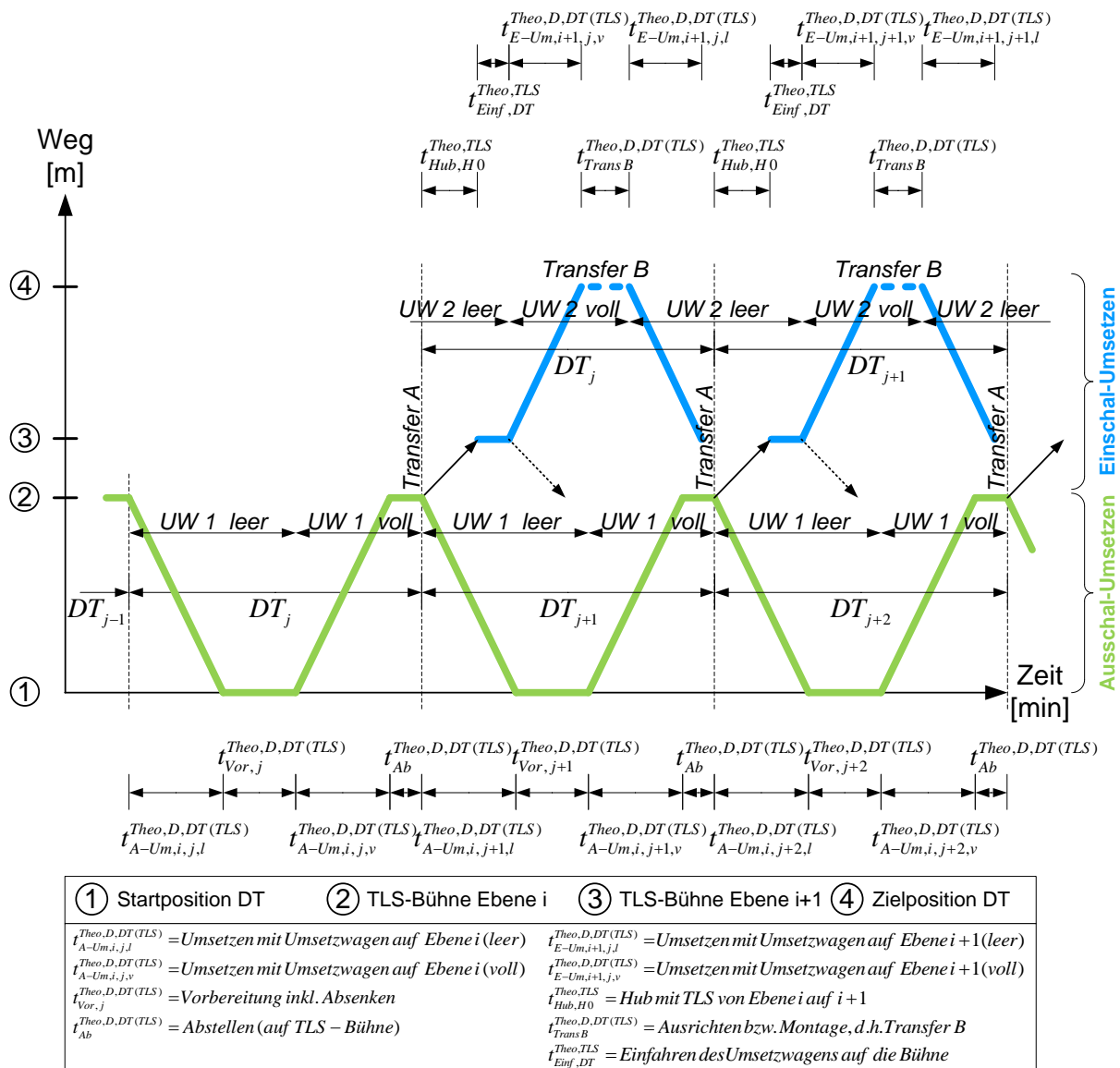
**Bild 49: Zeit-Weg-Diagramm Deckentisch-Umsetzen (mit TLS) für Variante 1 (ein Umsetzwagen)**

Bei Variante 1 wird nur eine Equipe eingesetzt. Diese Equipe führt abwechselnd beide Elementarprozesse durch. Aus diesem Grund gibt es nur eine Zeit-Weg-Linie, die ununterbrochen abläuft. Diese Linie wechselt jedoch die Farbe, da sie einmal dem Ausschal-Umsetzen (grüne Linie) zuzuordnen ist und im anderen Fall dem Einschal-Umsetzen (blaue Linie).

Bei Variante 1 fahren sowohl der Umsetzwagen wie auch die Arbeitskräfte der Equipe mit der TLS-Bühne mit, daher wurde auch der Hubvorgang als blaue Linie dargestellt. Bei Variante 2 wird im Gegensatz dazu dieser Vorgang mit einem schwarzen Pfeil dargestellt (Bild 50). Bei Variante 2 fährt weder ein Umsetzwagen noch Arbeitskräfte auf der TLS-Bühne mit.

Transfer B wird bei beiden Varianten durchgeführt. Transfer B stellt die Zeit dar, in der der Deckentisch gemeinsam von der Einschal-Umsetzequipe und der Einschalequipe auf der Zielposition ausgerichtet wird.

In Bild 50 sind in einem Zeit-Weg-Diagramm sämtliche Tätigkeiten mit den Interaktionen zwischen den verschiedenen Equipen für Variante 2 dargestellt.



**Bild 50: Zeit-Weg-Diagramm Deckentisch-Umsetzen (mit TLS) für Variante 2 (zwei Umsetzwagen)**

In Bild 50 wird deutlich, dass der Transfer A zwar berücksichtigt wird, jedoch mit der Zeiteinheit null verwendet wird, da keine kombinierte Tätigkeit zwischen der Einschal-Umsetzen- und der Ausschal-Umsetzen-Equipe existiert. Nach dem Transfer A (Abstellen auf der TLS-Bühne) wird der Tisch mittels der TLS-Bühne auf die nächste Ebene angehoben. Im Regelfall erfolgt dieser Hub automatisch, ohne dass eine Arbeitskraft auf der Bühne mitfährt. Es ist nur erforderlich, dass von der Ausschal-Umsetzen-Equipe der Startknopf gedrückt wird. Oben angekommen, wird

der Umsetzwagen Nr. 2 auf die Bühne eingefahren und angehoben. Im Anschluss daran wird der Deckentisch mittels Umsetzwagen Nr. 2 von der Bühne herunter geschoben. Danach kann die Einschal-Umsetzen-Equipe den Startknopf am TLS drücken, woraufhin die Bühne selbstständig auf die Ebene  $i$  zurückfährt. Dieser Vorgang ist mit dem gestrichelten schwarzen Pfeil dargestellt. Dort steht dann die leere Bühne für den nachfolgenden Deckentisch bereit.

In diesem Beispiel dauert ein Ausschal-Umsetzen-Zyklus länger als ein Einschal-Umsetzen-Zyklus. Daher muss die Einschal-Umsetzen-Equipe eine kurze Zeit warten, bis die TLS-Bühne wieder auf die Ebene  $i+1$  gehoben wurde. Für den Fall, dass der Ausschal-Umsetzen-Zyklus kürzer als der Einschal-Umsetzen-Zyklus dauert, muss die Ausschal-Umsetzen-Equipe darauf warten, dass die TLS-Bühne wieder auf die Ebene  $i$  herunter gefahren wird. Genauer wird diese Interaktion im Teil 9 des Forschungsberichtes untersucht.

Im Vergleich von Bild 49 und Bild 50 wird deutlich, was sich ändert, wenn Ausschal-Umsetzen und Einschal-Umsetzen von zwei Equipen (mit zwei Umsetzwagen) durchgeführt werden. In diesem Fall sind die Tätigkeiten Abstellen und Einfahren erforderlich. Der Hubvorgang von Ebene  $i$  zu Ebene  $i+1$  wird nur in der Ermittlung der Startpunkte der Einschal-Umsetzen-Tätigkeiten berücksichtigt. Der Grund hierfür ist, dass die Hubvorgänge bei Variante 2 keine Arbeitskräfte belegen. Der zweite Hubvorgang (von Ebene  $i+1$  zu Ebene  $i$ ) läuft unabhängig von den anderen Prozessen ab.

### 5.3.4 Elementarprozessgruppe Einschalen

Diese Elementarprozessgruppe ist identisch mit dem Einschalen der Deckentische, die mit dem Kran umgesetzt werden (siehe Kapitel 5.2.4).

Für den Modulprozess „Decke über Ebene  $i+1$ “ ergibt sich demnach für die Elementarprozessgruppe Einschalen von Deckentischen mit Tischhubsystem:

$$T_{EPG:Ein,MP:i+1}^{Theo,D,DT(TLS)} = \left\{ T_{Ein,Re,i+1}^{Theo,D,DT(TLS)}, T_{Ein,So,i+1}^{Theo,D,DT(TLS)} \right\} \text{ mit}$$

$$T_{Ein,Re,i+1}^{Theo,D,DT(TLS)} = T_{Ein,Re,i+1}^{Theo,D,DT} = \sum_{j(DT)} \left( t_{Trans B}^{Theo,D,DT} + t_{Ein,Rest}^{Theo,D,DT} \right)$$

$$T_{Ein,So,i+1}^{Theo,D,DT(TLS)} = T_{Ein,So,i+1}^{Theo,D,DT} = \sum_{\eta} \left( a_{Ein,So,\eta}^{Theo,D,DT} \cdot Z_{\eta,i+1} \right)$$

$T_{EPG:Ein,MP:i+1}^{Theo,D,DT(TLS)}$  = Theoretische Elementarprozessgruppendauer für das [min]  
Einschalen ( $EPG:Ein$ ) bei Deckentischen ( $DT$ ) mit  
Tischhubsystem ( $TLS$ ) bezogen auf den  
Modulprozess „Decke über Ebene  $i+1$ “

$T_{Ein,Re,i+1}^{Theo,D,DT(TLS)}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das [min]  
Regel-Einschalen ( $Ein,Re$ ) über der Ebene  $i+1$   
bei Deckentischen ( $DT$ ) mit Tischhubsystem ( $TLS$ )

$T_{Ein,Re,i+1}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das [min]  
Regel-Einschalen ( $Ein,Re$ ) über der Ebene  $i+1$   
bei Deckentischen ( $DT$ )

$T_{Ein,So,i+1}^{Theo,D,DT(TLS)}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für die [min]  
Sonderarbeiten beim Einschalen ( $Ein,Do$ ) über der Ebene  $i+1$   
bei Deckentischen ( $DT$ ) mit Tischhubsystem ( $TLS$ )

$T_{Ein,So,i+1}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für die [min]  
Sonderarbeiten beim Einschalen ( $Ein,Do$ ) über der Ebene  $i+1$   
bei Deckentischen ( $DT$ )

$t_{Trans B}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für den Transfer B ( $Trans B$ ) [min]  
eines Deckentischs ( $DT$ )

$t_{Ein,Rest}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für das Rest- [min]  
Einschalen ( $Ein,Rest$ ) eines Deckentischs ( $DT$ )



	(kranunabhängig)	
$j(DT)$	= Laufindex $j$ für Deckentische ( $DT$ )	$[-]$
$a_{Ein,So,\eta}^{Theo,D,DT}$	= Theoretischer Aufwandswert für Sonderarbeiten beim Einschalen ( $Ein,So$ ) von Deckentischen ( $DT$ )	$[min / ME]$
$Z_{\eta,i+1}$	= Mengeneinheiten für die Sonderarbeiten auf Ebene $i+1$ (z.B. $ME = m^2$ , Anzahl Stützen etc.)	$[ME]$
$\eta$	= Art der Sonderarbeiten	$[-]$

Weitere Erläuterungen und auch graphische Darstellungen der Elementarprozessgruppe Einschalen sind im Kapitel 5.2.4 detailliert zu finden.

### 5.3.5 Elementarprozessgruppe Bewehren

Die Elementarprozessgruppe Bewehren der Deckentische mit Tischhubsystem entspricht der Elementarprozessgruppe Bewehren der Deckentische, die mit dem Kran umgesetzt werden (Kapitel 5.2.5):

$$T_{EPG:Bew,MP:i+1}^{Theo,D,DT(TLS)} = \left\{ T_{Bew,Re,i+1}^{Theo,D,DT(TLS)} \right\} \text{ mit}$$

$$T_{Bew,Re,i+1}^{Theo,D,DT(TLS)} = T_{Bew,Re,i+1}^{Theo,D,DT} = a_{Bew,Re}^{Theo,D,DT} \cdot m_{Re,i+1}^D$$

$T_{EPG:Bew,MP:i+1}^{Theo,D,DT(TLS)}$  = Theoretische Elementarprozessgruppendauer für das [min]  
Bewehren ( $EPG:Bew$ ) der Decken ( $D$ ) im Modul-  
prozess  $MP:i+1$  bei Deckentischen ( $DT$ ) mit Tischhubsystem ( $TLS$ )

$T_{Bew,Re,i+1}^{Theo,D,DT(TLS)}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das [min]  
Regel-Bewehren ( $Bew,Re$ ) der Decke ( $D$ ) über  
Ebene  $i+1$  bei Deckentischen ( $DT$ ) mit Tischhubsystem ( $TLS$ )

$T_{Bew,Re,i+1}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das [min]  
Regel-Bewehren ( $Bew,Re$ ) der Decke ( $D$ ) über  
Ebene  $i+1$  bei Deckentischen ( $DT$ )

$a_{Bew,Re}^{Theo,D,DT}$  = Theoretischer Aufwandswert für das [min / kg]  
Regel-Bewehren ( $Bew,Re$ ) der Decke ( $D$ ) bei  
Deckentischen ( $DT$ )

$m_{Re,i+1}^D$  = Masse der in der Decke ( $D$ ) über Ebene  $i+1$  [kg]  
einzubauenden Bewehrung

Für weitere Erläuterungen und Grafiken wird auf das Kapitel 5.2.5 verwiesen.

### 5.3.6 Elementarprozessgruppe Betonieren

Die Elementarprozessgruppe Betonieren der Deckentische mit Tischhubsystem entspricht der Elementarprozessgruppe Betonieren der Deckentische, die mit dem Kran umgesetzt werden (Kapitel 5.2.6):

$$T_{EPG:Bet,MP:i+1}^{Theo,D,DT(TLS)} = \left\{ T_{Bet,Re,i+1}^{Theo,D,DT(TLS)} \right\} \text{ mit}$$

$$T_{Bet,Re,i+1}^{Theo,D,DT(TLS)} = T_{Bet,Re,i+1}^{Theo,D,DT} = a_{Bet,Re}^{Theo,D,DT} \cdot V_{Bet,Re,i+1}^{D,DT} + \sum_n a_{Bet,Zu,n}^{Theo,D,DT} \cdot A_{Bet,Zu,i+1}^{D,DT}$$

$T_{EPG:Bet,MP:i+1}^{Theo,D,DT(TLS)}$  = Theoretische Elementarprozessgruppendauer für das Betonieren ( $EPG:Bet$ ) der Decken ( $D$ ) im Modulprozess „Decke über Ebene  $i+1$ “ mit Deckentischen ( $DT$ ) mit Tischhubsystem ( $TLS$ ) [min]

$T_{Bet,Re,i+1}^{Theo,D,DT(TLS)}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das Regel-Betonieren ( $Bet,Re$ ) der Decke ( $D$ ) über Ebene  $i+1$  bei Deckentischen ( $DT$ ) mit Tischhubsystem ( $TLS$ ) [min]

$T_{Bet,Re,i+1}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das Regel-Betonieren ( $Bet,Re$ ) der Decke ( $D$ ) über Ebene  $i+1$  bei Deckentischen ( $DT$ ) [min]

$a_{Bet,Re}^{Theo,D,DT}$  = Theoretischer Aufwandswert für das Regel-Betonieren ( $Bet,Re$ ) bei Deckentischen ( $DT$ ) [min / m<sup>3</sup>]

$V_{Bet,Re,i+1}^{D,DT}$  = Volumen für das Regel-Betonieren ( $Bet,Re$ ) der Decke ( $D$ ) über Ebene  $i+1$  bei Deckentischen ( $DT$ ) [m<sup>3</sup>]

$a_{Bet,Zu,n}^{Theo,D,DT}$  = Theoretischer Aufwandswert für die Zusatzarbeiten ( $Bet,Zu$ ) bei Deckentischen ( $DT$ )  
Laufindex  $n$ : Abgleichen, Abziehen, Abreiben, Glätten etc. [min / m<sup>2</sup>]

$A_{Bet,Zu,i+1}^{D,DT}$  = Betonoberfläche für die Zusatzarbeiten ( $Bet,Zu$ ) bei der Decke ( $D$ ) über Ebene  $i+1$  bei Deckentischen ( $DT$ ) [m<sup>2</sup>]

Für weitere Erläuterungen und Grafiken wird auf das Kapitel 5.2.6 verwiesen.

### 5.3.7 Zusammenfassung der Elementarprozesse bei Deckentischen mit Tischhubsystem bei Variante 1 und bei Variante 2

Ausschalen:

$$T_{EPG:Aus,MP:i}^{Theo,D,DT(TLS)} = \left\{ T_{Aus,So,i}^{Theo,D,DT(TLS)}; T_{Mon,HS,i-1}^{Theo,D,DT(TLS)}; T_{Aus,HS,i-3}^{Theo,D,DT(TLS)} \right\} \text{ mit}$$

$$T_{Aus,So,i}^{Theo,D,DT(TLS)} = T_{Aus,So,i}^{Theo,D,DT} = \sum_{\eta} \left( a_{Aus,So,\eta}^{Theo,D,DT} \cdot Z_{\eta,i} \right)$$

$$T_{Mon,HS,i}^{Theo,D,DT(TLS)} = T_{Mon,HS,i}^{Theo,D,DT} = a_{Mon,HS}^{Theo,D,DT} \cdot A_{Mon,HS,i}^{D,DT}$$

$$T_{Aus,HS,i-3}^{Theo,D,DT(TLS)} = T_{Aus,HS,i-3}^{Theo,D,DT} = a_{Aus,HS}^{Theo,D,DT} \cdot A_{Aus,HS,i-3}^{D,DT}$$

Ausschal-Umsetzen:

$$T_{EPG:A-Um,MP:i}^{Theo,D,DT(TLS)} = \left\{ T_{A-Um,DT,V1,i}^{Theo,D,DT(TLS)}; T_{A-Um,HS,V1,i-3}^{Theo,D,DT(TLS)} \right\} \vee \left\{ T_{A-Um,DT,V2,i}^{Theo,D,DT(TLS)}; T_{A-Um,HS,V2,i-3}^{Theo,D,DT(TLS)} \right\} \text{ mit}$$

$$T_{A-Um,DT,V1,i}^{Theo,D,DT(TLS)} = \sum_{j(DT)} \left( \frac{\Delta x_{A-Um,DT,i,j} + \Delta y_{A-Um,DT,i,j}}{v_{A-Um,l}^{Theo,D,DT}} + t_{Vor,j}^{Theo,D,DT(TLS)} + \frac{\Delta x_{A-Um,DT,i,j} + \Delta y_{A-Um,DT,i,j}}{v_{A-Um,v}^{Theo,D,DT}} \right)$$

$$T_{A-Um,DT,V2,i}^{Theo,D,DT(TLS)} = \sum_{j(DT)} \left( \frac{\Delta x_{A-Um,DT,i,j} + \Delta y_{A-Um,DT,i,j}}{v_{A-Um,l}^{Theo,D,DT}} + t_{Vor,j}^{Theo,D,DT(TLS)} + \frac{\Delta x_{A-Um,DT,i,j} + \Delta y_{A-Um,DT,i,j}}{v_{A-Um,v}^{Theo,D,DT}} + t_{Ab}^{Theo,D,DT(TLS)} \right)$$

$$T_{A-Um,HS,V1,i-3}^{Theo,D,DT(TLS)} = \sum_{j(HS)} \left( \frac{s_{G_{i-3,j+1,j}}^{D,DT}}{v_{A-Um,l}^{Theo,D,STS}} + \frac{s_{G_{i-3,j+1,j}}^{D,DT}}{v_{A-Um,v}^{Theo,D,STS}} + t_{Lad}^{Theo,D,DT} \right)$$

$$T_{A-Um,HS,V2,i-3}^{Theo,D,DT(TLS)} = \sum_{j(HS)} \left( \frac{s_{G_{i-3,j+1,j}}^{D,DT}}{v_{A-Um,l}^{Theo,D,STS}} + \frac{s_{G_{i-3,j+1,j}}^{D,DT}}{v_{A-Um,v}^{Theo,D,STS}} + 2 \cdot t_{Lad}^{Theo,D,DT} \right)$$

Einschal-Umsetzen:

$$T_{EPG:E-Um,MP:i+1}^{Theo,D,DT(TLS)} = \left\{ T_{E-Um,DT,V1,i}^{Theo,D,DT(TLS)}; T_{E-Um,HS,V1,i-3}^{Theo,D,DT(TLS)} \right\} \vee \left\{ T_{E-Um,DT,V2,i}^{Theo,D,DT(TLS)}; T_{E-Um,HS,V2,i-3}^{Theo,D,DT(TLS)} \right\} \text{ mit}$$

$$T_{E-Um,DT,V1,i}^{Theo,D,DT(TLS)} = \sum_{j(DT)} \left( t_{Hub,H0}^{Theo,TLS} + \frac{\Delta x_{E-Um,DT,i,j} + \Delta y_{E-Um,DT,i,j}}{v_{E-Um,v}^{Theo,D,DT}} + t_{Trans B}^{Theo,D,DT(TLS)} + \frac{\Delta x_{E-Um,DT,i,j} + \Delta y_{E-Um,DT,i,j}}{v_{E-Um,l}^{Theo,D,DT}} + t_{Hub,H0}^{Theo,TLS} \right)$$

**Einschal-Umsetzen (Fortsetzung):**

$$T_{E-Um,DT,V2,i}^{Theo,D,DT(TLS)} = \sum_{j(DT)} \left( t_{Einf,DT}^{Theo,TLS} + \frac{\Delta x_{E-Um,DT_{i,j}} + \Delta y_{E-Um,DT_{i,j}}}{v_{E-Um,v}^{Theo,D,DT}} + t_{Trans B}^{Theo,D,DT(TLS)} + \frac{\Delta x_{E-Um,DT_{i,j}} + \Delta y_{E-Um,DT_{i,j}}}{v_{E-Um,l}^{Theo,D,DT}} \right)$$

$$T_{E-Um,HS,V1,i-3}^{Theo,D,DT(TLS)} = \sum_{j(HS)} \left( 2 \cdot t_{Hub,H3}^{Theo,TLS} + \frac{\Delta x_{E-Um,HS_{i-3,j}} + \Delta y_{E-Um,HS_{i-3,j}}}{v_{E-Um,v}^{Theo,D,STS}} + t_{Lad}^{Theo,D,DT} + \frac{\Delta x_{E-Um,HS_{i-3,j}} + \Delta y_{E-Um,HS_{i-3,j}}}{v_{E-Um,l}^{Theo,D,STS}} \right)$$

$$T_{E-Um,HS,V2,i-3}^{Theo,D,DT(TLS)} = \sum_{j(HS)} \left( 2 \cdot t_{Lad}^{Theo,D,DT} + \frac{\Delta x_{E-Um,HS_{i-3,j}} + \Delta y_{E-Um,HS_{i-3,j}}}{v_{E-Um,v}^{Theo,D,STS}} + \frac{\Delta x_{E-Um,HS_{i-3,j}} + \Delta y_{E-Um,HS_{i-3,j}}}{v_{E-Um,l}^{Theo,D,STS}} \right)$$

**Einschalen:**

$$T_{EPG:Ein,MP:i+1}^{Theo,D,DT(TLS)} = T_{EPG:Ein,MP:i+1}^{Theo,D,DT} = \left\{ T_{Ein,Re,i+1}^{Theo,D,DT}; T_{Ein,So,i+1}^{Theo,D,DT} \right\} \text{ mit}$$

$$T_{Ein,Re,i+1}^{Theo,D,DT(TLS)} = T_{Ein,Re,i+1}^{Theo,D,DT} = \sum_{j(DT)} \left( t_{Trans B}^{Theo,D,DT} + t_{Ein,Rest}^{Theo,D,DT} \right)$$

$$T_{Ein,So,i+1}^{Theo,D,DT(TLS)} = T_{Ein,So,i+1}^{Theo,D,DT} = \sum_{\eta} \left( a_{Ein,So,\eta}^{Theo,D,DT} \cdot Z_{\eta,i+1} \right)$$

**Bewehren:**

$$T_{EPG:Bew,MP:i+1}^{Theo,D,DT(TLS)} = T_{EPG:Bew,MP:i+1}^{Theo,D,DT} = \left\{ T_{Bew,Re,i+1}^{Theo,D,DT} \right\} \text{ mit}$$

$$T_{Bew,Re,i+1}^{Theo,D,DT(TLS)} = T_{Bew,Re,i+1}^{Theo,D,DT} = a_{Bew,Re}^{Theo,D,DT} \cdot m_{Re,i+1}^D$$

**Betonieren:**

$$T_{EPG:Bet,MP:i+1}^{Theo,D,DT(TLS)} = T_{EPG:Bet,MP:i+1}^{Theo,D,DT} = \left\{ T_{Bet,Re,i+1}^{Theo,D,DT} \right\} \text{ mit}$$

$$T_{Bet,Re,i+1}^{Theo,D,DT(TLS)} = T_{Bet,Re,i+1}^{Theo,D,DT} = a_{Bet,Re}^{Theo,D,DT} \cdot V_{Bet,Re,i+1}^{D,DT} + \sum_n a_{Bet,Zu,n}^{Theo,D,DT} \cdot A_{Bet,Zu,i+1}^{D,DT}$$

Bild 51 zeigt die gesamte Prozesskette für die Erstellung von Decken bei Verwendung von Deckentischen mit Tischhubsystem. Die Differenzierung zwischen Variante 1 und Variante 2 ist für diese Darstellung nicht notwendig.

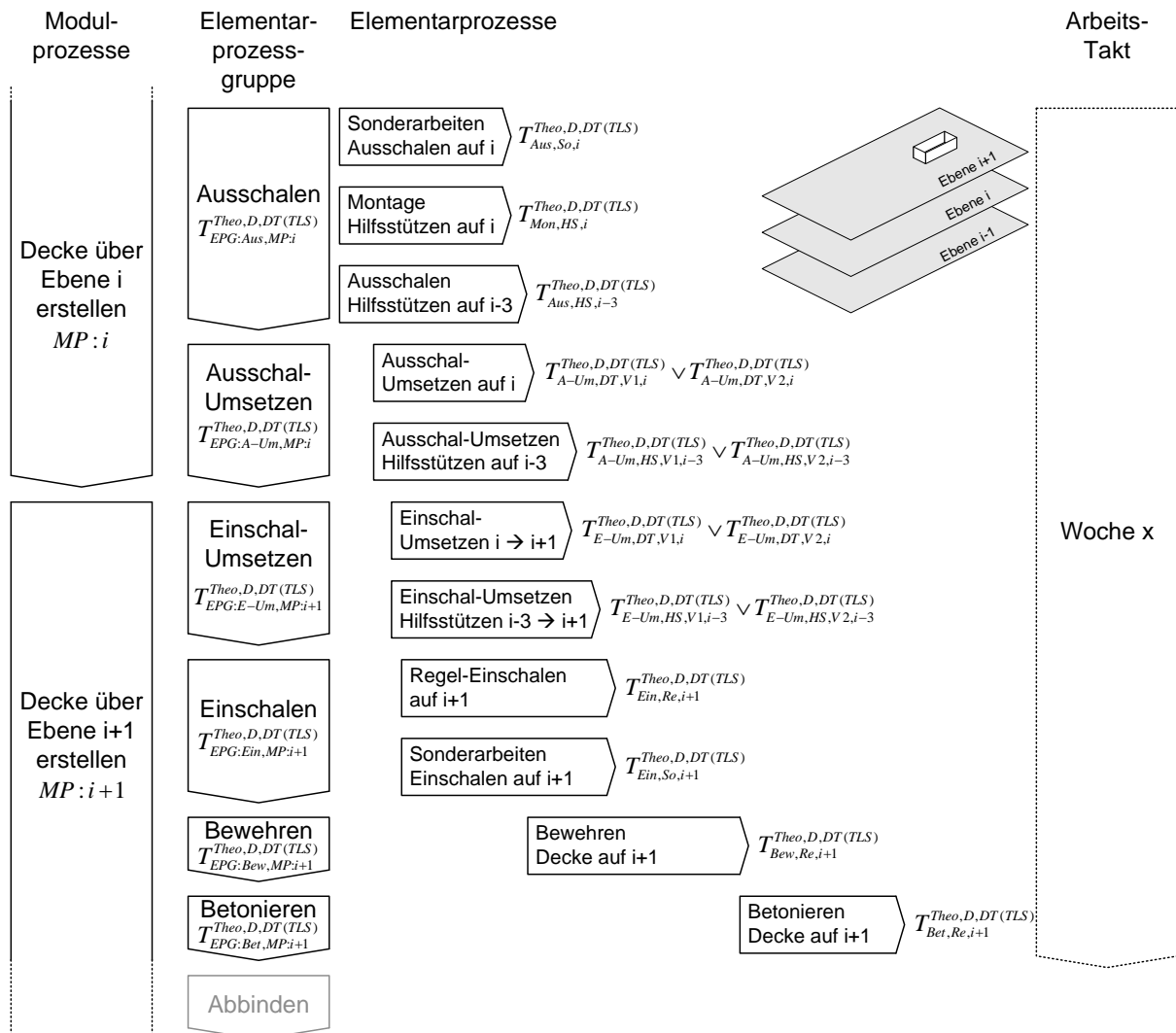


Bild 51: Prozesskette bei Deckentischen mit Tischhubsystem (TLS)

## 5.4 Schachtschalung und Rahmenschalung (Wand)

Nach der Untersuchung der verschiedenen Deckenschalungssysteme werden nun nachfolgend verschiedene Wandschalungssysteme analysiert. In diesem Kapitel wird der Fall beleuchtet, dass für die innenliegenden Wandseiten eine Schachtschalung und für die aussenliegenden Wandseiten eine Rahmenschalung eingesetzt wird. Für diesen Produktionsprozess wird eine Stockwerkbauweise gewählt.

In den engen Kernschächten können im Regelfall auf Grund der Platzverhältnisse keine regulären Rahmenschalungen verwendet werden. Zudem sind diese Schächte meistens durchgehend, d.h. es werden keine Decken in den Schächten betoniert. Dadurch würde der regulären Rahmenschalung die Aufstellfläche fehlen. Für Schächte werden daher Schachtschalungen (abgekürzt mit SS) eingesetzt. Diese werden aus den folgenden Elementen zusammengesetzt:

- Rahmenschalung
- Schermechanismus oder Ausschalecke
- Auflager-Klappschuh
- Nachläuferbühne

Der Schermechanismus bzw. die Ausschalecke ermöglichen, dass die Aussenabmessungen der Schachtschalung nach dem Abbinden des Betons reduziert werden können. Somit ist es möglich, die Schalung mit dem Kran aus dem Schacht heraus zu heben.

Der Auflager-Klappschuh dient dazu, dass die Schachtschalung in vertikaler Richtung gehalten wird. Für den Auflager-Klappschuh werden vorgängig Aussparungen in der Wand angeordnet.

Auf der Nachläuferbühne können die Nacharbeiten auf der Ebene i-2 durchgeführt werden.

Die Rahmenschalung (abgekürzt mit RS) für die Aussenwände wird aus den folgenden Elementen zusammengesetzt.

- Rahmenschalungselemente
- Arbeitsbühnen

Die Rahmenschalungselemente bestehen aus Alu- oder Stahlrahmen mit fest montierter Schalhaut. Mehrere Elemente werden zu einer Einheit montiert. An dieser Einheit werden Arbeitsbühnen befestigt. Die Grösse der Gesamteinheit hängt von der maximalen Tragkraft des Krans ab. Ist genug Lagerfläche auf der Baustelle

vorhanden, werden diese Gesamteinheiten stehend auf der Baustelle zwischengelagert, wenn sie nicht benötigt werden.

Steht nur wenig Lagerfläche zur Verfügung, werden die Arbeitsbühnen demontiert, damit die Einheiten liegend gestapelt werden können.

Im nachfolgenden Bild 52 ist eine Schachtschalung dargestellt, die gerade mittels des Krans um eine Geschosshöhe nach oben versetzt wird.



**Bild 52: Umsetzvorgang einer Schachtschalung mit dem Kran [3]**

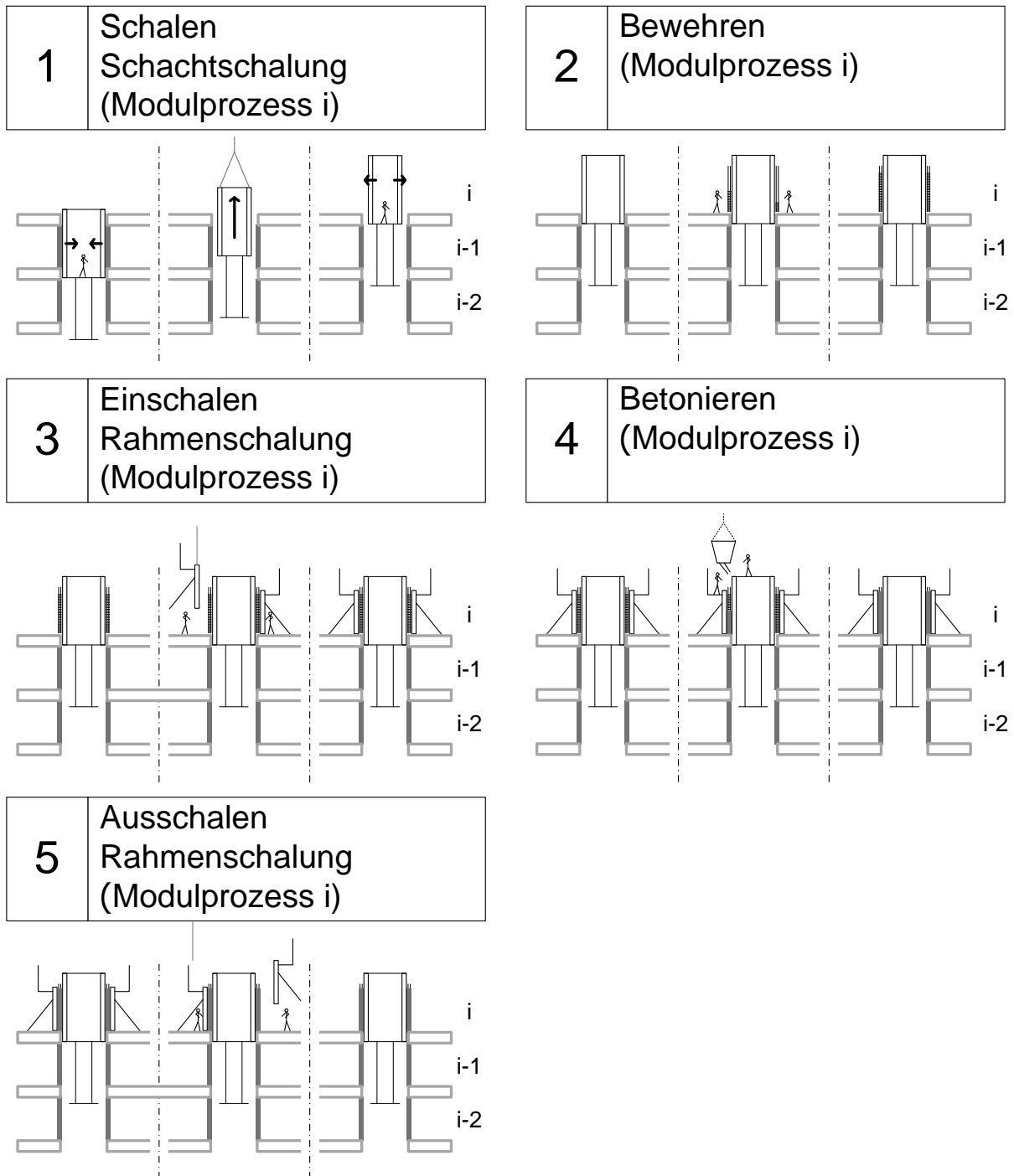
Eine montierte Rahmenschalung mit Ihren Verbindungs- und Befestigungselementen ist in Bild 53 abgebildet:



**Bild 53: Montierte Rahmenschalung [4]**



In Bild 54 wurde der gesamte Herstellungsprozess dargestellt. Wie bereits bei der Deckenerstellung werden zusammengehörige Elementarprozesse zu Elementarprozessgruppen zusammengefasst. Bei der Wanderstellung gibt es insgesamt fünf Elementarprozessgruppen.



**Bild 54: Herstellungsprozess Wand mit Schacht- und Rahmenschalung**

In der Elementarprozessgruppe Schalen Schachtschalung (EPG 1) wird die Schachtschalung zusammengesoben, entweder mit dem Schermechanismus oder

mit der Ausschalecke. Ist die Schalung von der Betonfläche gelöst, kann der Kran die Schalung auf die Ebene  $i$  anheben. Dort fährt der Auflager-Klappschuh in die Aussparung und die Schalung ist somit in vertikaler Richtung gesichert. Danach wird auf der Ebene  $i$  die Schachtschalung wieder auf die nötigen Abmessungen erweitert und ausgerichtet. Im Anschluss daran kann mit den Bewehrungsarbeiten begonnen werden (Elementarprozessgruppe 2). Sind diese Arbeiten abgeschlossen, wird die Schalung geschlossen, d.h. die Rahmenschalung wird vom Lagerplatz auf der Ebene 0 mit dem Kran auf die Ebene  $i$  umgesetzt. Die Einschäl-Equipe richtet die Schalung aus, während die Schalung noch am Kran hängt (Transfer B). Nach der notwendigen Sicherung wird die Schalung definitiv montiert. Nach Abschluss der Einschalarbeiten der Rahmenschalung kann betoniert werden. Ist der Beton ausreichend abgebunden, wird die Rahmenschalung entfernt und mit dem Kran von der Ebene  $i$  auf die Lagerfläche auf Ebene 0 umgesetzt. Die Rahmenschalung verbleibt auf dieser Lagerfläche, bis sie für die nächste Ebene erneut benötigt wird. Ist die Rahmenschalung entfernt, kann die Decke erstellt werden. Dies wurde bereits in den vorangegangenen Kapiteln untersucht. Für den nachfolgenden Modulprozess „Wand auf Ebene  $i+1$  erstellen“ wird nach der Deckenerstellung die Schachtschalung von der Ebene  $i$  auf die Ebene  $i+1$  umgesetzt.

### 5.4.1 Elementarprozessgruppe Schalen der Schachtschalung

Die Elementarprozesse, die in direktem Zusammenhang mit der Schachtschalung stehen, müssen bezüglich der involvierten Equipen differenziert werden. Zum Einen werden die Aus- und Einschale-Equipen betrachtet, zum Anderen der Kran. Der Kran stellt eine Pseudo-Equipe dar. Dieser Pseudo-Equipe ist nur eine Arbeitskraft, d.h. der Kranführer, zugeordnet.

Der Elementarprozessgruppe Schalen der Schachtschalung setzt sich aus drei Elementarprozessen zusammen.

$$T_{EPG:Sch,MP:i}^{Theo,W,SS} = \{ T_{Aus,i-1}^{Theo,W,SS}; T_{Um,i-1}^{Theo,W,SS}; T_{Ein,i}^{Theo,W,SS} \}$$

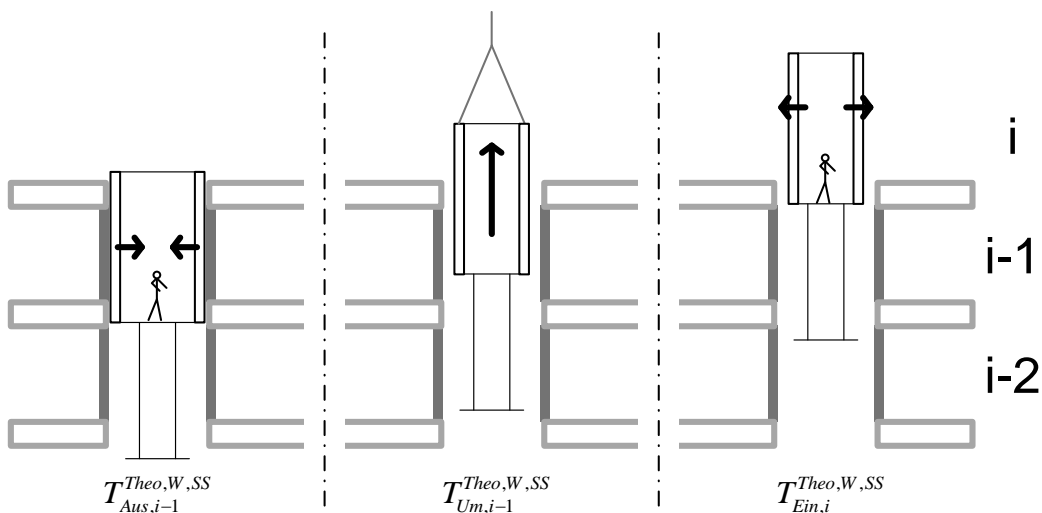
$T_{EPG:Sch,MP:i}^{Theo,W,SS}$  = Theoretische Elementarprozessgruppdauer für das [min]  
Schalen (*Sch*) von Schachtschalungen (*SS*) im  
Modulprozess „Wand auf Ebene *i*“

$T_{Aus,i-1}^{Theo,W,SS}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das [min]  
Ausschalen (*Aus*) von Schachtschalungen (*SS*)  
bei Wänden (*W*) auf der Ebene *i-1*

$T_{Um,i-1}^{Theo,W,SS}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das [min]  
Umsetzen (*Um*) von Schachtschalungen (*SS*)  
bei Wänden (*W*) auf der Ebene *i-1*

$T_{Ein,i}^{Theo,W,SS}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das [min]  
Einschalen (*Ein*) von Schachtschalungen (*SS*)  
bei Wänden (*W*) auf der Ebene *i*

In Bild 55 wurden diese drei Elementarprozesse dargestellt. Im linken Teil der Abbildung wird die Schachtschalung zusammengeschoben. Zusätzlich ist zu erkennen, dass mit der Nachläuferbühne zu diesem Zeitpunkt die Ebene *i-2* erreichbar ist. Im mittleren Teil wurde das Umsetzen der Schachtschalung mit dem Kran dargestellt. Im rechten Teil erweitern die Arbeitskräfte die Schachtschalung auf ihre ursprünglichen Abmessungen und schliessen den Einschaltvorgang der Schachtschalung ab. Die Nachläuferbühne ist nun auf der Ebene *i-1*.



**Bild 55: Elementarprozessgruppe Schalen von Schachtschalungen im Modulprozess "Wand auf Ebene i"**

#### 5.4.1.1 Elementarprozess Ausschalen der Schachtschalung

Im Elementarprozess Ausschalen wird der Schermechanismus beziehungsweise die Ausschalecke bedient. Die hierfür notwendigen Tätigkeiten sind unabhängig von der Grösse der jeweiligen Schachtschalung und werden daher als fester Wert pro Schachtschalung ermittelt. Die Elementarprozessdauerbestimmung erfolgt als Summierung über den Laufindex  $j(SS)$ :

$$T_{Aus,i-1}^{Theo,W,SS} = \sum_{j(SS)} t_{Aus}^{Theo,W,SS}$$

$T_{Aus,i-1}^{Theo,W,SS}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das Ausschalen (*Aus*) von Schachtschalungen (*SS*) bei Wänden (*W*) auf der Ebene *i-1* [min]

$t_{Aus}^{Theo,W,SS}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für das Ausschalen (*Aus*) einer Schachtschalung (*SS*) bei Wänden (*W*) [min]

$j(SS)$  = Laufindex *j* für Schachtschalungen (*SS*) [-]

#### 5.4.1.2 Elementarprozess Umsetzen der Schachtschalung

Das Umsetzen der Schachtschalung erfolgt mit dem Kran. Dabei wird die Schachtschalung von der Ebene *i-1* bis auf ein kleines Stück oberhalb der Abstellhöhe auf der Ebene *i* angehoben. Dadurch kann der Auflager-Klappschuh in die Aussparung gleiten. Danach wird die Schachtschalung endgültig abgesenkt.

Auch diese Elementarprozessdauer wird über die Summierung über den Laufindex der Schachtschalungen ermittelt:

$$T_{Um,i-1}^{Theo,W,SS} = \sum_{j(SS)} t_{Um}^{Theo,W,SS}$$

$T_{Um,i-1}^{Theo,W,SS}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das Umsetzen (*Aus*) von Schachtschalungen (*SS*) bei Wänden (*W*) mit Start auf der Ebene *i-1* [min]

$t_{Um}^{Theo,W,SS}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für das Umsetzen (*Um*) einer Schachtschalung (*SS*) bei Wänden (*W*) [min]

$j(SS)$  = Laufindex *j* für Schachtschalungen (*SS*) [-]

#### 5.4.1.3 Elementarprozess Einschalen der Schachtschalung

Auch das Einschalen der Schachtschalung kann durch die Summierung über den Laufindex der Schachtschalungen bestimmt werden:

$$T_{Ein,i}^{Theo,W,SS} = \sum_{j(SS)} t_{Ein}^{Theo,W,SS}$$

$T_{Ein,i}^{Theo,W,SS}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das Einschalen (*Ein*) von Schachtschalungen (*SS*) bei Wänden (*W*) mit Start auf der Ebene *i-1* [min]

$t_{Ein}^{Theo,W,SS}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für das Einschalen (*Ein*) einer Schachtschalung (*SS*) bei Wänden (*W*) [min]

$j(SS)$  = Laufindex *j* für Schachtschalungen (*SS*) [-]

#### 5.4.1.4 Zusammenfassung der Elementarprozesse der Elementarprozessgruppe Schalen der Schachtschalung

Die Elementarprozesse der Elementarprozessgruppe Schalen der Schachtschalung im Modulprozess „Wand auf Ebene i“ können dann zusammengefasst werden:

$$T_{EPG:Sch,MP:i}^{Theo,W,SS} = \left\{ T_{Aus,i-1}^{Theo,W,SS}; T_{Um,i-1}^{Theo,W,SS}; T_{Ein,i}^{Theo,W,SS} \right\} \text{ mit}$$

$$T_{Aus,i-1}^{Theo,W,SS} = \sum_{j(SS)} t_{Aus}^{Theo,W,SS}$$

$$T_{Um,i-1}^{Theo,W,SS} = \sum_{j(SS)} t_{Um}^{Theo,W,SS}$$

$$T_{Ein,i}^{Theo,W,SS} = \sum_{j(SS)} t_{Ein}^{Theo,W,SS}$$

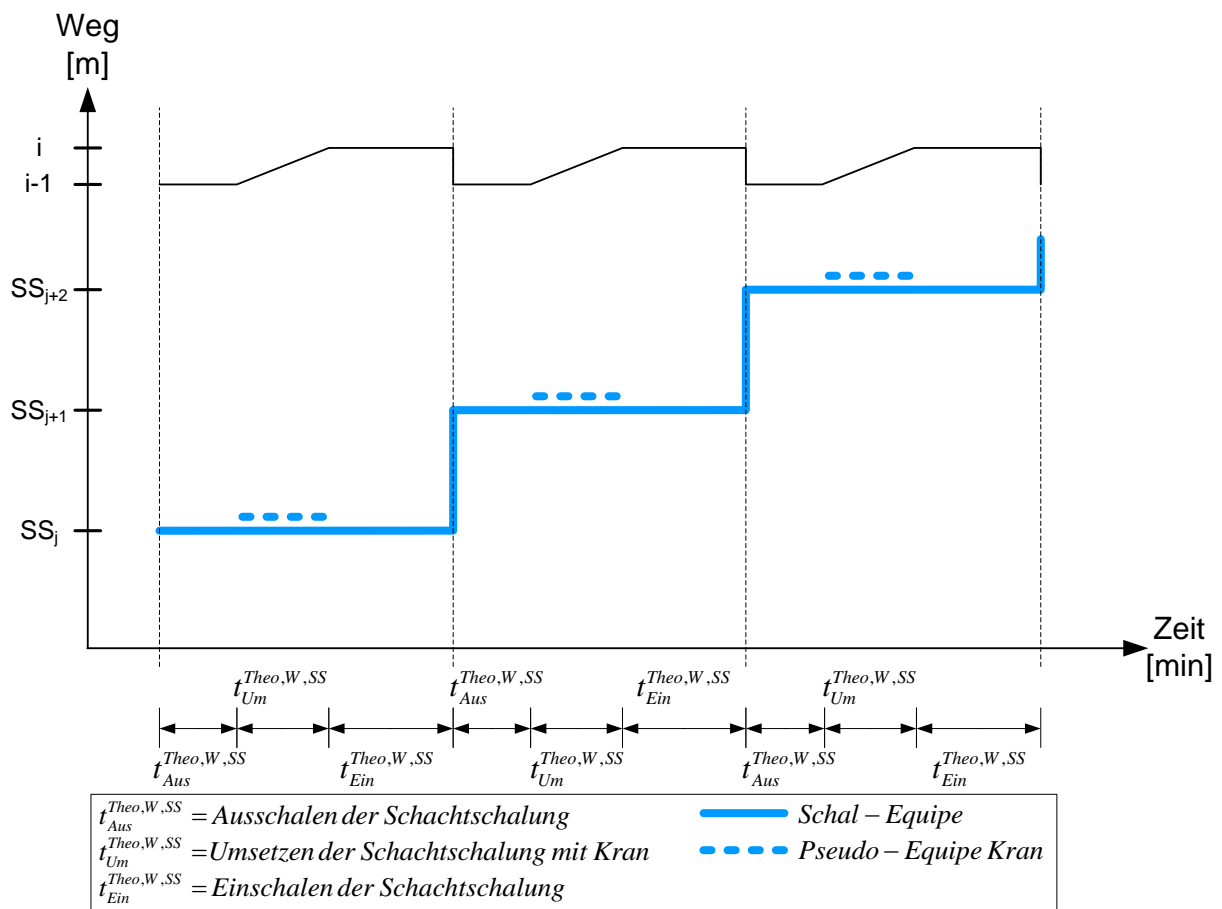
Bei der Untersuchung des Arbeitszeitverbrauchs und bei den Logistikinteraktionen (Forschungsbericht Teil 9) muss dann festgelegt werden, welche Gruppenbildung gewählt wird.

Entweder werden zwei Equipen eingesetzt, eine zum Ausschalen, die andere zum Einschalen oder man wählt nur eine Equipe, die im Wechsel auf der Ebene i-1 und auf der Ebene i tätig ist. Bei der Variante mit zwei Equipen ist die absolute Dauer geringer, es kann jedoch zu Wartezeiten kommen, wenn die Gruppengrößen nicht zusammenpassen.

In Bild 56 ist das Zeit-Weg-Diagramm für die Variante dargestellt, wenn eine Equipe sowohl das Aus- wie auch das Einschalen durchführt. Es fällt auf, dass diese Equipe keine Aus- oder Einschalttätigkeiten durchführt, während der Kran die Schachtschalung umsetzt. In dieser Zeit kann die Equipe die Ebene wechseln.

Die gestrichelte blaue Linie stellt dar, wann der Kran benötigt wird. Das wird bei den Logistikinteraktionen im Forschungsbericht Teil 9 weiter untersucht.

Im oberen Teil von Bild 56 wurde zudem mit schwarzen Strichen dargestellt, auf welcher Ebene sich die jeweils betrachtete Schachtschalung befindet.



**Bild 56: Zeit-Weg-Diagramm für die Elementarprozesse der Elementarprozessgruppe Schalen der Schachtschalung im Modulprozess „Wand auf Ebene i“**

Die senkrechte blaue Verbindungslinie zwischen  $SS_j$ ,  $SS_{j+1}$  und  $SS_{j+2}$  stellt dar, dass die Equipe einen Ortwechsel durchführt, da sich die Schachtschalungen an unterschiedlichen Orten befinden. Die Wegstrecke ist im Regelfall jedoch so klein, dass dafür keine Zeit verbraucht wird und daher die Zeit-Weg-Linie senkrecht gezeichnet wird.

Weiterhin ist in diesem Bild deutlich sichtbar, dass der Kran nicht durchgehend ausgelastet ist. Wie dieser Umstand berücksichtigt werden muss wird in Teil 9 des Forschungsberichtes erläutert.

### 5.4.2 Elementarprozessgruppe Bewehren

Der Elementarprozessgruppe Bewehren wird nur ein Elementarprozess zugeordnet:

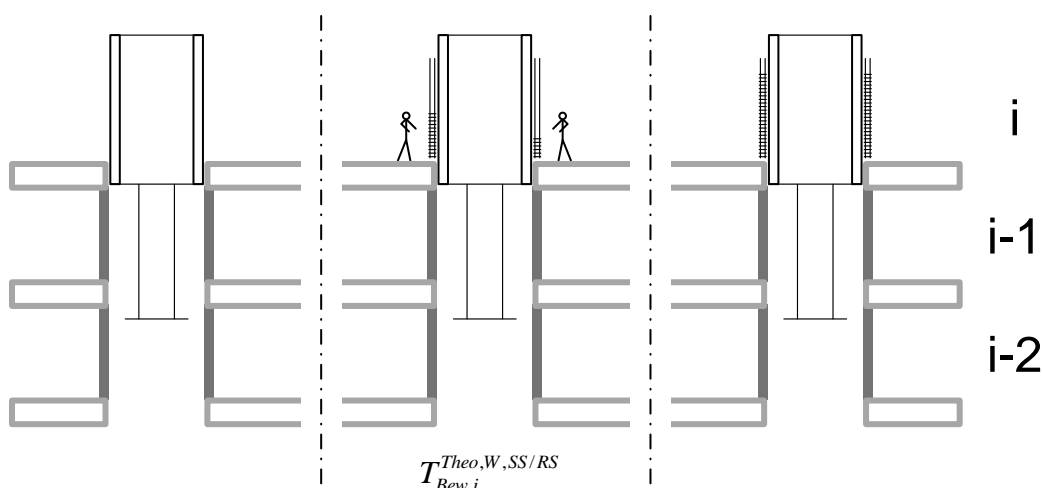
$$T_{EPG:Bew,MP:i}^{Theo,W,SS/RS} = \{ T_{Bew,i}^{Theo,W,SS/RS} \}$$

$T_{EPG:Bew,MP:i}^{Theo,W,SS/RS}$  = Theoretische Elementarprozessgruppendauer für das Bewehren ( $Bew$ ) im Modulprozess „Wand auf Ebene  $i$ “ beim Einsatz von Schachtschalungen ( $SS$ ) und Rahmenschalungen ( $RS$ ) [min]

$T_{Bew,i}^{Theo,W,SS/RS}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das Bewehren ( $Bew$ ) beim Einsatz von Schachtschalungen ( $SS$ ) und Rahmenschalungen ( $RS$ ) bei Wänden ( $W$ ) auf Ebene  $i$  [min]

Im oberen Index wurde nun Schachtschalung und gleichzeitig Rahmenschalung angegeben. Dies liegt daran, dass hier für die Innenschalung eine Schachtschalung gewählt wurde und für die Aussenschalung eine Rahmenschalung.

In Bild 57 wurde der Elementarprozess Bewehren in der Elementarprozessgruppe Bewehren dargestellt. Im linken Teil der Abbildung ist der Zustand vor der Tätigkeit dargestellt, im mittleren Teil wird gerade bewehrt (Strichfiguren), im rechten Teil ist die abgeschlossene Tätigkeit ersichtlich.



**Bild 57: Elementarprozessgruppe Bewehren von Schachtschalungen/Rahmenschalungen im Modulprozess "Wand auf Ebene  $i$ "**



Die Elementarprozessdauer wird analog zu den Deckensystemen ermittelt:

$$T_{Bew,i}^{Theo,W,SS/RS} = a_{Bew}^{Theo,W,SS/RS} \cdot m_{Bew,i}^W$$

$T_{Bew,i}^{Theo,W,SS/RS}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das Bewehren ( $Bew$ ) beim Einsatz von Schachtschalungen ( $SS$ ) und Rahmenschalungen ( $RS$ ) bei Wänden ( $W$ ) auf Ebene  $i$  [min]

$a_{Bew}^{Theo,W,SS/RS}$  = Theoretischer Aufwandswert für das Bewehren ( $Bew$ ) der Wände ( $W$ ) bei Schachtschalungen/Rahmenschalungen ( $SS/RS$ ) [min / kg]

$m_{Bew,i}^W$  = Masse der in den Wänden ( $W$ ) auf Ebene  $i$  einzubauenden Bewehrung [kg]

Der Aufwandswert  $a_{Bew}^{Theo,W,SS/RS}$  ist von der Komplexität der Arbeiten abhängig (Anzahl und Grösse der Aussparungen, Anschlussbewehrung etc.).

Es ergibt sich somit für die Elementarprozessgruppe Bewehren bei Schacht- und Rahmenschalung im Modulprozess „Wand auf Ebene  $i$ “ folgende theoretische Dauer:

$$T_{EPG:Bew,MP:i}^{Theo,W,SS/RS} = \left\{ T_{Bew,i}^{Theo,W,SS/RS} \right\} \text{ mit}$$

$$T_{Bew,i}^{Theo,W,SS/RS} = a_{Bew}^{Theo,W,SS/RS} \cdot m_{Bew,i}^W$$

### 5.4.3 Elementarprozessgruppe Einschalen der Rahmenschalung

Der Elementarprozessgruppe Einschalen der Rahmenschalung werden zwei Elementarprozesse zugeordnet:

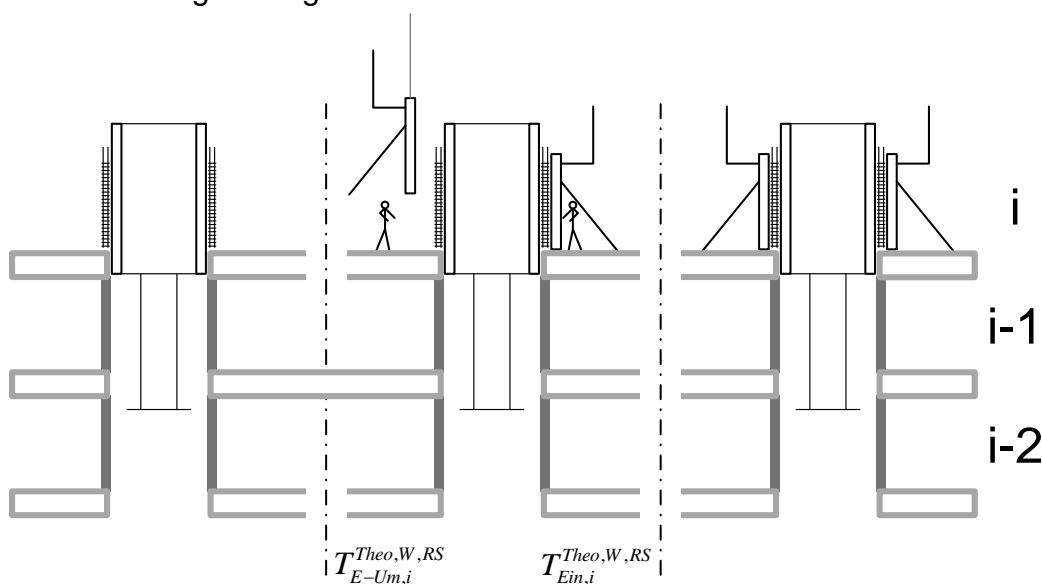
$$T_{EPG:Ein,MP:i}^{Theo,W,RS} = \{ T_{E-Um,i}^{Theo,W,RS}; T_{Ein,i}^{Theo,W,RS} \}$$

$T_{EPG:Ein,MP:i}^{Theo,W,RS}$  = Theoretische Elementarprozessgruppendauer für das Einschalen (*Ein*) im Modulprozess „Wand auf Ebene *i*“ bei Rahmenschalungen (*RS*) [min]

$T_{E-Um,i}^{Theo,W,RS}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das Einschalen-Umsetzen (*E-Um*) bei Rahmenschalungen (*RS*) bei Wänden (*W*) auf Ebene *i* [min]

$T_{Ein,i}^{Theo,W,RS}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das Einschalen (*Ein*) bei Rahmenschalungen (*RS*) bei Wänden (*W*) auf Ebene *i* [min]

In Bild 58 können im mittleren Teil beide Elementarprozesse nachvollzogen werden. Die linke Strichfigur empfängt gerade eine Rahmenschalung-Gesamteinheit (Elementarprozess Einschalen-Umsetzen). Die rechte Strichfigur verbindet unterschiedliche Gesamteinheiten, richtet die Gesamteinheiten aus und vervollständigt die Sicherungen (Elementarprozess Einschalen). Wie schon im vorangegangenen Bild zeigt diese Abbildung im linken Teil den Zustand vor den Tätigkeiten, der rechte Teil nach der Fertigstellung.



**Bild 58: Elementarprozessgruppe Einschalen von Rahmenschalungen im Modulprozess "Wand auf Ebene *i*"**

### 5.4.3.1 Elementarprozess Einschal-Umsetzen der Rahmenschalung

Sobald ausreichend grosse Wandabschnitte fertig bewehrt worden sind, kann die Wandaussenseite mit der Rahmenschalung eingeschalt werden. Unter der Massgabe, dass die Grundrissfläche einen Betonierabschnitt für die Decke darstellt, ist es nicht möglich, die Rahmenschalung auf dem Geschoss zwischen zu lagern. Die Zwischenlagerung wird somit auf dem Boden neben dem Gebäude zu erfolgen haben. Beim Elementarprozess Einschal-Umsetzen wird erneut die Pseudo-Equipe Kran betrachtet. Die Tätigkeiten gleichen in grossem Masse den Tätigkeiten des Umsetzens der Deckentische mit dem Kran (Kapitel 5.2.2):

- Last anhängen  $= t_A^{Theo,W,RS}$
- Heben (von Ebene 0 zu Ebene i)  $= t_{H(i)}^{Theo,W,RS}$
- Schwenken und gleichzeitiges Katze fahren  
Zustand = voll  $= t_{Sch,RS_{j,v}}^{Theo}$  bzw.  $t_{K,RS_{j,v}}^{Theo}$
- Absenken (nur auf Ebene i)  $= t_{H0}^{Theo}$
- Ausrichten bzw. Montage (inkl. Last abhängen)  
d.h. Transfer B  $= t_{Trans B}^{Theo,W,RS}$
- Anheben (nur auf Ebene i)  $\approx$  Absenken  $= t_{H0}^{Theo}$
- Katze fahren und gleichzeitiges Schwenken  
Zustand = leer  $= t_{K,RS_{j,d}}^{Theo}$  bzw.  $t_{Sch,RS_{j,d}}^{Theo}$
- Absenken (von Ebene i zu Ebene 0)  $\approx$  Heben  $= t_{H(i)}^{Theo,W,RS}$

Der Index  $H...$  für das Heben beziehungsweise für das Absenken wird für diese Anforderung erweitert. Der Höhenunterschied zwischen Ebene 0 und Ebene i beträgt i Geschosse. Diesen Sachverhalt reflektiert der Index  $H(i)$ .

Die theoretische Elementarprozessdauer des Einschal-Umsetzens kann folgendermassen zusammengefasst werden:

$$T_{E-Um,i}^{Theo,W,RS} = \sum_{j(RS)} t_{E-Um,i,j}^{Theo,W,RS} = \sum_{j(RS)} \left( t_A^{Theo,W,RS} + t_{H(i)}^{Theo,W,RS} + \text{Max} \left( t_{Sch,RS_{j,v}}^{Theo}; t_{K,RS_{j,v}}^{Theo} \right) + t_{H0}^{Theo} + t_{Trans B}^{Theo,W,RS} + t_{H0}^{Theo} + \text{Max} \left( t_{K,RS_{j,d}}^{Theo}; t_{Sch,RS_{j,d}}^{Theo} \right) + t_{H(i)}^{Theo,W,RS} \right)$$

$T_{E-Um,i}^{Theo,W,RS}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das Einschal- [min]  
Umsetzen (E-Um) bei Rahmenschalungen (RS) bei  
Wänden (W) auf Ebene i

Vom Umsetzungsvorgang der Deckentische unterscheiden sich die Tätigkeiten Heben und Senken  $t_{H(i)}$  zwischen Boden (Ebene 0) und Ebene  $i$ , die vor allem bei hohen Gebäuden eine deutliche Zeitzunahme erfahren.

Ein Transfer A wird hier nicht berücksichtigt, da das Last anschlagen auf Ebene 0 keiner Equipe zugeordnet werden kann. Beim Einsatz eines Krans mit Fernbedienung wird im Regelfall der Kranführer selbst die Rahmenschalung anschlagen. Bei Kransteuerung aus dem Kranturm wird in den meisten Fällen eine Arbeitskraft die Rahmenschalung anschlagen, die sich gerade in der Nähe des Lagerplatzes befindet.

Die Übergabe von der Einschal-Umsetz-Equipe (Kran) an die Einschalequipe wird in Analogie zu den vorangegangenen Kapiteln mit Transfer B bezeichnet:

$$t_{Trans B}^{Theo,W,RS}$$

$$t_{Trans B}^{Theo,W,RS} = \text{Theoretische Tätigkeitsdauer für den Transfer B (Trans B)} \quad [min]$$

einer Rahmenschalung bei Wänden ( $W$ )

Die Zeit für das Fahren der Katze  $t_{K,RS_j,v}^{Theo}$  hängt von der Entfernung  $\Delta l_{RS_j}$  und von der Katzengeschwindigkeit  $v_{Katz,e,v}^{Theo}$  ab:

$$t_{K,RS_j,v}^{Theo} = \frac{\Delta l_{RS_j}}{v_{Katz,e,v}^{Theo}}$$

$$t_{K,RS_j,v}^{Theo} = \text{Theoretische Tätigkeitsdauer für das Fahren der Katze (K)} \quad [min]$$

mit der Rahmenschalung  $j$ ; Kranhaken im Zustand voll  $v$

$$\Delta l_{RS_j} = \text{Entfernung } l, \text{ die die Rahmenschalung } j \text{ zurücklegt} \quad [m]$$

$$v_{Katz,e,v}^{Theo} = \text{Theoretische Geschwindigkeit der Laufkatze (Katze);} \quad [m / min]$$

Kranhaken im Zustand voll  $v$

Auf dem Hinweg zur Abstellposition befindet sich der Kranhaken im Zustand voll, auf dem Rückweg im Zustand leer. Dann kann die entsprechende Tätigkeitsdauer für den Rückweg auf diese Weise bestimmt werden:

$$t_{K,RS_j,l}^{Theo} = \frac{\Delta l_{RS_j}}{v_{Katze,l}^{Theo}}$$

$t_{K,RS_j,l}^{Theo}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für das Fahren der Katze (*K*) [min]  
mit der Rahmenschalung *j*; Kranhaken im Zustand leer *l*

$\Delta l_{RS_j}$  = Entfernung *l*, die die Rahmenschalung *j* zurücklegt [m]

$v_{Katze,l}^{Theo}$  = Theoretische Geschwindigkeit der Laufkatze (*Katze*); [m / min]  
Kranhaken im Zustand leer *l*

Mit der Kranschwenkgeschwindigkeit  $\omega_{Schwenk,v}^{Theo}$  und dem Winkel  $\alpha_{RS_j}$  erhält man die Schwenkzeit:

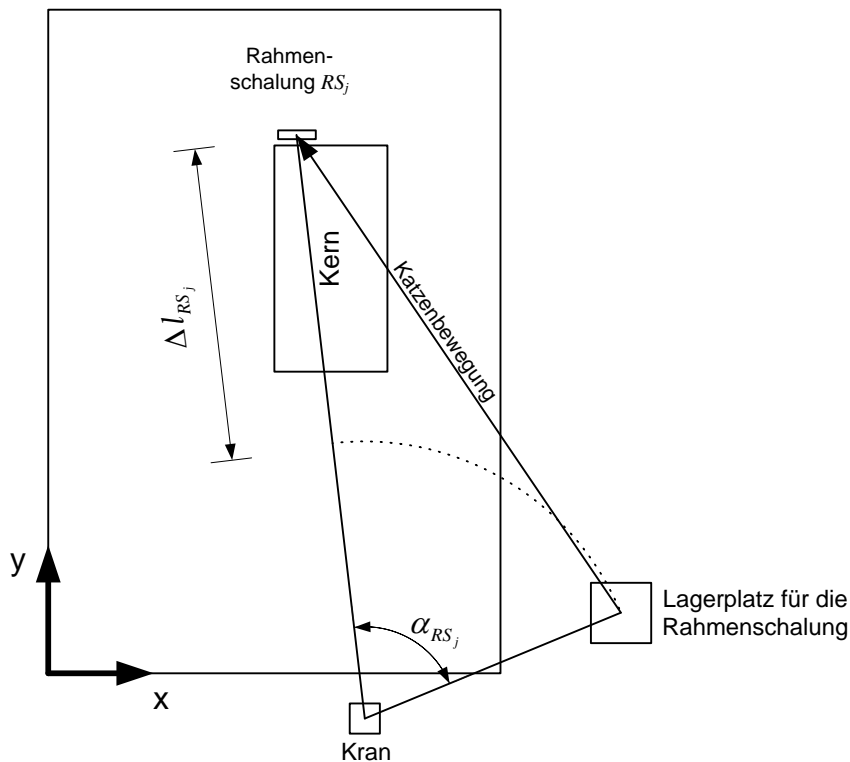
$$t_{Sch,RS_j,v}^{Theo} = \frac{|\alpha_{RS_j}|}{\omega_{Schwenk,v}^{Theo}}$$

$t_{Sch,RS_j,v}^{Theo}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für das Schwenken (*Sch*) [min]  
der Katze mit der Rahmenschalung *j*; Kranhaken im Zustand voll *v*

$\alpha_{RS_j}$  = Winkel zwischen Lagerposition und Position der [°]  
Rahmenschalung *j*

$\omega_{Schwenk,v}^{Theo}$  = Theoretische Kranschwenkgeschwindigkeit (Winkel- [° / min]  
geschwindigkeit); Kranhaken im Zustand voll *v*

In Bild 59 kann nachvollzogen werden, wie die Entfernung  $\Delta l_{RS_j}$  für die Berechnung der Katzenfahrzeit und wie der Winkel  $\alpha_{RS_j}$  für die Kranschwenkzeit ermittelt werden kann.



**Bild 59: Einschalt-Umsetzen mit dem Kran bei Rahmenschalungen im Modulprozess i**

Für den Rückweg (Kranhaken im Zustand leer) muss die Schwenkzeit ebenfalls bestimmt werden:

$$t_{Sch,RS_{j,l}}^{Theo} = \frac{|\alpha_{RS_j}|}{\omega_{Schwenk,l}^{Theo}}$$

$t_{Sch,RS_{j,l}}^{Theo}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für das Schwenken (*Sch*) [min]  
der Katze mit der Rahmenschalung *j*; Kranhaken im Zustand leer *l*

$\alpha_{RS_j}$  = Winkel zwischen Lagerposition und Position der [°]  
Rahmenschalung *j*

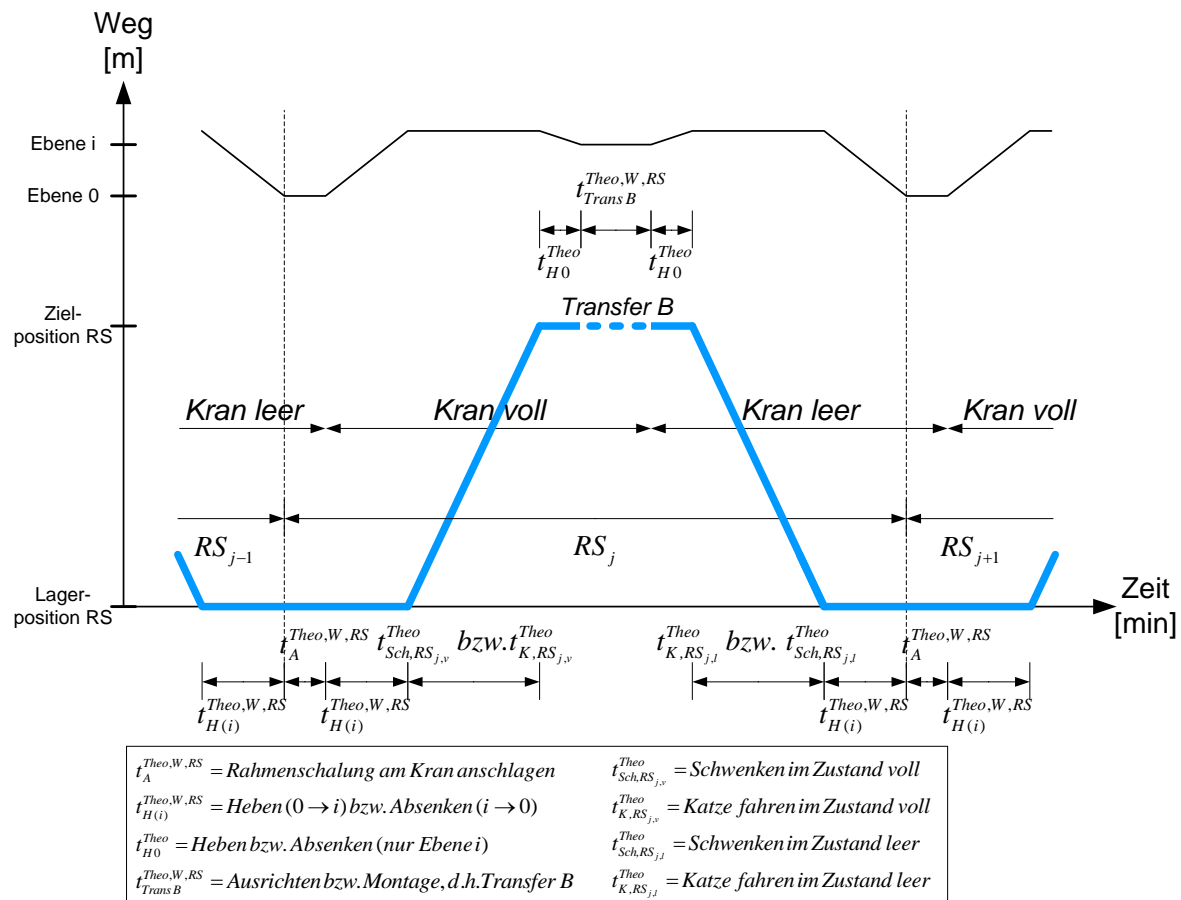
$\omega_{Schwenk,l}^{Theo}$  = Theoretische Kranschwenkgeschwindigkeit (Winkel- [°/min]  
geschwindigkeit); Kranhaken im Zustand leer *l*

Zusammengefasst ergibt das dann für das Einschal-Umsetzen der Rahmenschalung mit dem Kran:

$$T_{E-Um,i}^{Theo,W,RS} = \sum_{j(RS)} \left( t_A^{Theo,W,RS} + 2 \cdot t_{H(i)}^{Theo,W,RS} + \text{Max} \left( t_{Sch,RS_{j,v}}^{Theo}; t_{K,RS_{j,v}}^{Theo} \right) + \right. \\ \left. + 2 \cdot t_{H0}^{Theo} + t_{Trans B}^{Theo,W,RS} + \text{Max} \left( t_{K,RS_{j,l}}^{Theo}; t_{Sch,RS_{j,l}}^{Theo} \right) \right)$$

$T_{E-Um,i}^{Theo,W,RS}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das Einschal-Umsetzen (E-Um) bei Rahmenschalungen (RS) bei Wänden (W) auf Ebene i [min]

In Bild 60 wurde im Zeit-Weg-Diagramm für das Umsetzen der Rahmenschalung im oberen Teil mit der schwarzen Linie dargestellt, auf welcher Höhe sich jeweils der Kranhaken befindet. Es wird deutlich, dass er bei der Tätigkeit  $t_{H(i)}$  von der Ebene 0 auf etwas oberhalb der Ebene i angehoben wird. Dies ist erforderlich, damit der Schwenkvorgang durchgeführt werden kann, ohne dass die Rahmenschalung an andere Bauteile auf der Ebene i anstößt. Nach dem Schwenken wird die Rahmenschalung komplett auf die Ebene i (durch die Tätigkeit  $t_{H0}$ ) abgesenkt.



**Bild 60:** Zeit-Weg-Diagramm für den Elementarprozess Einschal-Umsetzen (mit dem Kran) von Ebene 0 zu Ebene i bei Rahmenschalungen

### 5.4.3.2 Elementarprozess Einschalen der Rahmenschalung

Relativ ähnlich wie das Einschalen der Deckentische (Kapitel 5.2.4) gibt es Tätigkeiten die in Zusammenarbeit mit dem Kran erfolgen und andere Tätigkeiten, die unabhängig vom Kran durchgeführt werden.

Die Einschalzeit berücksichtigt somit sowohl die kranabhängigen Tätigkeiten (Transfer B) wie auch kranunabhängigen Tätigkeiten (Rest-Einschalen):

$$T_{Ein,i}^{Theo,W,RS} = \sum_{j(RS)} (t_{Trans B}^{Theo,W,RS} + t_{Ein,Rest,j}^{Theo,W,RS})$$

$T_{Ein,i}^{Theo,W,RS}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das Einschalen (*Ein*) bei Rahmenschalungen (*RS*) bei Wänden (*W*) auf Ebene *i* [min]

$t_{Trans B}^{Theo,W,RS}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für den Transfer B (*Trans B*) einer Rahmenschalung (*RS*) bei Wänden (*W*) [min]

$t_{Ein,Rest,j}^{Theo,W,RS}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für das Rest-Einschalen (*Ein,Rest*) einer Rahmenschalung (*RS*) mit dem Laufindex *j* bei Wänden (*W*) [min]

Der Tätigkeit  $t_{Trans B}^{Theo,W,RS}$  werden folgende Aktivitäten zugeordnet:

- Empfang der Rahmenschalung an der Zielposition
- Drehen der Rahmenschalung in der Luft (bei Bedarf)
- Absenken der Rahmenschalung
- Ausrichten und Sichern der Rahmenschalung
- Lösen der Rahmenschalung vom Kran

Der Tätigkeit  $t_{Ein,Rest,j}^{Theo,W,RS}$  werden folgende Aktivitäten zugeordnet:

- Verbindung mit benachbarten Rahmenschalungen
- Montage von Ankern
- Montage von Sicherungsstützen (bei Bedarf)



Die Tätigkeitsdauer  $t_{Ein,Rest,j}^{Theo,W,RS}$  hängt von der Länge der jeweiligen Rahmenschalungseinheit ab:

$$t_{Ein,Rest,j}^{Theo,W,RS} = a_{Ein,Rest}^{Theo,W,RS} \cdot L_{RS_j}$$

$t_{Ein,Rest,j}^{Theo,W,RS}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für das Rest-Einschalen (*Ein,Rest*) einer Rahmenschalung (*RS*) mit dem Laufindex *j* bei Wänden (*W*) [min]

$a_{Ein,Rest}^{Theo,W,RS}$  = Theoretischer Aufwandswert für das Rest-Einschalen (*Ein,Rest*) einer Rahmenschalung (*RS*) bei Wänden (*W*) [min / m]

$L_{RS_j}$  = Länge der Rahmenschalungseinheit mit dem Laufindex *j* [m]

$j(RS)$  = Laufindex *j* für Rahmenschalungseinheiten (*RS*) [-]

Für den nachfolgenden Betonierprozess werden Arbeitsbühnen notwendig. Hersteller- und produktabhängig gibt es aber auch Systeme, bei denen die Arbeitsbühnen nicht demontiert werden müssen. Weiter ist die Lagermöglichkeit der Rahmenschalungen mit montierten Arbeitsbühnen zu prüfen. Ein Lagern mit demontierten Arbeitsbühnen benötigt üblicherweise weniger Lagerfläche.

In der gewählten Produktionsweise wird angenommen, dass die Arbeitsbühnen nur zu Beginn des Bauprojekts einmal montiert werden müssen und während der Erstellung der Regelgeschosse ständig an den Rahmenschalungseinheiten montiert bleiben.

#### 5.4.3.3 Zusammenfassung der Elementarprozesse der Elementarprozessgruppe Einschalen der Rahmenschalung

Für die Elementarprozessgruppe Einschalen der Rahmenschalung ist es nun möglich die beiden zugeordneten Elementarprozess für den Modulprozess „Wand auf Ebene i“ zusammengefasst darzustellen:

$$T_{EPG:Ein,MP:i}^{Theo,W,RS} = \left\{ T_{E-Um,i}^{Theo,W,RS}; T_{Ein,i}^{Theo,W,RS} \right\} \text{ mit}$$

$$T_{E-Um,i}^{Theo,W,RS} = \sum_{j(RS)} \left( t_A^{Theo,W,RS} + 2 \cdot t_{H(i)}^{Theo,W,RS} + \text{Max} \left( t_{Sch,RS_{j,v}}^{Theo}; t_{K,RS_{j,v}}^{Theo} \right) + \right. \\ \left. + 2 \cdot t_{H0}^{Theo} + t_{Trans B}^{Theo,W,RS} + \text{Max} \left( t_{K,RS_{j,l}}^{Theo}; t_{Sch,RS_{j,l}}^{Theo} \right) \right)$$

$$T_{Ein,i}^{Theo,W,RS} = \sum_{j(RS)} \left( t_{Trans B}^{Theo,W,RS} + t_{Ein,Rest,j}^{Theo,W,RS} \right) = \sum_{j(RS)} \left( t_{Trans B}^{Theo,W,RS} + a_{Ein,Rest}^{Theo,W,RS} \cdot L_{RS_j} \right)$$

#### 5.4.4 Elementarprozessgruppe Betonieren

Der Elementarprozessgruppe Betonieren wird nur ein Elementarprozess zugeordnet:

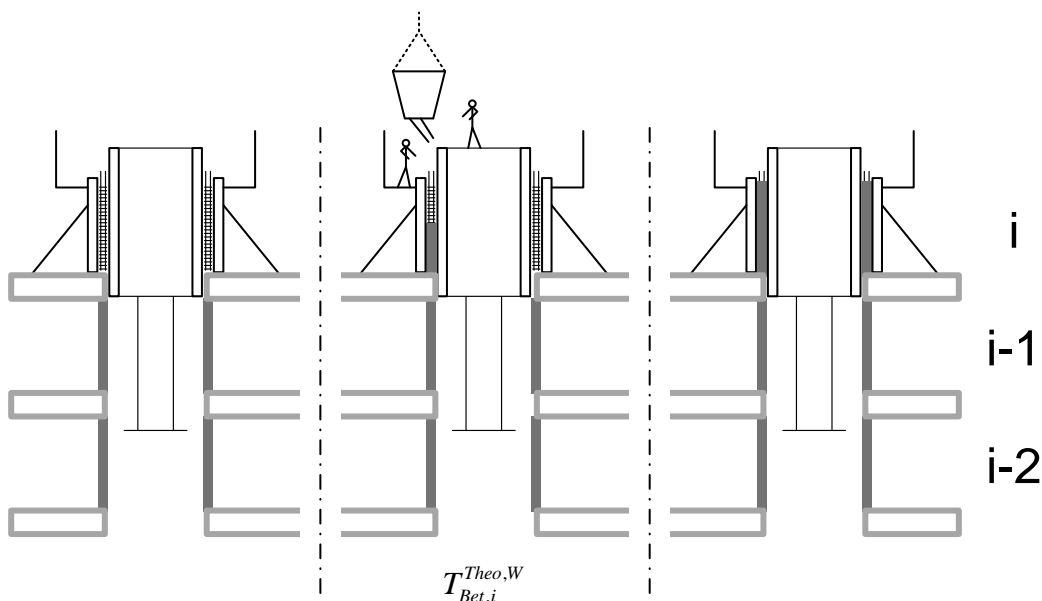
$$T_{EPG:Bet,MP:i}^{Theo,W,SS/RS} = \{T_{Bet,i}^{Theo,W}\}$$

$T_{EPG:Bet,MP:i}^{Theo,W,SS/RS}$  = Theoretische Elementarprozessgruppendauer für das [min]  
 Betonieren (*Bet*) im Modulprozess „Wand auf Ebene *i*“  
 beim Einsatz von Schachtschalungen (*SS*) und  
 Rahmenschalungen (*RS*)

$T_{Bet,i}^{Theo,W}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das [min]  
 Betonieren (*Bet*) von Wänden (*W*) auf Ebene *i*

Im oberen Index der Elementarprozessdauer findet sich keine Angabe zum Schalungssystem. Der Grund liegt darin, dass der Elementarprozess Betonieren von Wänden unabhängig ist vom gewählten Schalungssystem.

In Bild 61 zeigen erneut die Strichfiguren, wo sich der Elementarprozess abspielt. Wie auch schon in den vorangegangenen Abbildungen wurden links der Zustand vorher und rechts der Zustand nachher dargestellt.



**Bild 61: Elementarprozessgruppe Betonieren beim Einsatz von Schachtschalungen/ Rahmenschalungen im Modulprozess "Wand auf Ebene *i*"**

Die Elementarprozessdauer wird ähnlich wie bei den Deckensystemen ermittelt, ein Nacharbeiten ist hier jedoch nicht notwendig:

$$T_{Bet,i}^{Theo,W} = a_{Bet}^{Theo,W} \cdot V_{Bet,i}^W$$

$T_{Bet,i}^{Theo,W}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das Betonieren (*Bet*) von Wänden (*W*) auf Ebene *i* [min]

$a_{Bet}^{Theo,W}$  = Theoretischer Aufwandswert für das Betonieren (*Bet*) der Wände (*W*) [min / m<sup>3</sup>]

$V_{Bet,i}^W$  = Volumen für das Betonieren (*Bet*) der Wände (*W*) auf Ebene *i* [m<sup>3</sup>]

Es ergibt sich somit für die Elementarprozessgruppe Betonieren bei Schacht- und Rahmenschalung im Modulprozess „Wand auf Ebene *i*“ folgende theoretische Dauer:

$$T_{EPG:Bet,MP:i}^{Theo,W,SS/RS} = \left\{ T_{Bet,i}^{Theo,W} \right\} \text{ mit}$$

$$T_{Bet,i}^{Theo,W} = a_{Bet}^{Theo,W} \cdot V_{Bet,i}^W$$

### 5.4.5 Elementarprozessgruppe Ausschalen der Rahmenschalung

Die Elementarprozessgruppe Ausschalen der Rahmenschalung entspricht fast der Elementarprozessgruppe Einschalen der Rahmenschalung, nur die Ablafrichtung ist entgegengesetzt. Es werden dieser Elementarprozessgruppe zwei Elementarprozesse zugeordnet:

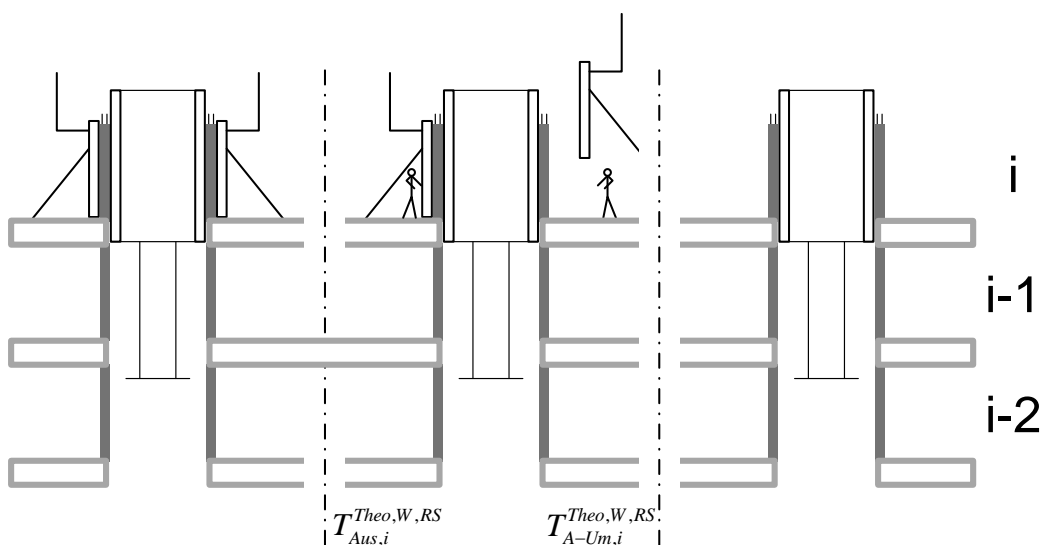
$$T_{EPG:Aus,MP:i}^{Theo,W,RS} = \{T_{Aus,i}^{Theo,W,RS}, T_{A-Um,i}^{Theo,W,RS}\}$$

$T_{EPG:Aus,MP:i}^{Theo,W,RS}$  = Theoretische Elementarprozessgruppendauer für das Ausschalen (*Aus*) im Modulprozess „Wand auf Ebene *i*“ bei Rahmenschalungen (*RS*) [min]

$T_{Aus,i}^{Theo,W,RS}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das Ausschalen (*Aus*) bei Rahmenschalungen (*RS*) bei Wänden (*W*) auf Ebene *i* [min]

$T_{A-Um,i}^{Theo,W,RS}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das Ausschalen-Umsetzen (*A-Um*) bei Rahmenschalungen (*RS*) bei Wänden (*W*) auf Ebene *i* [min]

In Bild 62 sind links der Zustand vorher und rechts der Zustand nachher dargestellt. Im mittleren Teil ist durch die Strichfiguren ersichtlich, wo die Elementarprozesse ablaufen. Die linke Strichfigur stellt das Ausschalen dar. Ist die Rahmenschalungseinheit transportbereit kann Sie auf den Lagerplatz umgesetzt werden (rechte Strichfigur).



**Bild 62: Elementarprozessgruppe Ausschalen der Rahmenschalungen im Modulprozess "Wand auf Ebene *i*"**

Bisher gab es zwei Arten von Transfers. Für diesen Sachverhalt wird nun noch der Transfer C als Übergabe vom Elementarprozess Ausschalen zum Elementarprozess Ausschalen-Umsetzen eingeführt. Um Verwechslungen zu vermeiden wird nachfolgend zusammengestellt, welche Transferart wo verwendet wird:

<b>Transfer A:</b>	Ausschal-Umsetzen	→	Einschal-Umsetzen
<b>Transfer B:</b>	Einschal-Umsetzen	→	Einschalen
<b>Transfer C:</b>	Ausschalen	→	Ausschal-Umsetzen

#### 5.4.5.1 Elementarprozess Ausschalen der Rahmenschalung

Im Elementarprozess Ausschalen der Rahmenschalung gibt es Tätigkeiten die kranunabhängig sind (Rest-Ausschalen) und kranabhängige Tätigkeiten (Transfer C):

$$T_{Aus,i}^{Theo,W,RS} = \sum_{j(RS)} (t_{Aus,Rest,j}^{Theo,W,RS} + t_{Trans C}^{Theo,W,RS})$$

$T_{Aus,i}^{Theo,W,RS}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das Ausschalen (*Aus*) bei Rahmenschalungen (*RS*) bei Wänden (*W*) auf Ebene *i* [min]

$t_{Aus,Rest,j}^{Theo,W,RS}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für das Rest-Ausschalen (*Aus,Rest*) einer Rahmenschalung (*RS*) mit dem Laufindex *j* bei Wänden (*W*) [min]

$t_{Trans C}^{Theo,W,RS}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für den Transfer C (*Trans C*) einer Rahmenschalung (*RS*) bei Wänden (*W*) [min]

Die Tätigkeit Rest-Ausschalen berücksichtigt die Aktivitäten die kranunabhängig durchgeführt werden können:

- Rückbau der Anker
- Lösen der Sicherungen
- Lösen der Verbindungen zu benachbarten Rahmenschalungen

Zur Bestimmung der Tätigkeitsdauer Rest-Ausschalen bietet es sich an, dies von der Länge der jeweiligen Rahmenschalungseinheit abhängig zu machen:

$$t_{Aus,Rest,j}^{Theo,W,RS} = a_{Aus,Rest}^{Theo,W,RS} \cdot L_{RS,j}$$

$t_{Aus,Rest,j}^{Theo,W,RS}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für das Rest-Ausschalen (*Aus,Rest*) einer Rahmenschalung (*RS*) mit dem Laufindex *j* bei Wänden (*W*) [min]

$a_{Aus,Rest}^{Theo,W,RS}$	= Theoretischer Aufwandswert für das Rest-Ausschalen ( $Aus,Rest$ ) einer Rahmenschalung ( $RS$ ) bei Wänden ( $W$ )	[min / m]
$L_{RS_j}$	= Länge der Rahmenschalungseinheit mit dem Laufindex $j$	[m]
$j(RS)$	= Laufindex $j$ für Rahmenschalungseinheiten ( $RS$ )	[-]

#### 5.4.5.2 Elementarprozess Ausschal-Umsetzen der Rahmenschalung

Das Ausschal-Umsetzen ähnelt sehr stark dem Einschal-Umsetzen. Nur die Zuordnung von Hin- und Rückweg sind unterschiedlich. Beim Ausschal-Umsetzen wird auch der Weg von Lagerfläche zur Abholposition als Hinweg bezeichnet, jedoch ist der Ladezustand dann leer. Der Rückweg hat dann den Ladezustand voll. Der Grund dafür ist, dass dann die der Rahmenschalungseinheit  $RS$  mit dem Laufindex  $j$  zu berechnenden Wege für Hin- und Rückweg gleich sind:

$$T_{A-Um,i}^{Theo,W,RS} = \sum_{j(RS)} \left( 2 \cdot t_{H(i)}^{Theo,W,RS} + \text{Max} \left( t_{Sch,RS_{j,j}}^{Theo}; t_{K,RS_{j,j}}^{Theo} \right) + 2 \cdot t_{H0}^{Theo} + t_{Trans C}^{Theo,W,RS} + \text{Max} \left( t_{K,RS_{j,v}}^{Theo}; t_{Sch,RS_{j,v}}^{Theo} \right) + t_A^{Theo,W,RS} \right)$$

$T_{A-Um,i}^{Theo,W,RS}$	= Theoretische Elementarprozessdauer für das Ausschal-Umsetzen ( $A-Um$ ) bei Rahmenschalungen ( $RS$ ) bei Wänden ( $W$ ) auf Ebene $i$	[min]
--------------------------	--	-------

#### 5.4.5.3 Zusammenfassung der Elementarprozesse der Elementarprozessgruppe Ausschalen der Rahmenschalung

Für den Modulprozess „Wand auf Ebene  $i$ “ können nun die beiden Elementarprozesse der Elementarprozessgruppe Ausschalen der Rahmenschalung zusammengefasst dargestellt werden:

$$T_{EPG:Aus,MP:i}^{Theo,W,RS} = \left\{ T_{Aus,i}^{Theo,W,RS}; T_{A-Um,i}^{Theo,W,RS} \right\} \text{ mit}$$

$$T_{Aus,i}^{Theo,W,RS} = \sum_{j(RS)} \left( t_{Aus,Rest,j}^{Theo,W,RS} + t_{Trans C}^{Theo,W,RS} \right) = \sum_{j(RS)} \left( a_{Aus,Rest}^{Theo,W,RS} \cdot L_{RS_j} + t_{Trans C}^{Theo,W,RS} \right)$$

$$T_{A-Um,i}^{Theo,W,RS} = \sum_{j(RS)} \left( 2 \cdot t_{H(i)}^{Theo,W,RS} + \text{Max} \left( t_{Sch,RS_{j,j}}^{Theo}; t_{K,RS_{j,j}}^{Theo} \right) + 2 \cdot t_{H0}^{Theo} + t_{Trans C}^{Theo,W,RS} + \text{Max} \left( t_{K,RS_{j,v}}^{Theo}; t_{Sch,RS_{j,v}}^{Theo} \right) + t_A^{Theo,W,RS} \right)$$

### 5.4.6 Zusammenfassung aller Elementarprozesse bei Schacht- und Rahmenschalungen

Schalen Schachtschalung:

$$T_{EPG:Sch,MP:i}^{Theo,W,SS} = \left\{ T_{Aus,i-1}^{Theo,W,SS}; T_{Um,i-1}^{Theo,W,SS}; T_{Ein,i}^{Theo,W,SS} \right\} \text{ mit}$$

$$T_{Aus,i-1}^{Theo,W,SS} = \sum_{j(SS)} t_{Aus}^{Theo,W,SS}$$

$$T_{Um,i-1}^{Theo,W,SS} = \sum_{j(SS)} t_{Um}^{Theo,W,SS}$$

$$T_{Ein,i}^{Theo,W,SS} = \sum_{j(SS)} t_{Ein}^{Theo,W,SS}$$

Bewehren:

$$T_{EPG:Bew,MP:i}^{Theo,W,SS/RS} = \left\{ T_{Bew,i}^{Theo,W,SS/RS} \right\} \text{ mit}$$

$$T_{Bew,i}^{Theo,W,SS/RS} = a_{Bew}^{Theo,W,SS/RS} \cdot m_{Bew,i}^W$$

Einschalen Rahmenschalung:

$$T_{EPG:Ein,MP:i}^{Theo,W,RS} = \left\{ T_{E-Um,i}^{Theo,W,RS}; T_{Ein,i}^{Theo,W,RS} \right\} \text{ mit}$$

$$T_{E-Um,i}^{Theo,W,RS} = \sum_{j(RS)} \left( t_A^{Theo,W,RS} + 2 \cdot t_{H(i)}^{Theo,W,RS} + \text{Max} \left( t_{Sch,RS_{j,v}}^{Theo}; t_{K,RS_{j,v}}^{Theo} \right) + \right. \\ \left. + 2 \cdot t_{H0}^{Theo} + t_{Trans B}^{Theo,W,RS} + \text{Max} \left( t_{K,RS_{j,l}}^{Theo}; t_{Sch,RS_{j,l}}^{Theo} \right) \right)$$

$$T_{Ein,i}^{Theo,W,RS} = \sum_{j(RS)} \left( t_{Trans B}^{Theo,W,RS} + t_{Ein,Rest,j}^{Theo,W,RS} \right) = \sum_{j(RS)} \left( t_{Trans B}^{Theo,W,RS} + a_{Ein,Rest}^{Theo,W,RS} \cdot L_{RS_j} \right)$$

Betonieren:

$$T_{EPG:Bet,MP:i}^{Theo,W,SS/RS} = \left\{ T_{Bet,i}^{Theo,W} \right\} \text{ mit}$$

$$T_{Bet,i}^{Theo,W} = a_{Bet}^{Theo,W} \cdot V_{Bet,i}^W$$

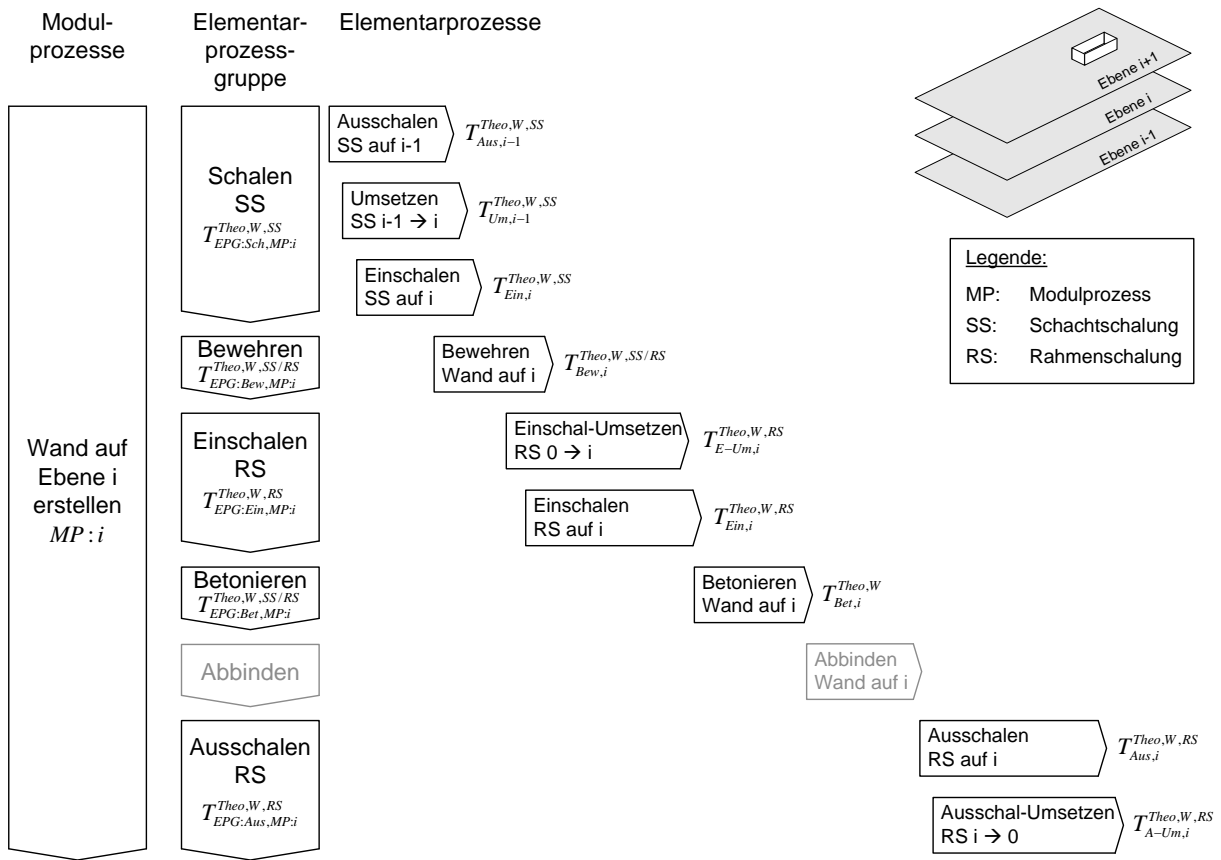
Ausschalen Rahmenschalung:

$$T_{EPG:Aus,MP:i}^{Theo,W,RS} = \left\{ T_{Aus,i}^{Theo,W,RS}; T_{A-Um,i}^{Theo,W,RS} \right\} \text{ mit}$$

$$T_{Aus,i}^{Theo,W,RS} = \sum_{j(RS)} \left( t_{Aus,Rest,j}^{Theo,W,RS} + t_{Trans C}^{Theo,W,RS} \right) = \sum_{j(RS)} \left( a_{Aus,Rest}^{Theo,W,RS} \cdot L_{RS_j} + t_{Trans C}^{Theo,W,RS} \right)$$

$$T_{A-Um,i}^{Theo,W,RS} = \sum_{j(RS)} \left( 2 \cdot t_{H(i)}^{Theo,W,RS} + \text{Max} \left( t_{Sch,RS_{j,l}}^{Theo}; t_{K,RS_{j,l}}^{Theo} \right) + 2 \cdot t_{H0}^{Theo} + \right. \\ \left. + t_{Trans C}^{Theo,W,RS} + \text{Max} \left( t_{K,RS_{j,v}}^{Theo}; t_{Sch,RS_{j,v}}^{Theo} \right) + t_A^{Theo,W,RS} \right)$$

In Bild 63 wurden alle Elementarprozesse und die entsprechenden Elementarprozessgruppen beim Einsatz von Schacht- und Rahmenschalung dargestellt.



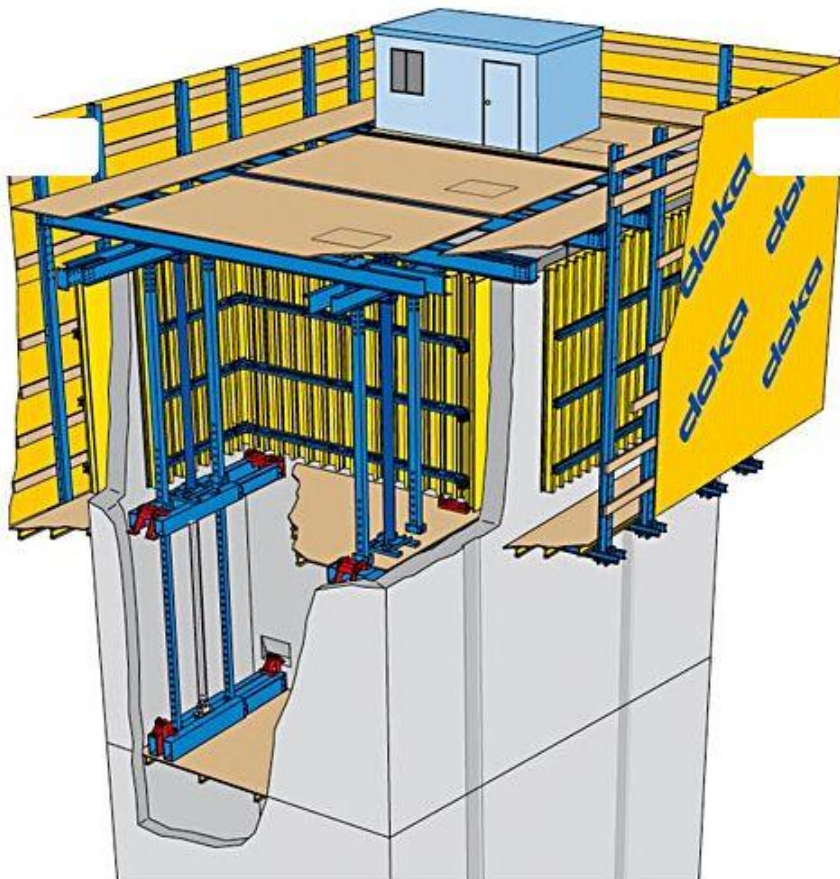
**Bild 63: Prozesskette bei Schachtschalung und Rahmenschalung im Modulprozess i**



## 5.5 Selbstkletterplattform (SCP)

Eine weitere Möglichkeit für die Erstellung von Wänden bietet die selbstkletternde Schalungsplattform SCP (Self-Climbing-Platform). Auf dieser Plattform kann die gesamte Baustelleneinrichtung untergebracht werden. Durch die seitlichen Schutzschilde ist ein sicheres und windgeschütztes Arbeiten möglich. Die Schalung für ein gesamtes Geschoss wird von Hydraulik-Zylindern nach dem Betonieren Abschnitt für Abschnitt nach oben gehoben.

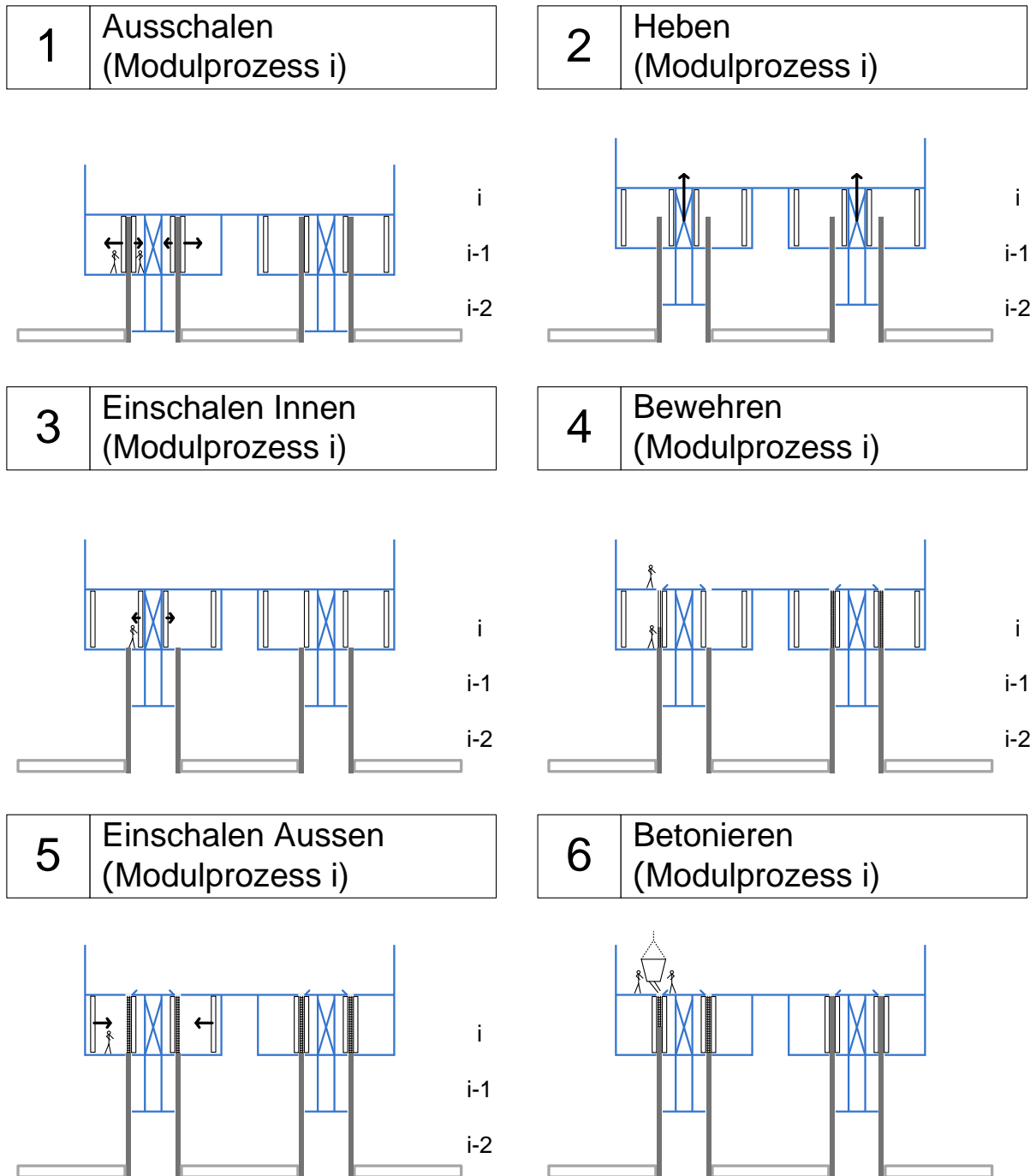
Bei der SCP kann sowohl eine stockwerkbauweise wie auch eine vorauseilende Bauweise gewählt werden. Für die weiteren Untersuchungen wird eine vorauseilende Bauweise (siehe auch Bild 64) gewählt.



**Bild 64: Selbstkletterplattform (SCP) bei vorauseilender Bauweise [5]**

Die Montage einer SCP für das erste Geschoss und die Demontage beim letzten Geschoss ist sehr zeitintensiv. Dieser Zeitaufwand kann dann aber durch den geringeren Zeitaufwand pro Geschoss im Vergleich zu herkömmlichen Wandschalungssystemen amortisiert werden.

In Bild 65 wurden die sechs Elementarprozessgruppen des Herstellungsprozesses für die Erstellung von Wänden mit einer Selbstkletterplattform (SCP) dargestellt. Detaillierte Erläuterungen zu den Elementarprozessen finden sich in den nachfolgenden Kapiteln.



**Bild 65: Herstellungsprozess Wand mit Selbstkletterplattform**

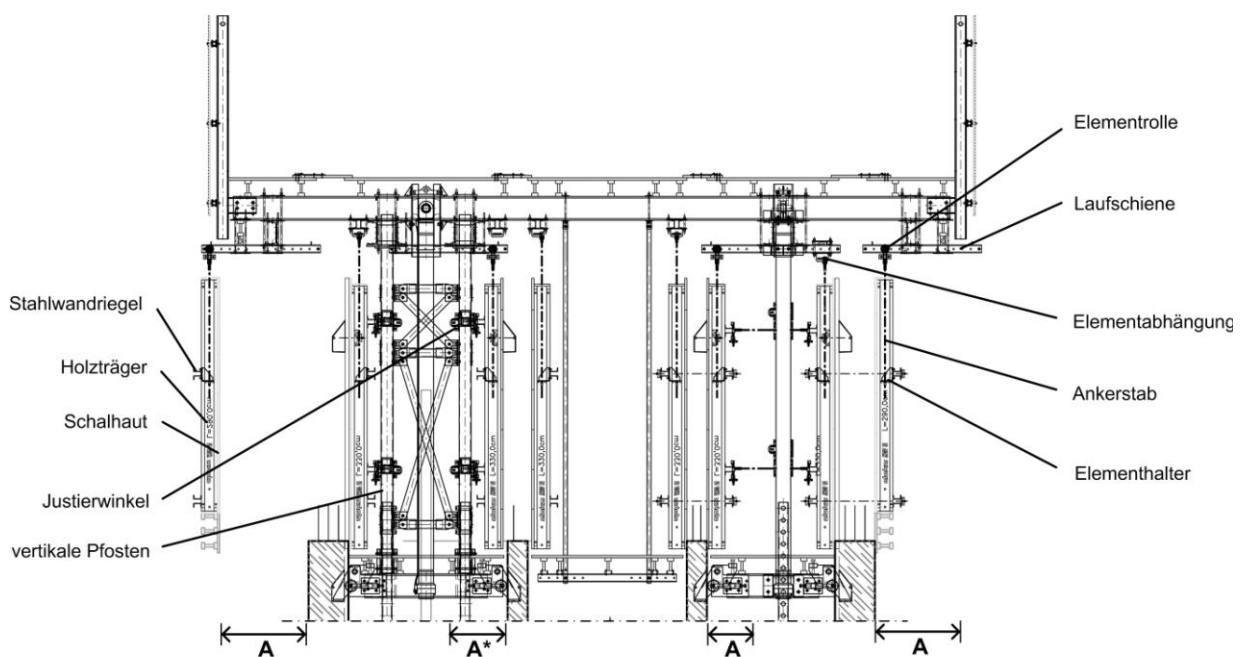
### 5.5.1 Elementarprozessgruppe Ausschalen

Grundsätzlich werden beim Ausschalen zwei Kategorien unterschieden:

- Schalungen mit begrenzter Verschiebbarkeit (meist innen)
- Schalungen mit verfahrbaren Aufhängungen mit Elementrollen (meist aussen)

Letzterer Typ ermöglicht den Arbeitsbereich für die Bewehrungsarbeiten (siehe Bild 66 und Bild 67)

Bei beiden Kategorien werden **Schalungsgruppen** gebildet, die nach der Demontage der Befestigungen von der Schalung weggeschoben werden.

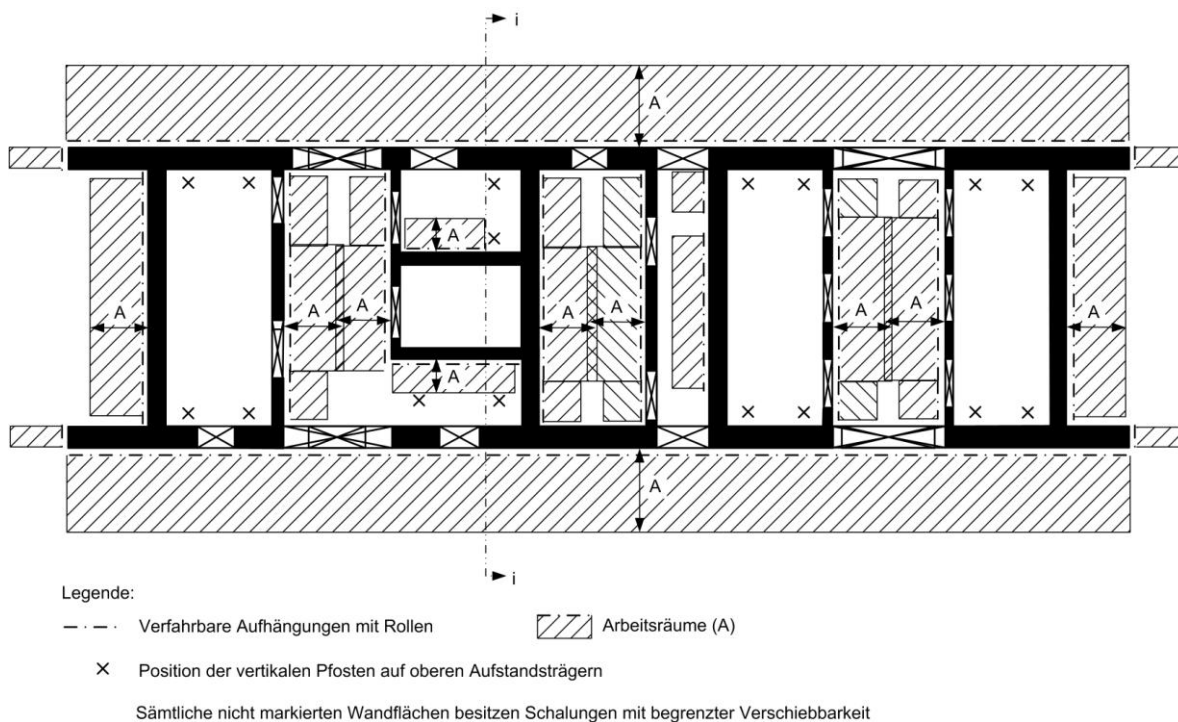


Legende:

A - Arbeitsraum

A\* - Arbeitsraum auf Teilstück ohne vertikalen Pfosten

**Bild 66: Schnitt des Gebäudekerns mit Arbeitsräumen (Quelle: [14])**



**Bild 67: Grundriss des Gebäudekerns mit Arbeitsräumen (Quelle: [14])**

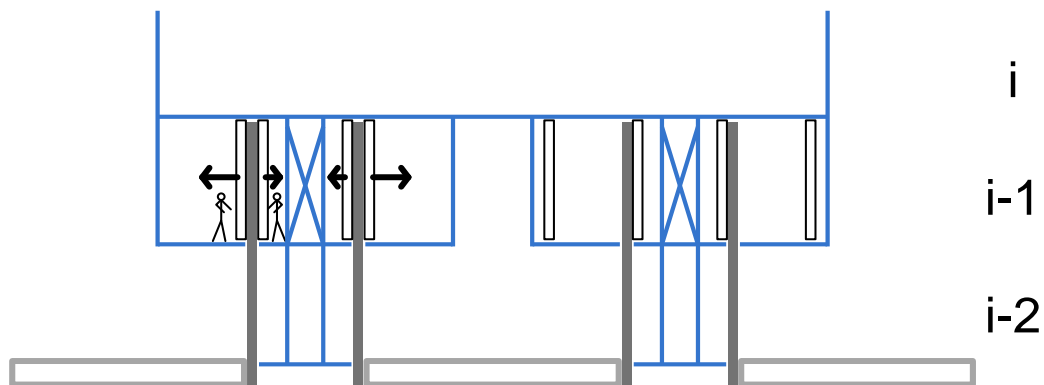
Der Elementarprozessgruppe Ausschalen wird nur ein Elementarprozess zugeordnet:

$$T_{EPG:Aus,MP:i}^{Theo,W,SCP} = \{ T_{Aus,i-1}^{Theo,W,SCP} \}$$

$T_{EPG:Aus,MP:i}^{Theo,W,SCP}$  = Theoretische Elementarprozessgruppendauer für das Ausschalen (*Aus*) im Modulprozess „Wand auf Ebene *i*“ bei Selbstkletterplattform (*SCP*) [min]

$T_{Aus,i-1}^{Theo,W,SCP}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das Ausschalen (*Aus*) bei Selbstkletterplattform (*SCP*) bei Wänden (*W*) auf Ebene *i-1* [min]

Bei der Selbstkletterplattform werden Schalungsgruppen gebildet, die nach dem Lösen von der Betonoberfläche zur Seite geschoben werden. In Bild 68 kann der Ausschalprozess nachvollzogen werden. Im linken Teil ist die Schalungsgruppe noch im eingeschalteten Zustand. Im rechten Teil sind sowohl das Innen- wie auch das Aussen-element ausgeschalt und verschoben.



**Bild 68: Elementarprozessgruppe Ausschalen bei Selbstkletterplattform im Modulprozess i**

Die Elementarprozessdauer wird als Summe über den Laufindex der Schalungsgruppen bestimmt:

$$T_{Aus,i-1}^{Theo,W,SCP} = \sum_{j(SG)} a_{Aus,SG}^{Theo,W,SCP}$$

$T_{Aus,i-1}^{Theo,W,SCP}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das Ausschalen (*Aus*) bei Selbstkletterplattform (*SCP*) bei Wänden (*W*) auf Ebene *i-1* [min]

$a_{Aus,SG}^{Theo,W,SCP}$  = Theoretischer Aufwandswert für das Ausschalen und Verschieben einer Schalungsgruppe (*Aus,SG*) bei Selbstkletterplattform (*SCP*) bei Wänden (*W*) auf Ebene *i-1* [min]

$j(SG)$  = Laufindex *j* für Schalungsgruppen (*SG*) [-]

Für den Modulprozess „Wand auf Ebene i“ berechnet sich die Elementarprozessgruppe Ausschalen der Selbstkletterschalung wie folgt:

$$T_{EPG:Aus,MP:i}^{Theo,W,SCP} = \{T_{Aus,i-1}^{Theo,W,SCP}\} \text{ mit}$$

$$T_{Aus,i-1}^{Theo,W,SCP} = \sum_{j(SG)} a_{Aus,SG}^{Theo,W,SCP}$$

### 5.5.2 Elementarprozessgruppe Heben

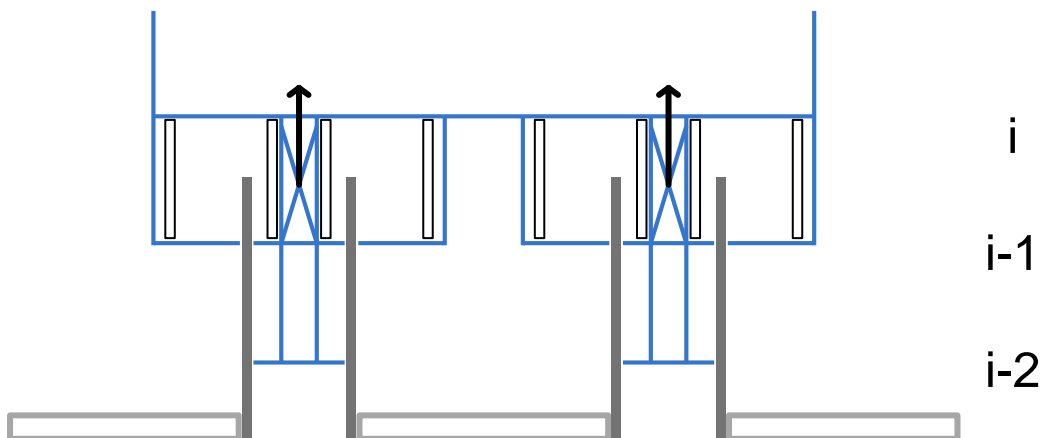
Die Selbstkletterplattform wird entweder als gesamte Plattform oder abschnittsweise mit starken Hydraulik-Hebegeräten auf die nächste Ebene gehoben.

Auch die Elementarprozessgruppe Heben beinhaltet nur einen Elementarprozess:

$$T_{EPG:Heb,MP:i}^{Theo,W,SCP} = \{T_{Heb,i-1}^{Theo,W,SCP}\}$$

$T_{EPG:Heb,MP:i}^{Theo,W,SCP}$  = Theoretische Elementarprozessgruppendauer für das Anheben (*Heb*) im Modulprozess „Wand auf Ebene *i*“ bei Selbstkletterplattform (*SCP*) [min]

$T_{Heb,i-1}^{Theo,W,SCP}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das Anheben (*Heb*) bei Selbstkletterplattform (*SCP*) bei Wänden (*W*) mit Startpunkt auf Ebene *i-1* [min]



**Bild 69: Elementarprozessgruppe Heben bei Selbstkletterplattform im Modulprozess i**

In Bild 69 wurde dargestellt, wie die Selbstkletterplattform in einem Hub auf die nächste Ebene angehoben wird.

Die Elementarprozessdauer für das Anheben wird folgendermassen bestimmt:

$$T_{Heb,i-1}^{Theo,W,SCP} = t_{Vor,i-1}^{Theo,W,SCP} + \frac{h_{Hub}^{W,SCP}}{v_{Heb}^{Theo,W,SCP}} + t_{Nach,i}^{Theo,W,SCP}$$

$T_{Heb,i-1}^{Theo,W,SCP}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das [min]

Anheben (*Heb*) bei Selbstkletterplattform (*SCP*)  
 bei Wänden (*W*) mit Startpunkt auf Ebene *i-1*

$t_{Vor,i-1}^{Theo,W,SCP}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für das Vorbereiten (*Vor*) [min]  
 bei Selbstkletterplattform (*SCP*) auf Ebene *i-1*

$h_{Hub}^{W,SCP}$  = Hubhöhe für das Anheben (*Heb*) bei Selbstkletter- [m]  
 plattform (*SCP*) (= meist Geschosshöhe plus Deckenstärke)

$v_{Heb}^{Theo,W,SCP}$  = Theoretische Hebegeschwindigkeit für das [m / min]  
 Anheben (*Heb*) bei Selbstkletterplattform (*SCP*)

$t_{Nach,i}^{Theo,W,SCP}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für das Nachbereiten (*Nach*) [min]  
 bei Selbstkletterplattformen (*SCP*) auf Ebene *i*

In der Tätigkeit Vorbereiten werden alle Kontrollaktivitäten zusammengefasst, die vor dem Anheben notwendig sind, zum Beispiel:

- Kontrolle ob alle Schalungsanker entfernt sind
- Kontrolle ob alle Wanddeckel geschlossen sind
- Kontrolle ob genügend Hydrauliköl im Aggregat ist

Die Tätigkeit Nachbereiten umfasst sämtliche notwendigen Sicherungsmassnahmen nach dem Anheben.

Im Modulprozess „Wand auf Ebene *i*“ kann nun für die Selbstkletterplattform die Elementarprozessgruppe Heben bestimmt werden:

$$T_{EPG:Heb,MP:i}^{Theo,W,SCP} = \left\{ T_{Heb,i-1}^{Theo,W,SCP} \right\} \text{ mit}$$

$$T_{Heb,i-1}^{Theo,W,SCP} = t_{Vor,i-1}^{Theo,W,SCP} + \frac{h_{Hub}^{W,SCP}}{v_{Heb}^{Theo,W,SCP}} + t_{Nach,i}^{Theo,W,SCP}$$

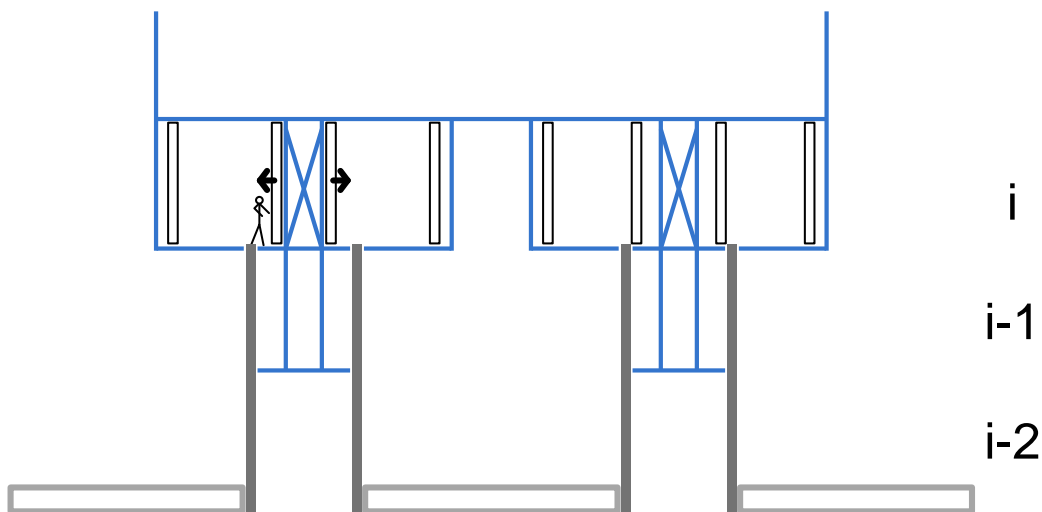
### 5.5.3 Elementarprozessgruppe Einschalen – Innen

Nach dem Anheben auf die Ebene  $i$  werden zuerst die inneren Schalungsgruppen montiert:

$$T_{EPG:Ein-I,MP:i}^{Theo,W,SCP} = \left\{ T_{Ein-I,i}^{Theo,W,SCP} \right\}$$

$T_{EPG:Ein-I,MP:i}^{Theo,W,SCP}$  = Theoretische Elementarprozessgruppendauer für das [min]  
Einschalen – Innen ( $Ein-I$ ) im Modulprozess „Wand auf Ebene  $i$ “  
bei Selbstkletterplattform ( $SCP$ )

$T_{Ein-I,i}^{Theo,W,SCP}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das [min]  
Einschalen – Innen ( $Ein-I$ ) bei Selbstkletterplattform ( $SCP$ )  
bei Wänden ( $W$ ) mit Startpunkt auf Ebene  $i-1$



**Bild 70: Elementarprozessgruppe Einschalen – Innen bei Selbstkletterplattform im Modulprozess  $i$**

In Bild 70 werden im linken Teil gerade die inneren Schalungsgruppen eingeschalt, d.h. verschoben, ausgerichtet und befestigt, im rechten Teil ist der Elementarprozess bereits abgeschlossen.



Die Elementarprozessdauer wird als Summe über den Laufindex der inneren Schalungsgruppen bestimmt:

$$T_{Ein-I,i}^{Theo,W,SCP} = \sum_{j(SG-I)} a_{Ein,SG-I}^{Theo,W,SCP}$$

$T_{Ein-I,i}^{Theo,W,SCP}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das [min]  
 Einschalen – Innen (*Ein-I*) bei Selbstkletterplattform (*SCP*)  
 bei Wänden (*W*) auf Ebene *i*

$a_{Ein,SG-I}^{Theo,W,SCP}$  = Theoretischer Aufwandswert für das [min]  
 Einschalen – Innen (*Ein-I*) einer inneren Schalungsgruppe (*SG-I*)  
 bei Selbstkletterplattform (*SCP*) bei Wänden (*W*)

$j(SG-I)$  = Laufindex *j* für die inneren Schalungsgruppen (*SG-I*) [-]

Für den Modulprozess „Wand auf Ebene *i*“ berechnet sich die Elementarprozessgruppe Einschalen – Innen bei der Selbstkletterplattform wie folgt:

$$T_{EPG:Ein-I,MP:i}^{Theo,W,SCP} = \{T_{Ein-I,i}^{Theo,W,SCP}\} \text{ mit}$$

$$T_{Ein-I,i}^{Theo,W,SCP} = \sum_{j(SG-I)} a_{Ein,SG-I}^{Theo,W,SCP}$$

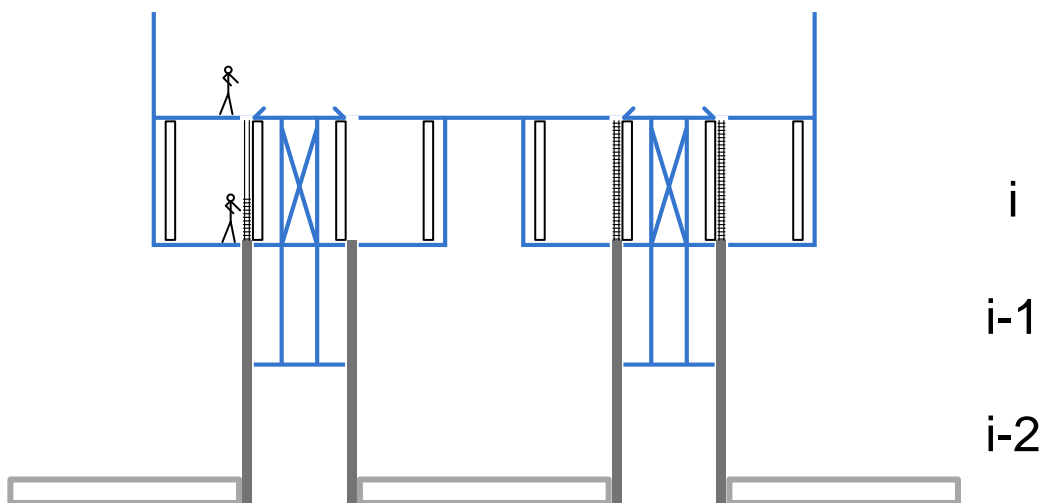
### 5.5.4 Elementarprozessgruppe Bewehren

Auch die Elementarprozessgruppe Bewehren besitzt bei der Selbstkletterplattform nur einen Elementarprozess:

$$T_{EPG:Bew,MP:i}^{Theo,W,SCP} = \{T_{Bew,i}^{Theo,W,SCP}\}$$

$T_{EPG:Bew,MP:i}^{Theo,W,SCP}$  = Theoretische Elementarprozessgruppendauer für das Bewehren ( $Bew$ ) im Modulprozess „Wand auf Ebene  $i$ “ bei Selbstkletterplattform ( $SCP$ ) [min]

$T_{Bew,i}^{Theo,W,SCP}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das Bewehren ( $Bew$ ) bei Selbstkletterplattform ( $SCP$ ) bei Wänden ( $W$ ) auf Ebene  $i$  [min]



**Bild 71: Elementarprozessgruppe Bewehren bei Selbstkletterplattform im Modulprozess i**

In Bild 71 kann durch die Darstellung der Strichfiguren nachvollzogen werden, dass die Arbeitskräfte beim Bewehren sowohl auf der Ebene  $i$  wie auch auf der Ebene  $i+1$  tätig sind. Auf der Ebene  $i+1$  wird das Material gelagert, ausserdem ist das Einbringen des Materials von oben deutlich einfacher. Für das Bewehren und auch für das Betonieren kann die Selbstkletterplattform oberhalb der vorgesehenen Wände aufgeklappt werden. Durch diese Öffnungen werden dann die Bewehrung und später auch der Beton eingebracht.

Auf der Ebene  $i$  wird die Bewehrung ausgerichtet und befestigt. Auf Grund der beengten Verhältnisse ist der Aufwandswert für das Bewehren bei Selbstkletter-

plattformen höher als der Aufwandswert für das Bewehren bei konventionellen Wandschalungssystemen.

Die Elementarprozessdauer Bewehren wird auf folgende Weise ermittelt:

$$T_{Bew,i}^{Theo,W,SCP} = a_{Bew}^{Theo,W,SCP} \cdot m_{Bew,i}^W$$

$T_{Bew,i}^{Theo,W,SCP}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das Bewehren ( $Bew$ ) beim Einsatz einer Selbstkletterplattform ( $SCP$ ) bei Wänden ( $W$ ) auf Ebene  $i$  [min]

$a_{Bew}^{Theo,W,SCP}$  = Theoretischer Aufwandswert für das Bewehren ( $Bew$ ) der Wände ( $W$ ) bei Selbstkletterplattform ( $SCP$ ) [min / kg]

$m_{Bew,i}^W$  = Masse der in den Wänden ( $W$ ) auf Ebene  $i$  einzubauenden Bewehrung [kg]

Es ergibt sich somit für die Elementarprozessgruppe Bewehren bei einer Selbstkletterplattform im Modulprozess „Wand auf Ebene i“ folgende theoretische Dauer:

$$T_{EPG:Bew,MP:i}^{Theo,W,SCP} = \{T_{Bew,i}^{Theo,W,SCP}\} \text{ mit}$$

$$T_{Bew,i}^{Theo,W,SCP} = a_{Bew}^{Theo,W,SCP} \cdot m_{Bew,i}^W$$

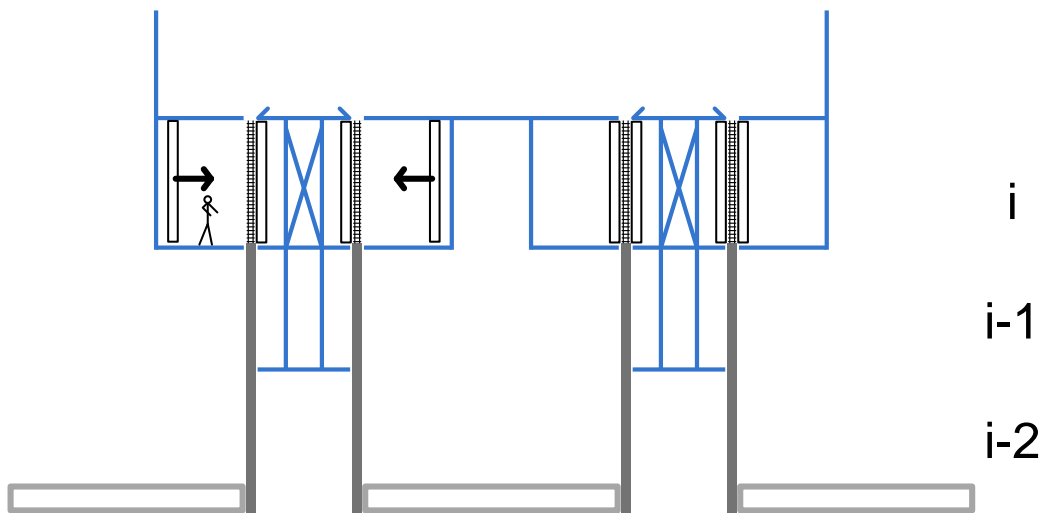
### 5.5.5 Elementarprozessgruppe Einschalen – Aussen

Sobald ausreichend grosse Teilbereiche bewehrt sind, kann begonnen werden, die äusseren Schalungsgruppen einzuschalen:

$$T_{EPG:Ein-A,MP:i}^{Theo,W,SCP} = \left\{ T_{Ein-A,i}^{Theo,W,SCP} \right\}$$

$T_{EPG:Ein-A,MP:i}^{Theo,W,SCP}$  = Theoretische Elementarprozessgruppendauer für das [min]  
Einschalen – Aussen (*Ein-A*) im Modulprozess „Wand auf Ebene *i*“  
bei Selbstkletterplattform (*SCP*)

$T_{Ein-A,i}^{Theo,W,SCP}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das [min]  
Einschalen – Aussen (*Ein-A*) bei Selbstkletterplattform (*SCP*)  
bei Wänden (*W*) mit Startpunkt auf Ebene *i-1*



**Bild 72: Elementarprozessgruppe Einschalen – Aussen bei Selbstkletterplattform im Modulprozess *i***

Beim Einschalen – Aussen werden die Schalungsgruppen verschoben, ausgerichtet und befestigt (siehe auch Strichfigur im Bild 72):

$$T_{Ein-A,i}^{Theo,W,SCP} = \sum_{j(SG-A)} a_{Ein,SG-A}^{Theo,W,SCP}$$

$T_{Ein-A,i}^{Theo,W,SCP}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das [min]  
Einschalen – Aussen (*Ein-A*) bei Selbstkletterplattform (*SCP*)  
bei Wänden (*W*) auf Ebene *i*

$a_{Ein,SG-A}^{Theo,W,SCP}$  = Theoretischer Aufwandswert für das [min]  
 Einschalen – Aussen (*Ein-A*) einer inneren Schalungsgruppe (*SG-I*)  
 bei Selbstkletterplattform (*SCP*) bei Wänden (*W*)

$j(SG-A)$  = Laufindex  $j$  für die äusseren Schalungsgruppen (*SG-A*) [-]

Für den Modulprozess „Wand auf Ebene i“ berechnet sich die Elementarprozess-  
 gruppe Einschalen – Aussen bei der Selbstkletterplattform wie folgt:

$$T_{EPG:Ein-A,MP:i}^{Theo,W,SCP} = \{T_{Ein-A,i}^{Theo,W,SCP}\} \text{ mit}$$

$$T_{Ein-A,i}^{Theo,W,SCP} = \sum_{j(SG-A)} a_{Ein,SG-A}^{Theo,W,SCP}$$

### 5.5.6 Elementarprozess Betonieren

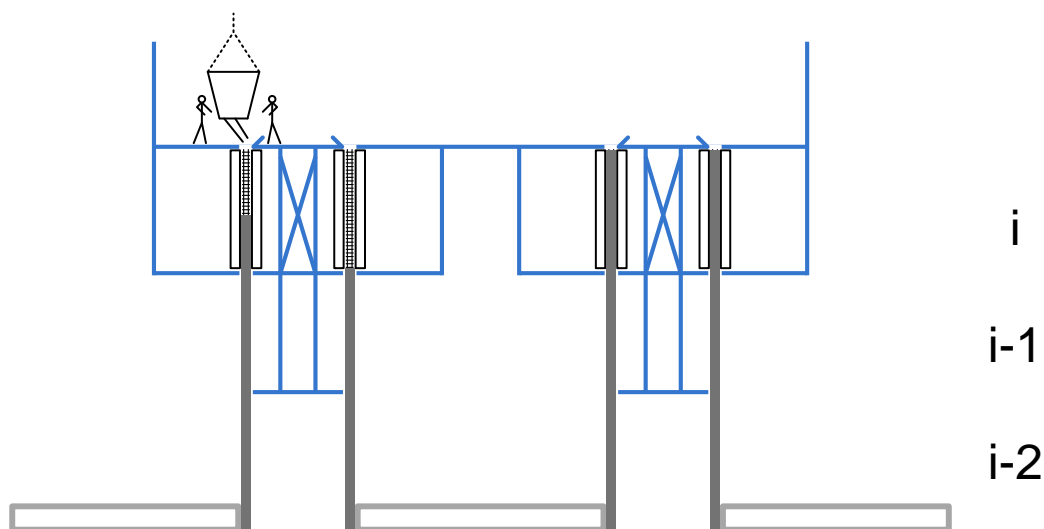
Zum Abschluss des Modulprozesses „Wand auf Ebene i“ fehlt nun noch die Elementarprozessgruppe Betonieren, die ebenfalls nur aus einer Elementarprozess besteht:

$$T_{EPG:Bet,MP:i}^{Theo,W,SCP} = \{ T_{Bet,i}^{Theo,W} \}$$

$T_{EPG:Bet,MP:i}^{Theo,W,SCP}$  = Theoretische Elementarprozessgruppendauer für das Betonieren (*Bet*) im Modulprozess „Wand auf Ebene i“ bei einer Selbstkletterplattform (*SCP*) [min]

$T_{Bet,i}^{Theo,W}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das Betonieren (*Bet*) von Wänden (*W*) auf Ebene *i* [min]

Auf der Selbstkletterplattform erfolgt das Betonieren auf eine sichere Art und Weise, da die Arbeitskräfte den Beton direkt auf der Plattform stehend einfüllen und verdichten können (siehe Bild 73).



**Bild 73: Elementarprozessgruppe Betonieren bei Selbstkletterplattform im Modulprozess i**

Der Elementarprozessdauer für das Betonieren ist unabhängig von der Schalungssystemauswahl und entspricht daher der Elementarprozessdauer der konventionellen Wandschalungssysteme (Schacht-/Rahmenschalung):

$$T_{Bet,i}^{Theo,W} = a_{Bet}^{Theo,W} \cdot V_{Bet,i}^W$$

$T_{Bet,i}^{Theo,W}$  = Theoretische Elementarprozessdauer für das Betonieren (*Bet*) von Wänden (*W*) auf Ebene *i* [min]

$a_{Bet}^{Theo,W}$  = Theoretischer Aufwandswert für das Betonieren (*Bet*) der Wände (*W*) [min / m<sup>3</sup>]

$V_{Bet,i}^W$  = Volumen für das Betonieren (*Bet*) der Wände (*W*) auf Ebene *i* [m<sup>3</sup>]

Zusammenfassung der Elementarprozessgruppe Betonieren im Modulprozess *i* bei Selbstkletterplattform:

$$T_{EPC:Bet,MP:i}^{Theo,W,SCP} = \{ T_{Bet,i}^{Theo,W} \} \text{ mit}$$

$$T_{Bet,i}^{Theo,W} = a_{Bet}^{Theo,W} \cdot V_{Bet,i}^W$$

### 5.5.7 Zusammenfassung aller Elementarprozesse bei Selbstkletterplattform

Ausschalen:

$$T_{EPG:Aus,MP:i}^{Theo,W,SCP} = \left\{ T_{Aus,i-1}^{Theo,W,SCP} \right\} \text{ mit}$$

$$T_{Aus,i-1}^{Theo,W,SCP} = \sum_{j(SG)} a_{Aus,SG}^{Theo,W,SCP}$$

Heben:

$$T_{EPG:Heb,MP:i}^{Theo,W,SCP} = \left\{ T_{Heb,i-1}^{Theo,W,SCP} \right\} \text{ mit}$$

$$T_{Heb,i-1}^{Theo,W,SCP} = t_{Vor,i-1}^{Theo,W,SCP} + \frac{h_{Hub}^{W,SCP}}{V_{Heb}^{Theo,W,SCP}} + t_{Nach,i}^{Theo,W,SCP}$$

Einschalen – Innen:

$$T_{EPG:Ein-I,MP:i}^{Theo,W,SCP} = \left\{ T_{Ein-I,i}^{Theo,W,SCP} \right\} \text{ mit}$$

$$T_{Ein-I,i}^{Theo,W,SCP} = \sum_{j(SG-I)} a_{Ein,SG-I}^{Theo,W,SCP}$$

Bewehren:

$$T_{EPG:Bew,MP:i}^{Theo,W,SCP} = \left\{ T_{Bew,i}^{Theo,W,SCP} \right\} \text{ mit}$$

$$T_{Bew,i}^{Theo,W,SCP} = a_{Bew}^{Theo,W,SCP} \cdot m_{Bew,i}^W$$

Einschalen – Aussen:

$$T_{EPG:Ein-A,MP:i}^{Theo,W,SCP} = \left\{ T_{Ein-A,i}^{Theo,W,SCP} \right\} \text{ mit}$$

$$T_{Ein-A,i}^{Theo,W,SCP} = \sum_{j(SG-A)} a_{Ein,SG-A}^{Theo,W,SCP}$$

Betonieren:

$$T_{EPG:Bet,MP:i}^{Theo,W,SCP} = \left\{ T_{Bet,i}^{Theo,W} \right\} \text{ mit}$$

$$T_{Bet,i}^{Theo,W} = a_{Bet}^{Theo,W} \cdot V_{Bet,i}^W$$



In Bild 74 wurden alle Elementarprozesse und die Zuordnung zu den Elementarprozessgruppen beim Einsatz einer Selbstkletterplattform dargestellt.

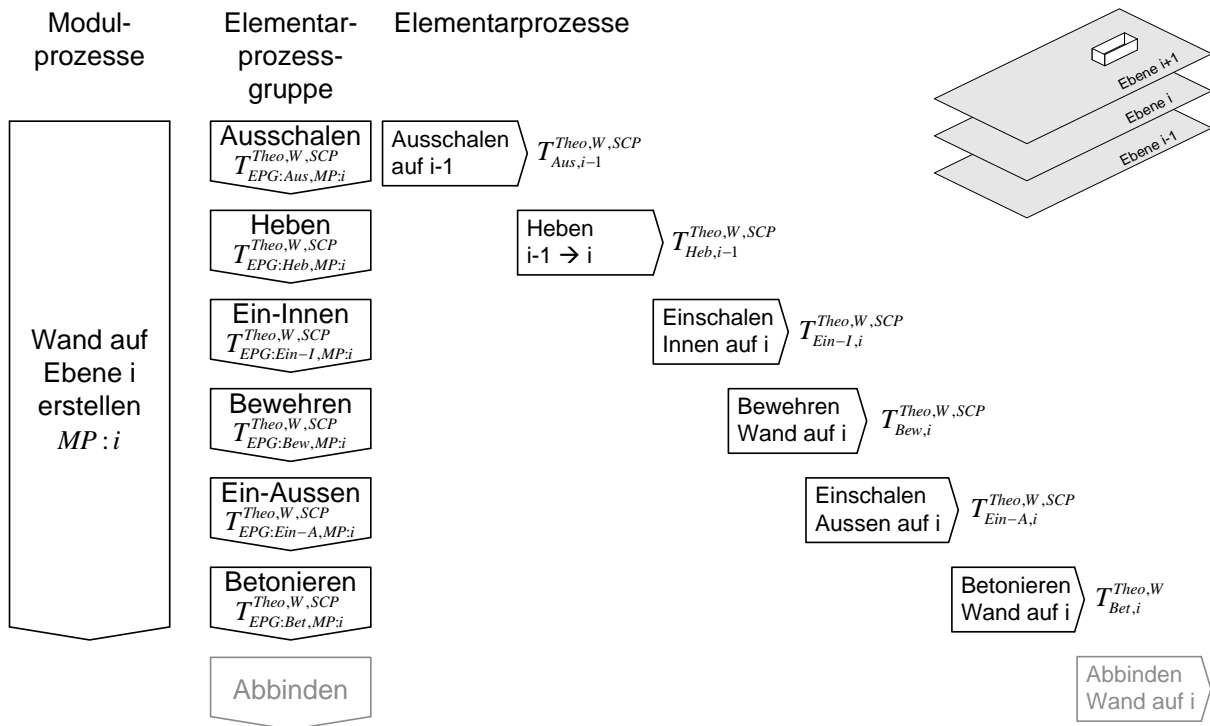


Bild 74: Prozesskette Selbstkletterplattform (SCP)

## 6 Fazit und Ausblick

Im vorliegenden Forschungsbericht Teil 8 (Weg-Zeit-Analysemodell) wurden die Grundlagen geschaffen, um die mit dem Schalungsprozess in Verbindung stehenden Wegstrecken und Tätigkeiten zeitlich abzubilden.

Im darauf aufbauenden Forschungsbericht Teil 9 werden die nächsten Arbeitsschritte dargestellt:

- Arbeitszeit-Verbrauchs-Analyse (Teilmodell 3)
- Logistik-Interaktionen-Analyse (Teilmodell 4)
- Ermittlung der schalungsrelevanten Kosten (Teilmodell 5)
- Projektspezifische komparative Kostenanalyse (Teilmodell 6)

Damit ist es dann schlussendlich möglich, das optimale Schalungssystem auszuwählen.

## 7 Verzeichnisse

### 7.1 Abbildungsverzeichnis

Bild 1: Schalungs-Auswahl-Prozess-Modell mit Teilmodellen .....	834
Bild 2: Prozesshierarchie in der Bauproduktion (vgl. Girmscheid [11]) .....	835
Bild 3: Modifizierte Prozesshierarchie in der Bauproduktion (Beispiel Systemträgerschalungen).....	836
Bild 4: Leistungsberechnung von Bauprozessen (nach Girmscheid [12]) .....	838
Bild 5: Bauverfahrenseignung – Selektionsprozess nach Girmscheid [11].....	846
Bild 6: Beispiel für Systemträgerschalung [1].....	850
Bild 7: Herstellungsprozess Decke mit Systemträgerschalung.....	851
Bild 8: Elementarprozessgruppe Ausschalen im Modulprozess i bei Systemträgerschalungen (Decke) .....	853
Bild 9: Elementarprozessgruppen Ausschal-Umsetzen (Modulprozess i) und Einschal-Umsetzen (Modulprozess i+i) bei Systemträgerschalungen (Decke) .....	859
Bild 10: Möglicher Umsetzungsweg eines Systemträgerschalungsgebindes $G_{i,i+1,j}$ (Regelfall) .....	861
Bild 11: Flächenaufteilung .....	863
Bild 12: Zeit-Weg-Diagramm für den Elementarprozess Ausschal-Umsetzen (Regel-Ausschalen) auf Ebene i .....	870
Bild 13: Mögliche Typen für Gebinde [2] .....	871
Bild 14: Sortenreine Beladung [13].....	871
Bild 15: Gemischte Beladung [9] .....	872
Bild 16: Verteilung der Gebinde auf einem Geschoss [9] .....	872
Bild 17: Mögliche Gebindeverteilung für einen Gebindeeinzugsbereich von $50 \text{ m}^2$ (links) bzw. $25 \text{ m}^2$ (rechts) .....	874
Bild 18: Theoretische Kranspielzeit beim Einschal-Umsetzen bei Systemträgerschalungen .....	882
Bild 19: Zeit-Weg-Diagramm für den Elementarprozess Einschal-Umsetzen (Regel-Einschalen) von Ebene i zu Ebene i+1 für Systemträgerschalungen .....	883
Bild 20: Umsetzungsvorgang mit dem Kran (Einschal-Umsetzen mit Systemträgerschalung Decke) .....	884
Bild 21: Höhenbestimmung für die Tätigkeitsdauern Heben und Senken .....	885
Bild 22: Umsetzungsvorgänge von Gebinden mit Systemträgerschalungen von Ebene i auf Ebene i+1 .	892
Bild 23: Umsetzungsvorgänge von Gebinden mit Hilfsstützen von Systemträgerschalungen – Umsetzen von Ebene i-3 auf Ebene i+1 .....	893
Bild 24: Elementarprozessgruppe Einschalen bei Systemträgerschalungen (Decke) im Modulprozess „Decke über Ebene i+1“ .....	895
Bild 25: Elementarprozessgruppe Bewehren bei Systemträgerschalungen (Decke) im Modulprozess "Decke über Ebene i+1" .....	898
Bild 26: Elementarprozessgruppe Betonieren bei Systemträgerschalungen (Decke) im Modulprozess "Decke über Ebene i+1" .....	901
Bild 27: Prozesskette eines Arbeitstaktes bei Systemträgerschalungen (Decke).....	906
Bild 28: Deckentisch mit Längsträgern aus Stahl [10].....	907
Bild 29: Herstellungsprozess Decke mit Deckentischen .....	908
Bild 30: Elementarprozessgruppe Ausschalen bei Deckentischen im Modulprozess "Decke über Ebene i" .....	910
Bild 31: Elementarprozessgruppe Ausschal-Umsetzen bei Deckentischen im Modulprozess "Decke über Ebene i" .....	913
Bild 32: Beispiel für einen Umsetzwagen [8].....	914
Bild 33: Beispiel für einen Aufstellplan für Deckentische .....	916
Bild 34: Deckentisch-Umsetzungsvorgänge von Ebene i auf Ebene i+1 .....	917

Bild 35: Zuordnung der Deckentische .....	919
Bild 36: Beispiel für einen Umsetzvorgang (Hin- und Rückweg) .....	923
Bild 37: Zeit-Weg-Diagramm des Ausschal-Umsetzens bei Deckentischen auf Ebene i .....	927
Bild 38: Elementarprozessgruppe Einschal-Umsetzen im Modulprozess i bei Deckentischen .....	930
Bild 39: Einschal-Umsetzen mit dem Kran bei Deckentischen im Modulprozess i+1 .....	933
Bild 40: Zeit-Weg-Diagramm für den Elementarprozess Einschal-Umsetzen (mit dem Kran) von Ebene i zu Ebene i+1 bei Deckentischen .....	937
Bild 41: Zeit-Weg-Diagramm für die Interaktionen zwischen Einschal-Umsetzen und Einschalen bei Deckentischen .....	940
Bild 42: Elementarprozessgruppe Bewehren bei Deckentischen im Modulprozess "Decke über Ebene i+1" .....	942
Bild 43: Elementarprozessgruppe Betonieren bei Deckentischen im Modulprozess "Decke über Ebene i+1" .....	944
Bild 44: Prozesskette eines Arbeitstaktes bei Deckentischen.....	947
Bild 45: Tischhubsystem (TLS) [6] .....	948
Bild 46: Deckentisch-Umsetzvorgänge von Ebene i auf Ebene i+1 mit Tischhubsystem (TLS).....	951
Bild 47: Umsetzen mit Tischhubsystem - Umsetzwagen fährt mit [7] .....	953
Bild 48: Beispiel für einen Umsetzvorgang mit TLS .....	954
Bild 49: Zeit-Weg-Diagramm Deckentisch-Umsetzen (mit TLS) für Variante 1 (ein Umsetzwagen) ..	970
Bild 50: Zeit-Weg-Diagramm Deckentisch-Umsetzen (mit TLS) für Variante 2 (zwei Umsetzwagen)	971
Bild 51: Prozesskette bei Deckentischen mit Tischhubsystem (TLS) .....	979
Bild 52: Umsetzvorgang einer Schachtschalung mit dem Kran [3] .....	981
Bild 53: Montierte Rahmenschalung [4] .....	981
Bild 54: Herstellungsprozess Wand mit Schacht- und Rahmenschalung .....	982
Bild 55: Elementarprozessgruppe Schalen von Schachtschalungen im Modulprozess "Wand auf Ebene i" .....	985
Bild 56: Zeit-Weg-Diagramm für die Elementarprozesse der Elementarprozessgruppe Schalen der Schachtschalung im Modulprozess „Wand auf Ebene i“ .....	988
Bild 57: Elementarprozessgruppe Bewehren von Schachtschalungen/Rahmenschalungen im Modulprozess "Wand auf Ebene i" .....	989
Bild 58: Elementarprozessgruppe Einschalen von Rahmenschalungen im Modulprozess "Wand auf Ebene i" .....	991
Bild 59: Einschal-Umsetzen mit dem Kran bei Rahmenschalungen im Modulprozess i.....	995
Bild 60: Zeit-Weg-Diagramm für den Elementarprozess Einschal-Umsetzen (mit dem Kran) von Ebene 0 zu Ebene i bei Rahmenschalungen .....	996
Bild 61: Elementarprozessgruppe Betonieren beim Einsatz von Schachtschalungen/Rahmenschalungen im Modulprozess "Wand auf Ebene i" .....	999
Bild 62: Elementarprozessgruppe Ausschalen der Rahmenschalungen im Modulprozess "Wand auf Ebene i" .....	1001
Bild 63: Prozesskette bei Schachtschalung und Rahmenschalung im Modulprozess i .....	1005
Bild 64: Selbstkletterplattform (SCP) bei vorauseilender Bauweise [5] .....	1006
Bild 65: Herstellungsprozess Wand mit Selbstkletterplattform.....	1007
Bild 66: Schnitt des Gebäudekerns mit Arbeitsräumen (Quelle: [14]).....	1008
Bild 67: Grundriss des Gebäudekerns mit Arbeitsräumen (Quelle: [14]) .....	1009
Bild 68: Elementarprozessgruppe Ausschalen bei Selbstkletterplattform im Modulprozess i .....	1010
Bild 69: Elementarprozessgruppe Heben bei Selbstkletterplattform im Modulprozess i .....	1011
Bild 70: Elementarprozessgruppe Einschalen – Innen bei Selbstkletterplattform im Modulprozess i .....	1013
Bild 71: Elementarprozessgruppe Bewehren bei Selbstkletterplattform im Modulprozess i .....	1015
Bild 72: Elementarprozessgruppe Einschalen – Aussen bei Selbstkletterplattform im Modulprozess i .....	1017

Bild 73: Elementarprozessgruppe Betonieren bei Selbstkletterplattform im Modulprozess i..... 1019  
Bild 74: Prozesskette Selbstkletterplattform (SCP) ..... 1022

## 7.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Fallunterscheidung für die Berechnung von  $s_{Min}$  ..... 869  
Tabelle 2: Fallunterscheidung für die Berechnung von  $s_{Max}$  ..... 869  
Tabelle 3: Aufteilung der Tischtypen ..... 918

### 7.3 Literaturverzeichnis

- [1] *Doka*: Anwenderinformation Dokaflex 1-2-4, Doka Industrie GmbH, Amstetten, 2008.
- [2] *Doka*: Artikelliste, Vol. 2007, Doka GmbH, Amstetten, 2007.
- [3] *Doka*: Doka-Rahmenschalung, in: Rahmenschalung.ppt (Hrsg.), Doka GmbH, Amstetten, 2008.
- [4] *Doka*: Doka Framax Xlife, Vol. 2008, Doka GmbH, Amstetten, 2008.
- [5] *Doka*: Doka SCP - vorausseilende Bauweise, Vol. 2010, Doka GmbH, Amstetten, 2010.
- [6] *Doka*: Doka Tischhubsystem (Aussen), Vol. 2008, Doka GmbH, Amstetten, 2008.
- [7] *Doka*: Doka Tischhubsystem (Tor), Vol. 2008, Doka GmbH, Amstetten, 2008.
- [8] *Doka*: Doka Umsetzwagen, Vol. 2008, Doka GmbH, Amstetten, 2008.
- [9] *Doka*: Mobile Stapelpaletten, Vol. 2007, Doka GmbH, Amstetten, 2007.
- [10] *Doka*: Umsetzgeräte für Tische, Vol. 2010, Doka GmbH, Amstetten, 2010.
- [11] *G. Girmscheid*: Bauproduktionsprozesse des Tief- und Hochbaus, Eigenverlag des IBB an der ETH Zürich, Zürich, 2007.
- [12] *G. Girmscheid*: Leistungsermittlungshandbuch für Baumaschinen und Bauprozesse, 3., überarb. Auflage, Springer; Vdf, Hochsch.-Verl. an der ETH, Berlin; Heidelberg; Zürich, 2005.
- [13] *Hünnebeck*: Variomax - Deckenschalung mit H20-Trägern Aufbau- und Verwendungsanleitung, Hünnebeck GmbH, Ratingen, 2007.
- [14] *L. Martin, B. Schaiter, G. Girmscheid*: Leistungspotentiale automatisierter Schalungsplattformen - Systembetrachtung, Eigenverlag des IBB an der ETH Zürich, Zürich, 2003.





# **Prozessbasierte Entscheidungsmodelle für die Auswahl projektspezifischer Schalungssysteme**

**Forschungsbericht Teil 9**

**Quantitatives, projektspezifisches Entscheidungsmodell zur Schalungssystemauswahl mit Arbeitszeit-Verbrauchs- sowie Logistik-Interaktionen-Analyse**

**Erstellt von: Dipl.-Ing. Max Kersting**

**Prof. Dr.-Ing. Gerhard Girmscheid**

**Zürich, Juli 2010**





## 0 Inhaltsverzeichnis

<b>0</b>	<b><i>Inhaltsverzeichnis</i></b> .....	<b>1031</b>
<b>1</b>	<b><i>Einleitung</i></b> .....	<b>1033</b>
<b>2</b>	<b><i>Zusammenfassung</i></b> .....	<b>1034</b>
<b>3</b>	<b><i>Arbeitszeitverbrauchsanalyse</i></b> .....	<b>1037</b>
3.1	<b>Ressourcenverfügbarkeit</b> .....	<b>1037</b>
3.2	<b>Zusammenhang Arbeitseffizienz und reale Elementarprozessdauer bzw. reale Tätigkeitsdauer</b> .....	<b>1039</b>
3.2.1	Proportionaler Zusammenhang .....	1041
3.2.2	Zunehmende Arbeitseffizienz .....	1042
3.2.3	Variable Arbeitseffizienz.....	1044
3.2.4	Konstante reale Elementarprozessdauer.....	1045
3.3	<b>Cyclone-Analyse bei interagierenden Prozessen</b> .....	<b>1047</b>
3.3.1	Vorbereitung der Cyclone-Analyse .....	1047
3.3.2	Auswertung der Cyclone-Analyse.....	1050
3.3.3	Wartezeitenkoeffizientenanalyse .....	1051
3.3.4	Wartezeitenkoeffizientenanalyse für Tischhubsysteme .....	1057
3.4	<b>Arbeitsgruppenbildung</b> .....	<b>1061</b>
3.4.1	Proportionale Arbeitsgruppenbildung.....	1061
3.4.2	Unproportionale Arbeitsgruppenbildung .....	1063
3.4.3	Anordnungsbeziehungen zwischen Elementarprozessen .....	1066
3.4.4	Arbeitsgruppenbildung bei der Cyclone-Analyse.....	1068
3.5	<b>Arbeitskräfteeinsatzplanung</b> .....	<b>1071</b>
3.5.1	Ermittlung des Zielarbeitsaktes.....	1071
<b>4</b>	<b><i>Logistik-Interaktionen-Analyse</i></b> .....	<b>1076</b>
4.1	<b>Bauablauf</b> .....	<b>1076</b>
4.1.1	Logistik bei Ausbau und Fassade .....	1076
4.1.2	Einfacher Hub .....	1079
4.1.3	Kombinierter Hub .....	1081
4.1.4	Kopplung Kranbelegung und Arbeitskräfteanzahl .....	1084
4.1.5	Gegenüberstellung Cyclone-Analyse und Auswertung kombinierter Hub .....	1090
4.1.6	Kopplung Rohbau mit Ausbau und Fassade .....	1091
<b>5</b>	<b><i>Lohnstundenverbrauch</i></b> .....	<b>1095</b>
5.1	<b>Lohnstundenverbrauch der Elementarprozesse</b> .....	<b>1095</b>
5.2	<b>Zusammenhang Arbeitseffizienz und Lohnstundenverbrauch</b> .....	<b>1097</b>
5.3	<b>Lohnstundenverbrauch der Elementarprozesse pro Etage</b> .....	<b>1099</b>
5.4	<b>Schalungsvorbereitung und -nachbereitung</b> .....	<b>1100</b>
5.5	<b>Relevanter Gesamtlohnstundenverbrauch</b> .....	<b>1104</b>

<b>5.6</b>	<b>Lohnkosten .....</b>	<b>1107</b>
5.6.1	Prozessorientierte Zuschlagskalkulationen .....	1107
5.6.2	Direkte Kosten Lohn.....	1112
<b>6</b>	<b><i>Inventarkosten.....</i></b>	<b>1114</b>
<b>7</b>	<b><i>Projektspezifische komparative Kostenanalyse verschiedener Bauverfahren .....</i></b>	<b>1117</b>
7.1	Ermittlung der relevanten Gesamtkosten .....	1117
7.2	Kostenvergleich verschiedener Bauverfahren .....	1120
7.3	Sensitivitätsanalyse .....	1120
<b>8</b>	<b><i>Fazit und Ausblick.....</i></b>	<b>1122</b>
<b>9</b>	<b><i>Verzeichnisse .....</i></b>	<b>1123</b>
9.1	Abbildungsverzeichnis.....	1123
9.2	Tabellenverzeichnis.....	1124
9.3	Literaturverzeichnis.....	1125

## 1 Einleitung

Bei der Schalungssystemauswahl gibt es zahlreiche Einflüsse, die es zu berücksichtigen gilt. Im Forschungsbericht Teil 8 wurde ermittelt, welche Einflüsse die geometrischen und strukturellen Randbedingungen besitzen.

Aber auch die Auswirkungen der Arbeitsgruppenvariation und die spezifischen Eigenschaften der Logistikeinrichtungen (Kran etc.) müssen bei einem prozess-orientierten Entscheidungsmodell berücksichtigt werden, damit ein belastbares Ergebnis erlangt werden kann. Denn die Arbeitsleistung von Arbeitsgruppen verhält sich nur in seltenen Fällen tatsächlich proportional zur Gruppengröße. Und auch die Kranauslastung muss untersucht werden, gerade bei Prozessen mit interagierenden Tätigkeiten.

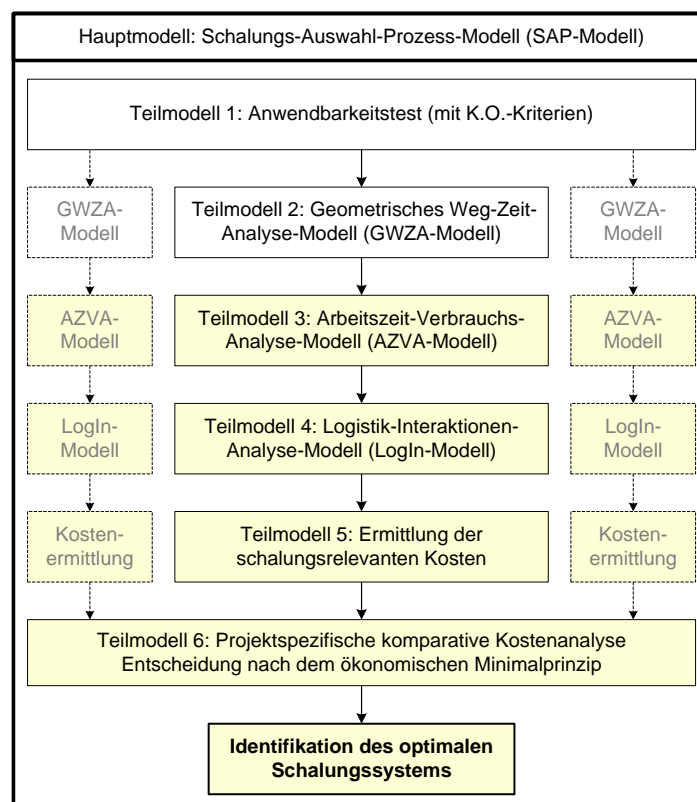
## 2 Zusammenfassung

Im vorangegangenen Bericht (Teil 8) wurde das schalungsspezifische prozessorientierte geometrische Weg-Zeit-Analyse-Modell (GWZA-Modell) vorgestellt. Ausgehend von den zur Verfügung stehenden Schalungssystemen wurde in einem ersten Schritt die projektspezifische Anwendbarkeit geprüft. Diejenigen Schalungssysteme, die diese erste Prüfung bestanden haben, wurden in einem zweiten Schritt mit dem geometrischen Weg-Zeit-Analyse-Modell untersucht. In der GWZ-Analyse wurden nach der Ermittlung der geometrischen Randbedingungen die Weg-Zeit-Beziehungen hergestellt. Durch diese Analyse erhält man die theoretischen Elementarprozessdauern für alle Tätigkeiten der jeweiligen Schalungssysteme.

Mit Hilfe der Ergebnisse aus dem Forschungsbericht Teil 8 können nun die weiteren Arbeitsschritte durchgeführt werden (Forschungsbericht Teil 9):

- Arbeitszeit-Verbrauchs-Analyse (Teilmodell 3)
- Logistik-Interaktionen-Analyse (Teilmodell 4)
- Ermittlung der schalungsrelevanten Kosten (Teilmodell 5)
- Projektspezifische komparative Kostenanalyse (Teilmodell 6)

In Bild 1 sind die Teilmodelle gelb hinterlegt, die im Forschungsbericht Teil 9 untersucht werden.



**Bild 1: Schalungs-Auswahl-Prozess-Modell mit Teilmodellen**

In diesem Forschungsbericht werden die Teilmodelle 3 bis 6 erläutert. In Bild 2 wurden daher die Arbeitsschritte dieser Teilmodelle detailliert dargestellt.

In der Arbeitszeit-Verbrauchs-Analyse (AZV-Analyse) werden die Ergebnisse der GWZ-Analyse mit der Ressourcenverfügbarkeit  $RV$  und der Arbeitseffizienz  $\omega_{AK}$  für die Cyclone-Analyse zusammengeführt und ausgewertet. Durch die Cyclone-Analyse ist es möglich, diejenigen Equipenkombinationen auszuschliessen, die bei interagierenden Prozessen nicht tolerierbare Wartezeiten verursachen.

Unter Berücksichtigung der schalungs- und projektspezifischen Vor- und Nachlaufzeiten kann dann zuerst die Arbeitsgruppenbildung und danach die Arbeitskräfteeinsatzplanung durchgeführt werden. Nach der Bestimmung der realen Elementarprozessdauern und der anschliessenden Überprüfung der Zielarbeitstauglichkeit kann unter Einbeziehung der Anordnungsbeziehungen zwischen den einzelnen Prozessen die Gesamtprojektdauer ermittelt werden.

In der Logistik-Interaktionen-Analyse (LogIn-Analyse) werden die Zusammenhänge und Zwänge zwischen den Rohbau-, Ausbau- und Fassadenbautätigkeiten untersucht. Dadurch erhält man die schalungsspezifische Kranauslastung.

Im Teilmodell 5 werden die schalungsrelevanten Lohn- und Gerätekosten bestimmt.

Für jedes Schalungssystem werden die Teilmodelle 1 bis 5 durchlaufen. Im Teilmodell 6 werden dann die schalungsspezifischen Ergebnisse miteinander verglichen. Auf Basis des ökonomischen Minimalprinzips kann dann schlussendlich das optimale Schalungssystem identifiziert werden.

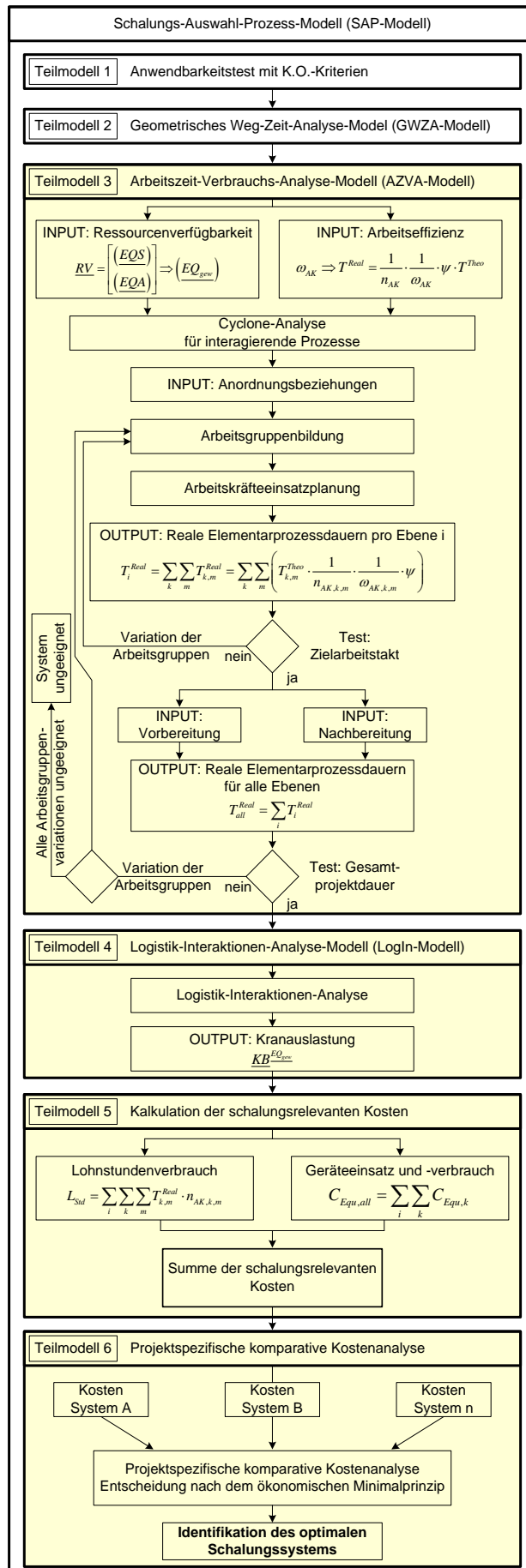


Bild 2: Detailliertes Schalungs-Auswahl-Prozess-Modell mit Teilmodellen

### 3 Arbeitszeitverbrauchsanalyse

#### 3.1 Ressourcenverfügbarkeit

Im Bauablauf wird für die einzelnen Prozesse die Arbeitskräfteanzahl variiert. Dieses Vorgehen hat das Ziel, die Arbeitskräfteanzahl insgesamt auf der Baustelle gleichmässig zu gestalten.

Um später eine Arbeitsgruppenplanung durchführen zu können, wird folgende Terminologie für die Möglichkeiten der Auswahl von Equipenstärke und Equipenanzahl festgelegt:

$$\begin{aligned} \frac{RV_{Tätigkeit}^{Wand/Decke, System}}{RV_{Tätigkeit}} &= \begin{bmatrix} (EQS) \\ (EQA) \end{bmatrix} \Rightarrow (EQ_{gew}) \\ &= \begin{bmatrix} (\text{min, opt, max}) \\ (\text{min, opt, max}) \end{bmatrix} \Rightarrow (\text{gewählt, gewählt, ...}) \end{aligned}$$

$RV_{Tätigkeit}^{Wand/Decke, System}$	= Ressourcenverfügbarkeit (RV) für eine Tätigkeit	[Stk.]
$EQS$	= Intervall der möglichen Equipenstärke (EQS)	[Stk.]
$EQA$	= Intervall der möglichen Equipenanzahl (EQA)	[Stk.]
$EQ_{gew}$	= gewählte Equipenkombination (EQ)	[Stk.]

Hierbei repräsentiert der linke obere Vektor das Intervall der möglichen Equipenstärke, der linke untere Vektor das Intervall der möglichen Equipenanzahl. Der rechte Vektor gibt an, wie gross die gewählte Equipenstärke in der jeweils gewählten Equipe ist.



Am besten ist dies an einem Beispiel darstellbar. Das Bewehren von Decken wird im optimalen Fall von vier Arbeitskräften durchgeführt. Weiterhin basieren die Aufwandswerte auf einer optimalen Equipenanzahl von eins.

Weniger als zwei Arbeitskräfte machen arbeitstechnisch keinen Sinn, die minimale Equipenstärke ist demnach zwei. Als maximale Equipenstärke kann man sechs Arbeitskräfte wählen:

$$\underline{RV}_{Bew}^D = \begin{bmatrix} (2,4,6) \\ (1,1,2) \end{bmatrix} \Rightarrow (5,4)$$

$\underline{RV}_{Bew}^D$  = Ressourcenverfügbarkeit für das Bewehren (*Bew*) [Stk.]  
 von Decken (*D*)

Diese Darstellung beschreibt folgenden Sachverhalt:

- Minimale Equipenstärke: 2
  - Optimale Equipenstärke: 4
  - Maximale Equipenstärke: 6
- } Linker oberer Vektor
- 
- Minimale Equipenanzahl: 1
  - Optimale Equipenanzahl: 1
  - Maximale Equipenanzahl: 2
- } Linker unterer Vektor
- 
- Gewählte Equipenanzahl: 2
    - Equipe 1 mit 5 Arbeitskräften
    - Equipe 2 mit 4 Arbeitskräften
- } Rechter Vektor

Die Summe der im rechten Vektor dargestellten Arbeitskräfte entspricht der Summe der insgesamt für diesen Elementarprozess verwendeten Arbeitskräfte. Im Beispiel beträgt die Summe neun Arbeitskräfte.

### 3.2 Zusammenhang Arbeitseffizienz und reale Elementarprozessdauer bzw. reale Tätigkeitsdauer

Im Forschungsbericht Teil 8 wurden die theoretischen Elementarprozessdauern bestimmt. Nun werden diese Dauern mit Personalaufwandsdaten hinterlegt. Dadurch ist es möglich, die realen Elementarprozessdauern zu ermitteln.

Dies erfolgt über den Abminderungsfaktor  $k_4$ , der bereits kurz in Kapitel 3.4 im Forschungsbericht Teil 8 erläutert wurde. In diesem Kapitel wurde der Zusammenhang zwischen theoretischer und realer Elementarprozessdauer vorgestellt:

$$T^{Real} = \frac{1}{k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot \eta_G} \cdot T^{Theo} = \left( \prod_{n=2}^4 k_n \cdot \eta_G \right)^{-1} \cdot T^{Theo}$$

$T^{Real}$	= Reale Elementarprozessdauer	[min]
$T^{Theo}$	= Theoretische Elementarprozessdauer	[min]
$k_2$	= Technischer Abminderungsfaktor	[-]
$k_3$	= Betriebsbeiwert	[-]
$k_4$	= Arbeitsgruppenfaktor	[-]
$\eta_G$	= Geräteausnutzungsgrad	[-]

Von besonderem Interesse sind nun die Arbeitsgruppengröße und die Arbeitseffizienz, da diese die beiden Einflussfaktoren für den Abminderungsfaktor  $k_4$  sind:

$$k_4 = n_{AK} \cdot \omega_{AK}$$

$k_4$	= Arbeitsgruppenfaktor	[-]
$n_{AK}$	= Arbeitsgruppengröße bzw. Arbeitskräfteanzahl (AK)	[-]
$\omega_{AK}$	= Arbeitseffizienz $\omega$ abhängig von der Arbeitskräfteanzahl (AK)	[%]

Da die anderen Abminderungsfaktoren in diesem Kapitel nicht untersucht werden, wird zur Fokussierung auf den Abminderungsfaktor  $k_4$  der Sammelabminderungsfaktor  $\psi$  eingeführt:

$$\psi = \left( \prod_{n=2}^3 k_n \cdot \eta_G \right)^{-1} = \frac{1}{k_2 \cdot k_3 \cdot \eta_G}$$

$\psi$  = Sammelabminderungsfaktor [–]

Die reale Elementarprozessdauer wird somit folgendermassen bestimmt:

$$T^{Real} = \frac{1}{k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot \eta_G} \cdot T^{Theo} = \psi \cdot \frac{1}{k_4} \cdot T^{Theo} = \psi \cdot \frac{1}{n_{AK}} \cdot \frac{1}{\omega_{AK}} \cdot T^{Theo}$$

$T^{Real}$  = Reale Elementarprozessdauer [min]

$T^{Theo}$  = Theoretische Elementarprozessdauer [min]

$k_2$  = Technischer Abminderungsfaktor [–]

$k_3$  = Betriebsbeiwert [–]

$k_4$  = Arbeitsgruppenfaktor [–]

$\eta_G$  = Geräteausnutzungsgrad [–]

$\psi$  = Sammelabminderungsfaktor [–]

$n_{AK}$  = Arbeitsgruppengrösse bzw. Arbeitskräfteanzahl (AK) [–]

$\omega_{AK}$  = Arbeitseffizienz  $\omega$  abhängig von der Arbeitskräfteanzahl (AK) [%]

Manche Elementarprozessdauern setzen sich aus Tätigkeiten zusammen, die unterschiedliche Eigenschaften bei der Variation der Arbeitsgruppengrösse zeigen. Für diese Fälle werden die Abminderungsfaktoren auf der Hierarchiestufe der Tätigkeitsdauern eingesetzt und dann je Tätigkeitsdauer angewendet.

$$t^{Real} = \psi \cdot \frac{1}{k_4} \cdot t^{Theo} = \psi \cdot \frac{1}{n_{AK}} \cdot \frac{1}{\omega_{AK}} \cdot t^{Theo}$$

$t^{Real}$  = Reale Tätigkeitsdauer [min]

$t^{Theo}$	= Theoretische Tätigkeitsdauer	[min]
$n_{AK}$	= Arbeitsgruppengrösse bzw. Arbeitskräfteanzahl (AK)	[-]
$\omega_{AK}$	= Arbeitseffizienz $\omega$ abhängig von der Arbeitskräfteanzahl (AK)	[%]
$\psi$	= Sammelabminderungsfaktor	[-]

### 3.2.1 Proportionaler Zusammenhang

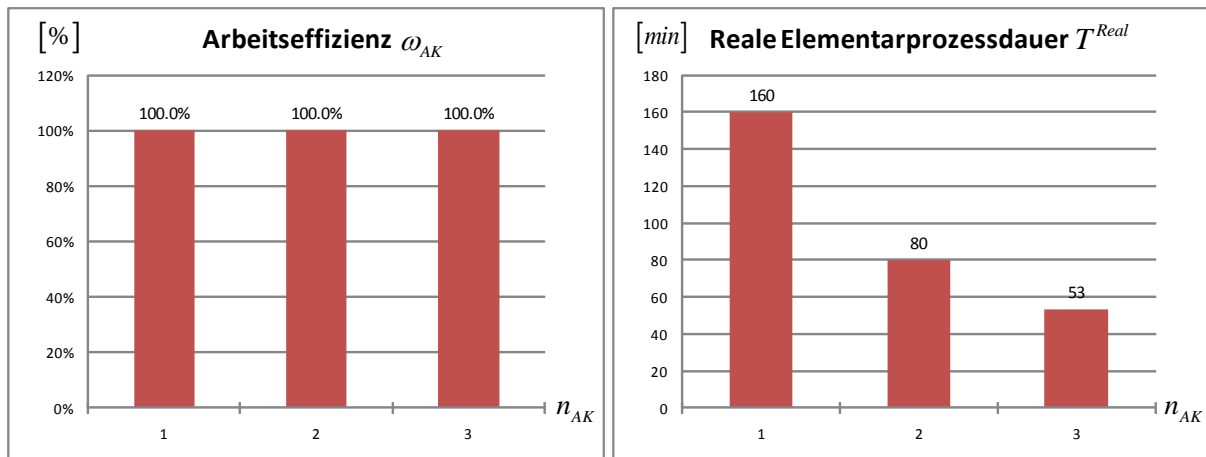
Im Regelfall herrscht ein proportionaler Zusammenhang zwischen der realen Elementarprozessdauer und dem Kehrwert der Arbeitskräfteanzahl:

$$T^{Real} = \frac{1}{n_{AK}} \cdot \frac{1}{\omega_{AK}} \cdot \psi \cdot T^{Theo} = \frac{1}{n_{AK}} \cdot \frac{1}{\omega_{AK}} \cdot \psi \cdot a^{Theo} \cdot ME = \frac{1}{n_{AK}} \cdot \frac{1}{\omega_{AK}} \cdot \psi \cdot a^{Theo} \cdot \begin{matrix} \left[ \begin{matrix} \text{Fläche} \\ \text{Volumen} \\ \text{Masse} \\ \text{Stückzahl} \end{matrix} \right] \end{matrix}$$

$T^{Real}$	= Reale Elementarprozessdauer	[min]
$T^{Theo}$	= Theoretische Elementarprozessdauer	[min]
$n_{AK}$	= Arbeitsgruppengrösse bzw. Arbeitskräfteanzahl (AK)	[-]
$\omega_{AK}$	= Arbeitseffizienz $\omega$ abhängig von der Arbeitskräfteanzahl (AK)	[%]
$\psi$	= Sammelabminderungsfaktor	[-]
$ME$	= Mengeneinheit (z.B. ME = m <sup>2</sup> , Anzahl Stützen, etc.)	[ME]

Dies bedeutet: Eine Verdopplung der Arbeitskräfte führt zu einer Halbierung der realen Elementarprozessdauer.

In Bild 3 wird dieser Zusammenhang deutlich. Eine Verdopplung der Arbeitskräfteanzahl von eins auf zwei führt zur Halbierung der realen Elementarprozessdauer von 160 Minuten auf 80 Minuten. Bei einer Verdreifachung der Arbeitskräfteanzahl von eins auf drei ergibt sich eine Drittelung der realen Elementarprozessdauer von 160 Minuten auf 53 Minuten.



**Bild 3: Proportionaler Zusammenhang zwischen Arbeitseffizienz und realer Elementarprozessdauer**

Neben dem proportionalen Zusammenhang gibt es verschiedene Fälle in denen sich die Arbeitseffizienz mit zunehmender Arbeitskräfteanzahl verändert.

### 3.2.2 Zunehmende Arbeitseffizienz

In einem ersten Beispiel wird die Tätigkeit Deckentisch Rest-Einschalen untersucht. Diese Tätigkeit ist ein Bestandteil bei der Berechnung der theoretischen Elementarprozessdauer für das Regel-Einschalen über der Ebene  $i+1$ :

$$T_{Ein,Re,i+1}^{Theo,D,DT} = \sum_{j(DT)} (t_{Trans B}^{Theo,D,DT} + t_{Ein,Rest}^{Theo,D,DT})$$

Die Tätigkeit Transfer B und die Tätigkeit Resteinschalen zeigen unterschiedliche Eigenschaften bei der Arbeitseffizienz. Die Arbeitseffizienz bei Transfer B hängt teilweise vom Kran ab, die Arbeitseffizienz des Resteinschalens nur von den Eigenschaften der Einschale-Equipe. Durch diesen Umstand müssen diese Tätigkeiten getrennt voneinander untersucht werden. Die reale Tätigkeit Resteinschalen wird folgendermassen ermittelt:

$$t_{Ein,Rest(n_{AK})}^{Real,D,DT} = \frac{1}{n_{AK}} \cdot \frac{1}{\omega_{AK}} \cdot \psi \cdot t_{Ein,Rest}^{Theo,D,DT}$$

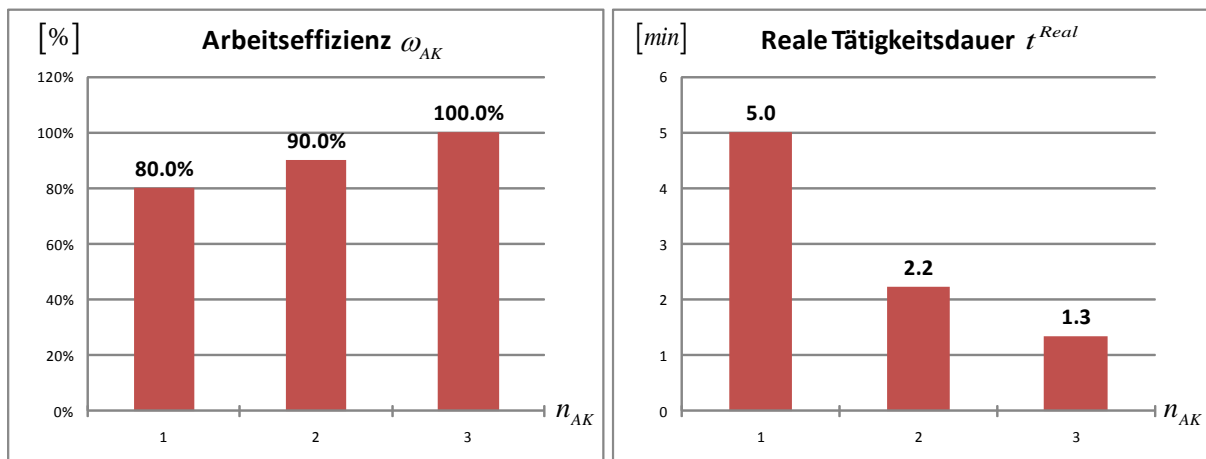
$t_{Ein,Rest(n_{AK})}^{Real,D,DT}$  = Reale Tätigkeitsdauer für das Rest-Einschalen ( $Ein,Re$ ) eines Deckentischs ( $DT$ ) in Abhängigkeit von der Arbeitskräfteanzahl ( $AK$ ) [min]

$t_{Ein,Rest}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für das Rest- [min]

Einschalen (*Ein,Re*) eines Deckentisches (*DT*)

$n_{AK}$	= Arbeitsgruppengröße bzw. Arbeitskräfteanzahl ( <i>AK</i> )	[–]
$\omega_{AK}$	= Arbeitseffizienz $\omega$ abhängig von der Arbeitskräfteanzahl ( <i>AK</i> )	[%]
$\psi$	= Sammelabminderungsfaktor	[–]

Mit zunehmender Anzahl der Arbeitskräfte erhöht sich die Arbeitseffizienz. Eine Arbeitskraft kann zwar die Arbeiten alleine durchführen, ist aber deutlich langsamer als zwei Arbeitskräfte. Wie in der rechten Grafik in Bild 4 erkennbar ist, reduziert sich bei einer Verdopplung der Arbeitskräfteanzahl (von eins auf zwei) die reale Tätigkeitsdauer um mehr als die Hälfte von 5.0 Minuten auf 2.2 Minuten. Bei einer weiteren Erhöhung von zwei auf drei Arbeitskräfte kann die reale Tätigkeitsdauer weiter reduziert werden. Somit kann hier die Arbeitskräfteanzahl drei mit einer Arbeitseffizienz von 100% als optimal ermittelt werden.



**Bild 4: Veränderung der Arbeitseffizienz beim Deckentisch Rest-Einschalen**

Die für die weiteren Berechnungen notwendigen realen Dauern für diese Tätigkeit in Abhängigkeit von der Arbeitskräfteanzahl betragen dann:

$$t_{Ein,Rest(1)}^{Real,D,DT} = 5.0 \text{ min}$$

$$t_{Ein,Rest(2)}^{Real,D,DT} = 2.2 \text{ min}$$

$$t_{Ein,Rest(3)}^{Real,D,DT} = 1.3 \text{ min}$$

Mit der Zahl in der Klammer im unteren Index wird dargestellt, wie viele Arbeitskräfte bei der jeweiligen realen Tätigkeitsdauer zu Grunde gelegt wurden.

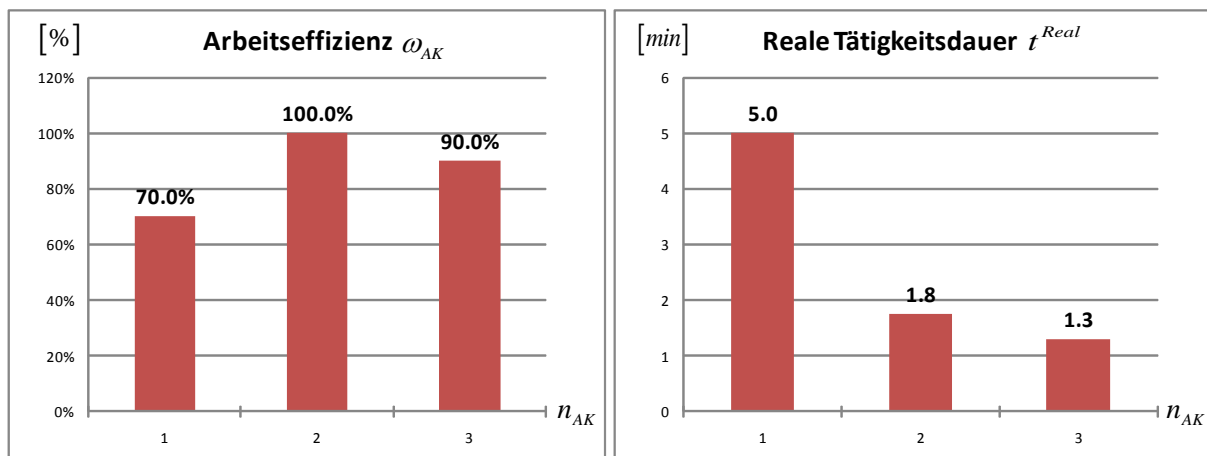
### 3.2.3 Variable Arbeitseffizienz

Als zweites Beispiel soll nun nachfolgend die Tätigkeit Deckentisch Vorbereiten betrachtet werden:

$$t_{Vor,j(n_{AK})}^{Real,D,DT} = \frac{1}{n_{AK}} \cdot \frac{1}{\omega_{AK}} \cdot \psi \cdot t_{Vor,j}^{Theo,D,DT}$$

- $t_{Vor,j(n_{AK})}^{Real,D,DT}$  = Reale Tätigkeitsdauer für die Vorbereitung (*Vor*) [min]  
inkl. des Absenkens des Deckentischs (*DT*) mit dem  
Laufindex *j* in Abhängigkeit von der Arbeitskräfteanzahl (*AK*)
- $t_{Ein,Rest}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer für die Vorbereitung (*Vor*) [min]  
inkl. des Absenkens des Deckentischs (*DT*) mit dem  
Laufindex *j*
- $n_{AK}$  = Arbeitsgruppengrösse bzw. Arbeitskräfteanzahl (*AK*) [-]
- $\omega_{AK}$  = Arbeitseffizienz  $\omega$  abhängig von der [ % ]  
Arbeitskräfteanzahl (*AK*)
- $\psi$  = Sammelabminderungsfaktor [-]

Bei dieser Tätigkeit ist eine Arbeitskraft alleine wenig effizient, bei manchen Arbeitsschritten fehlt eine helfende Hand. In Bild 5 wurde daher für eine Arbeitskraft eine Arbeitseffizienz von 70% angenommen. Zwei Arbeitskräfte stellen in diesem Fall das Optimum dar und dies wird in der Arbeitseffizienz von 100% reflektiert. Beim Einsatz von drei Arbeitskräften kann keine proportionale Steigerung erreicht werden. Es wird zwar die reale Tätigkeitsdauer auf 1.3 Minuten reduziert, jedoch nicht auf den Wert von 1.2 Minuten, der bei Proportionalität erreicht werden könnte.



**Bild 5: Veränderung der Arbeitseffizienz beim Deckentisch Vorbereiten**

Die für die weiteren Berechnungen notwendigen realen Dauern für diese Tätigkeit in Abhängigkeit von der Arbeitskräfteanzahl betragen dann:

$$t_{Vor,j(1)}^{Real,D,DT} = 5.0 \text{ min}$$

$$t_{Vor,j(2)}^{Real,D,DT} = 1.8 \text{ min}$$

$$t_{Vor,j(3)}^{Real,D,DT} = 1.3 \text{ min}$$

### 3.2.4 Konstante reale Elementarprozessdauer

Darüber hinaus gibt es Tätigkeiten die nicht mit Aufwandswerten ermittelt werden sondern über die zugehörigen Weg-Zeit-Beziehungen. Dies trifft zum Beispiel für das Ausschal-Umsetzen der Deckentische (mit Umsetzwagen) zu. Ähnlich wie schon bei den vorangegangenen Tätigkeiten werden hier nun die Arbeitseffizienz und die Arbeitskräfteanzahl berücksichtigt:

$$t_{A-Um,i,j,l(n_{AK})}^{Real,D,DT} = \frac{1}{n_{AK}} \cdot \frac{1}{\omega_{AK}} \cdot \psi \cdot t_{A-Um,i,j,l}^{Theo,D,DT} = \frac{1}{n_{AK}} \cdot \frac{1}{\omega_{AK}} \cdot \psi \cdot \frac{\Delta x_{DT_i,j,l} + \Delta y_{DT_i,j,l}}{v_{A-Um,l}^{Theo,D,DT}}$$

$t_{A-Um,i,j,l(n_{AK})}^{Real,D,DT}$  = Reale Tätigkeitsdauer zum Ausschal-Umsetzen (*A-Um*) [min]  
des Umsetzwagens im Zustand leer (*l*) für den Deckentisch (*DT*)  
mit dem Laufindex *j* auf der Ebene *i* in Abhängigkeit von  
der Arbeitskräfteanzahl (*AK*)

$t_{A-Um,i,j,l}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Tätigkeitsdauer zum Ausschal- [min]  
Umsetzen (*A-Um*) des Umsetzwagens im Zustand leer (*l*)  
für den Deckentisch (*DT*) mit dem Laufindex *j* auf der Ebene *i*

$v_{A-Um,l}^{Theo,D,DT}$  = Theoretische Verschiebegeschwindigkeit *v* zum Transport [m / min]  
von Umsetzwagen im Zustand leer (*l*) für Deckentische (*DT*)

$\Delta x_{DT_i,j,l}$  = Verschiebestrecke in x-Richtung zum Transport des [m]  
Umsetzwagens im Zustand leer (*l*) für den Deckentisch (*DT*)  
mit dem Laufindex *j* auf der Ebene *i*

$\Delta y_{DT_i,j,l}$  = Verschiebestrecke in y-Richtung zum Transport des [m]  
Umsetzwagens im Zustand leer (*l*) für den Deckentisch (*DT*)  
mit dem Laufindex *j* auf der Ebene *i*

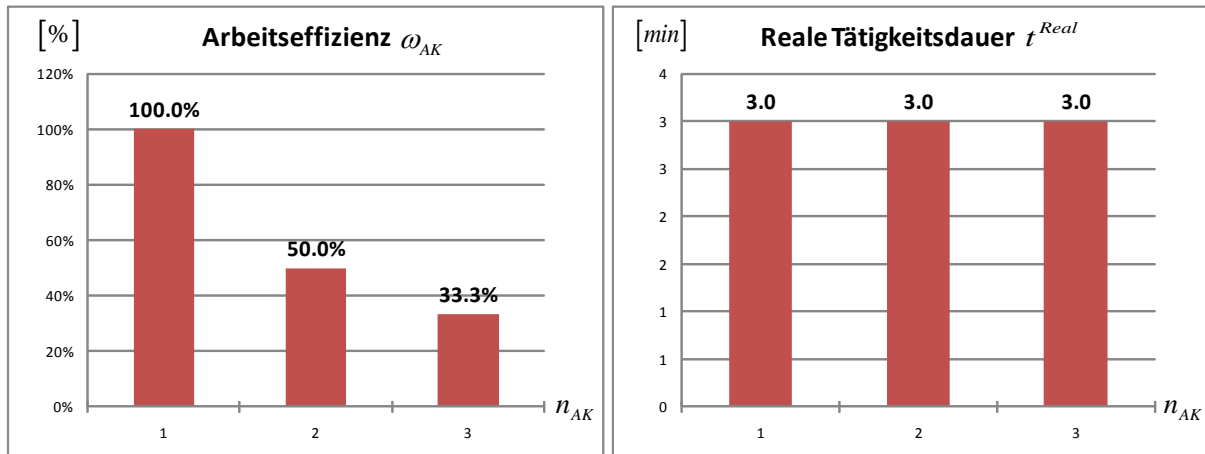
$n_{AK}$  = Arbeitsgruppengröße bzw. Arbeitskräfteanzahl (*AK*) [-]

$\omega_{AK}$  = Arbeitseffizienz  $\omega$  abhängig von der [%]



Arbeitskräfteanzahl ( $AK$ )  
 $\psi$  = Sammelabminderungsfaktor [–]

Die reale Tätigkeitsdauer für das Ausschal-Umsetzen (mit dem Umsetzwagen) bleibt trotz steigender Arbeitskräfteanzahl (siehe rechte Grafik in Bild 6) konstant. Sind also mehrere Arbeitskräfte diesem Prozess zugeordnet, sinkt deren Arbeitseffizienz indirekt proportional.



**Bild 6: Veränderung der Arbeitseffizienz beim Ausschal-Umsetzen eines Umsetzwagens (leer)**

Die für die weiteren Berechnungen notwendigen realen Dauern für diese Tätigkeit in Abhängigkeit von der Arbeitskräfteanzahl betragen dann:

$$t_{A-Um,i,j,l(1)}^{Real,D,DT} = 3.0 \text{ min}$$

$$t_{A-Um,i,j,l(2)}^{Real,D,DT} = 3.0 \text{ min}$$

$$t_{A-Um,i,j,l(2)}^{Real,D,DT} = 3.0 \text{ min}$$

### 3.3 Cyclone-Analyse bei interagierenden Prozessen

#### 3.3.1 Vorbereitung der Cyclone-Analyse

Die meisten der zu betrachtenden Elementarprozesse überschneiden sich grossenteils zeitlich. Eine Addition aller realen Elementarprozessdauern führt somit zu einem falschen Ergebnis. Vielmehr muss nun untersucht werden, unter welchen Bedingungen sich die Prozesse ohne gegenseitige Behinderung überschneiden können beziehungsweise dürfen. Von besonderer Bedeutung sind hier die interagierenden Prozesse.

Bei interagierenden Prozessen ist die Arbeitsgruppenbildung detailliert zu untersuchen. Prozesse werden als interagierend betrachtet, wenn die Tätigkeiten von mindestens zwei verschiedenen Equipen durch Schnittstellen (Transfer A und/oder Transfer B und/oder Transfer C, siehe Forschungsbericht Teil 8) miteinander verknüpft sind.

Zur Darstellung dieser Einteilung wird nun der Elementarprozess Deckentisch näher beleuchtet. Der Elementarprozess Deckentisch Umsetzen setzt sich aus verschiedenen Tätigkeiten zusammen. Teilweise sind in diesem Fall die Arbeitseffizienzbeziehungen proportional, teilweise unproportional. Die Interaktion und die daraus resultierende zeitliche Abstimmung der Elementarprozesse Ausschal-Umsetzen, Einschal-Umsetzen und Einschalen, gerade bei der Verwendung des Krans, ist sehr komplex. Sie sollte daher vor der eigentlichen Arbeitsgruppenbildung untersucht werden. Manche Equipenkombinationen sind nicht möglich, da sich zu lange Wartezeiten (entweder für den Kran oder für eine Equipe) ergeben. Bei anderen Equipenkombinationen ergeben sich nicht genug Restzeiten, die für die Tätigkeiten Resteinschalen und Sonderschalungen zur Verfügung stehen sollten.

Wird das Ausschal-Umsetzen mit vier Arbeitskräften durchgeführt, die Montage der Deckentische auf Ebene  $i+1$  aber nur mit einer Arbeitskraft, werden sich rasch auf der Ebene  $i$  die vorbereiteten Deckentische stauen. Nur gewisse Equipenkombinationen sind möglich bzw. sinnvoll.

Um die gegenseitigen Beeinflussungen zu untersuchen, bietet es sich an, die Prozesse mit der Cyclone-Methode von Halpin [3] zu analysieren. Nachfolgend wird vorgestellt, wie diese Methode beim Umsetzen von Deckentischen eingesetzt werden kann.

Durch die von den geometrischen Bedingungen abhängigen Weg-Zeit-Beziehungen ergibt sich für jeden Deckentischzyklus eine spezifische Transportdauer für den Umsetzwagen und auch für den Kran. Daher muss die Cyclone-Methode geringfügig erweitert werden, da dies im Grundmodell von Halpin nicht berücksichtigt ist. In

diesem Grundmodell ist es zwar möglich eine Bandbreite für die jeweilige Prozessdauer anzugeben, nicht jedoch die spezifischen Transportdauern.

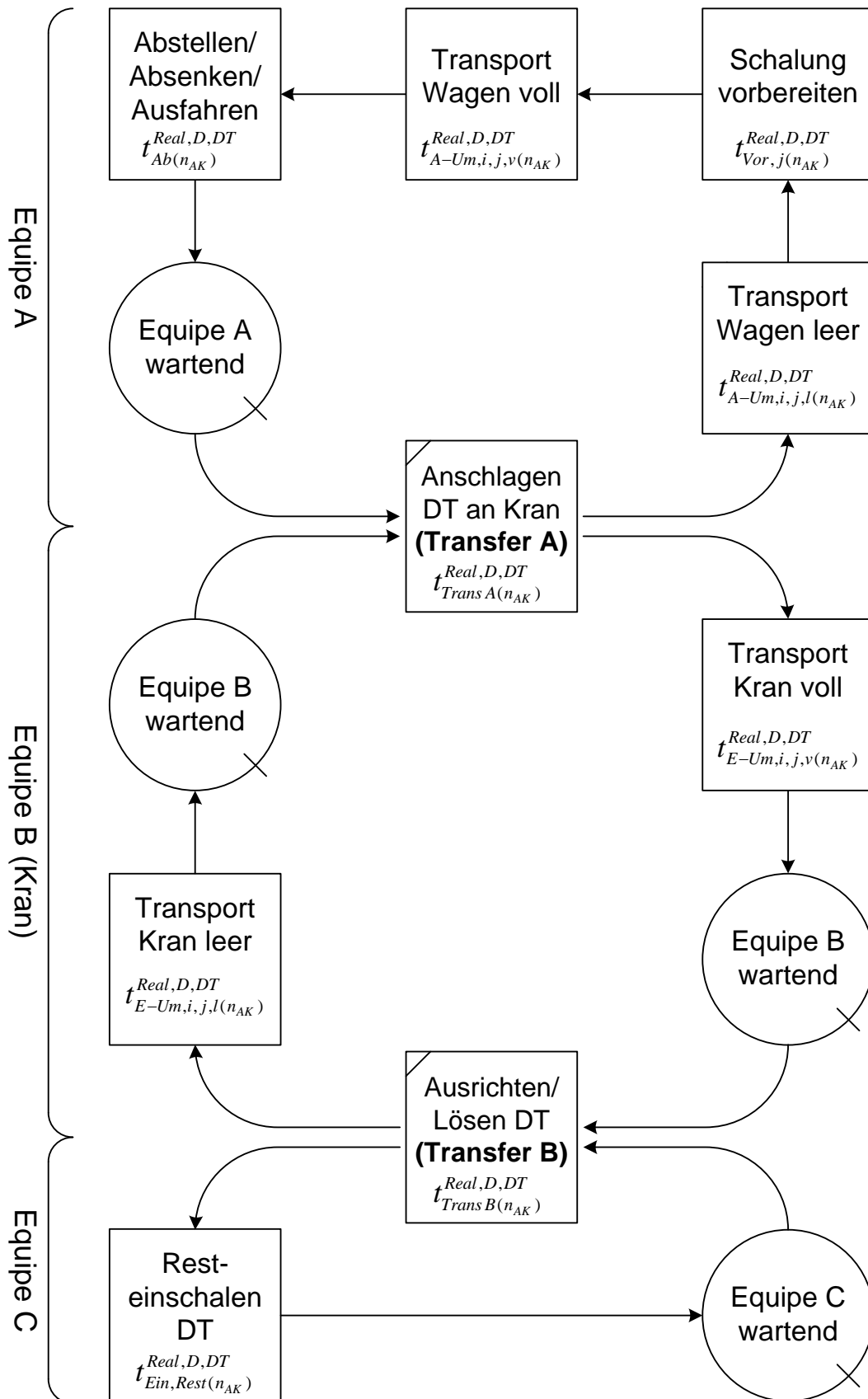
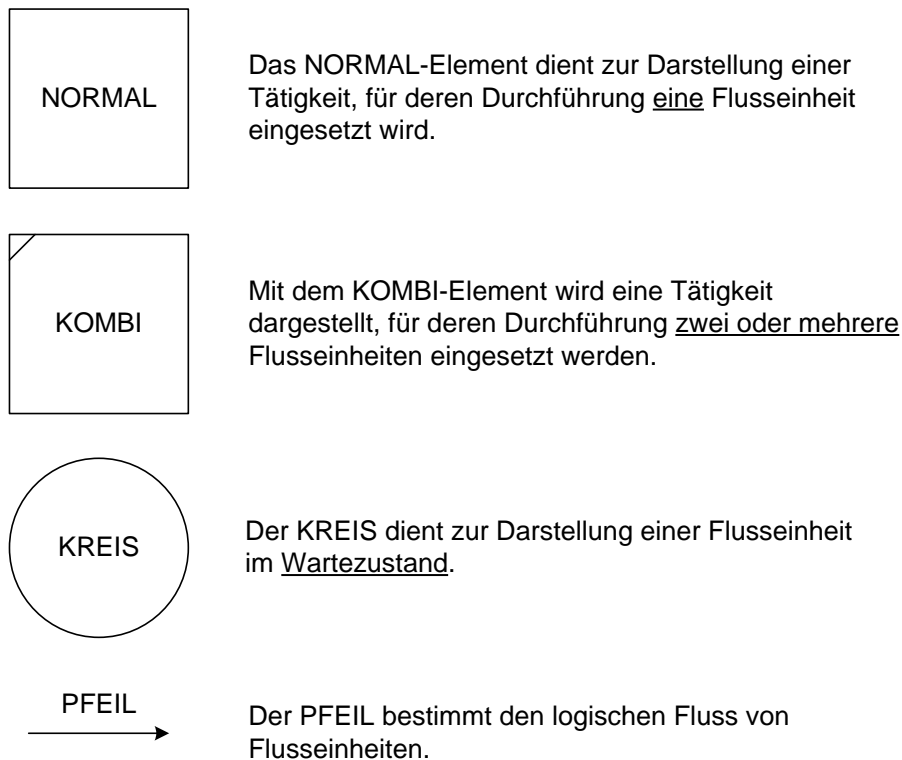


Bild 7: Cyclone Analyse für das Umsetzen und Einschalen von Deckentischen

In Bild 7 wurden die drei Elementarprozesse Ausschal-Umsetzen, Einschal-Umsetzen und das Einschalen für eine Cyclone Analyse aufbereitet. Deutlich werden dabei die zwei Schnittstellen zwischen den jeweiligen Prozessen: *Anschlagen DT an Kran (Transfer A)* und *Ausrichten/Lösen DT (Transfer B)*. An diesen beiden Schnittstellen werden die Ressourcen gekoppelt, jeweils Equipe mit Kran.

Zum Verständnis der in Bild 7 dargestellten Cyclone Analyse werden nachfolgend die verwendeten Cyclone-Grundmodelle erläutert [3]:



**Bild 8: Die vier Grundelemente des Cyclone-Modells vgl.[3]**

Die in Bild 7 dargestellte Cyclone Analyse ist sowohl für Innen- wie auch für Randelemente anwendbar. Die Tätigkeit *Transport Wagen leer* betrifft sowohl Innen- als auch Randelemente. Bei der Tätigkeit *Transport Wagen voll* wird im Fall der Randelemente, da sie nicht verschoben werden müssen, der Zeitwert Null angesetzt.

Die Tätigkeit *Anschlagen DT an Kran (Transfer A)* kann erst nach der Fertigstellung der zwei Tätigkeiten *Abstellen/ Absenken/Ausfahren* und *Transport Kran leer* beginnen. Dieser Zusammenhang wird durch das Cyclone-Element KOMBI repräsentiert. An diesem Punkt wird es somit zu Wartezeiten kommen können.

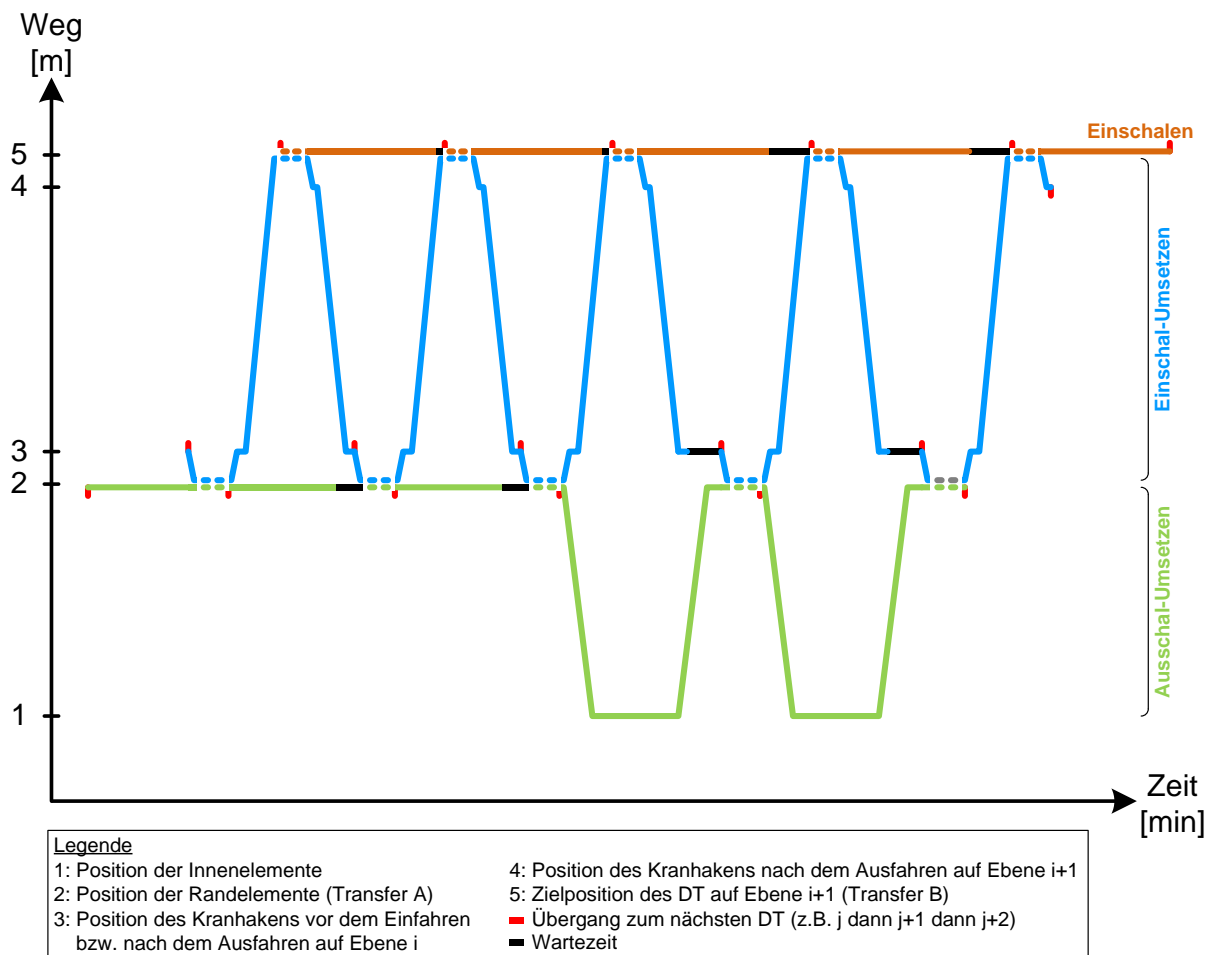
Bei der Tätigkeit *Ausrichten/Lösen DT (Transfer B)* kann es auch zu Wartezeiten kommen, da hier zum Einen die Tätigkeit *Resteinschalen DT* beendet sein muss und

gleichzeitig die Tätigkeit *Transport Kran voll* abgeschlossen sein muss. Erneut wird hierfür das KOMBI-Element eingesetzt.

### 3.3.2 Auswertung der Cyclone-Analyse

Ziel der Auswertung der Cyclone-Analyse ist es, die verschiedenen Kombinationsmöglichkeiten der Arbeitsgruppenstärke auszuwerten. In Bild 9 ist ein Teil einer solchen Auswertung für folgende Kombinationsvariante dargestellt:

$$\left(\underline{EQ}_{gew}\right)_{Um1}^{D,DT} = (2) \quad \left(\underline{EQ}_{gew}\right)_{Um2}^{D,DT} = (1 \text{ Kran}) \quad \left(\underline{EQ}_{gew}\right)_{Um2}^{D,DT} = (3)$$



**Bild 9: Teil einer Auswertung der Umsetzvorgänge**

Zu Beginn werden drei Deckentische (in Randposition) für das Umsetzen vorbereitet. Anschliessend werden in diesem Beispiel zwei Innenelemente vorbereitet und zu einer Randposition mittels Umsetzwagen transportiert. In der vollständigen Auswertung (hier nicht abgebildet) werden alle zu transportierenden Umsetzwagen untersucht.

Die roten Punkte in Bild 9 stellen dar, dass bei dem jeweiligen Prozess die jeweils nächste Deckentischeinheit bearbeitet wird.

Gestrichelt dargestellt sind die Transfer-Schnittstellen (Transfer A bei Punkt 2), die sich bei der Übergabe von der Ausschal-Umsetz-Equipe auf Ebene  $i$  zur Pseudo-Equipe Kran ergeben. Nach dem Transport mit dem Kran zur Ebene  $i+1$  gibt es eine weitere Schnittstelle (auch gestrichelt markiert, Transfer B bei Punkt 5). Dort übergibt die Pseudo-Equipe Kran den Deckentisch an die Einschal-Equipe auf Ebene  $i+1$ , die zuerst den Deckentisch ausrichtet/löst und dann einschalt (Resteinschalen). Während des Resteinschalens ist kein Kran erforderlich, dieser kann daher leer zurück zur nächsten Abholposition fahren.

### 3.3.3 Wartezeitenkoeffizientenanalyse

In dem im Bild 9 dargestellten Beispiel sind die jeweiligen Wartezeiten schwarz dargestellt, die sich bei dieser gewählten Arbeitskräftestärke ergeben würden. Durch den Umstand, dass die Prozesse unterschiedlich lang dauern, sind diese Wartezeiten nicht zu verhindern.

Für die weiteren Untersuchungen werden diese Wartezeiten folgendermassen kategorisiert:

- Unproduktive Wartezeiten, in denen die wartende Equipe blockiert ist und keine anderen Tätigkeiten ausführen kann
- Produktive Wartezeiten, in denen die wartende Equipe nicht blockiert ist und daher andere Tätigkeiten ausführen kann (z.B. Sonderarbeiten beim Einschalen)

Die Ausschal-Umsetzen-Equipe und auch die Einschal-Umsetzen-Equipe (Kran) können während ihrer Wartezeit keine anderen Tätigkeiten ausführen und sind somit während der Wartezeit blockiert. Für die Analyse werden diese unproduktiven Wartezeiten folgendermassen über den Laufindex  $j$  aufsummiert:

$$\sum_{j(DT)} t_{Warten,A-Um,DT,j}^{D,DT} \quad \text{bzw.} \quad \sum_{j(DT)} t_{Warten,E-Um,DT,A,j}^{D,DT} \quad \text{bzw.} \quad \sum_{j(DT)} t_{Warten,E-Um,DT,B,j}^{D,DT}$$

$t_{Warten,A-Um,DT,j}^{D,DT}$  = Wartezeit in Bezug auf das Ausschal-Umsetzen ( $E-Um$ ) [min]  
eines Deckentischs ( $DT$ ) mit dem Laufindex  $j$

$t_{Warten,E-Um,DT,A,j}^{D,DT}$  = Wartezeit in Bezug auf das Einschal-Umsetzen ( $E-Um$ ) [min]  
beim Transfer A ( $A$ ) eines Deckentischs ( $DT$ )  
mit dem Laufindex  $j$

$t_{Warten,E-Um,DT,B,j}^{D,DT}$  = Wartezeit in Bezug auf das Einschal-Umsetzen (*E-Um*) [min]  
 beim Transfer B (*B*) eines Deckentischs (*DT*)  
 mit dem Laufindex *j*

Beim Einschal-Umsetzen können verschiedenartige Wartezeiten auftreten. Zum Einen in Bezug zum Transfer A, d.h. der Kran muss warten, wenn die Ausschal-Umsetzen-Equipe noch keinen neuen Deckentisch bereitgestellt hat. Zum Anderen ergibt sich beim Transfer B eine Kran-Wartezeit, wenn die Einschal-Equipe den Deckentisch noch nicht in Empfang nehmen kann.

Die bei dieser Analyse erhaltenen Gesamtwartezeiten werden dann dahingehend ausgewertet, in welchem Verhältnis die Wartezeit zu der korrespondierenden realen Elementarprozessdauer steht. Wird festgestellt, dass diese unproduktive Wartezeit zu gross ist, wird die Equipenkombination, die für diese Berechnung angesetzt wurde, als ungeeignet eingestuft. Zur Bewertung werden dafür die Wartezeitenkoeffizienten  $\Theta_{Warten,A-Um,DT}$ ,  $\Theta_{Warten,E-Um,DT,A}$  und  $\Theta_{Warten,E-Um,DT,B}$  eingeführt:

$$\Theta_{Warten,A-Um,DT}^{D,DT} = \frac{\sum_{j(DT)} t_{Warten,A-Um,DT,j}^{D,DT}}{T_{A-Um,DT,i(n_{AK})}^{Real,D,DT}}$$

$$\Theta_{Warten,A-Um,DT}^{D,DT} =$$

Wartezeitenkoeffizient in Bezug auf das Ausschal- [ % ]  
 Umsetzen (*A-Um*) von Deckentischen (*DT*)

$$t_{Warten,A-Um,DT,j}^{D,DT} =$$

Wartezeit [ min ]  
 in Bezug auf das Ausschal-Umsetzen (*A-Um*)  
 eines Deckentischs (*DT*) mit dem Laufindex *j*

$$T_{A-Um,DT,i(n_{AK})}^{Real,D,DT} =$$

Reale Elementarprozessdauer für das Ausschal- [ min ]  
 Umsetzen (*A-Um*) von Deckentischen (*DT*) auf der Ebene *i*  
 in Abhängigkeit von der Arbeitskräfteanzahl (*AK*)

$$\Theta_{Warten,E-Um,DT,A}^{D,DT} = \frac{\sum_{j(DT)} t_{Warten,E-Um,DT,A,j}^{D,DT}}{T_{E-Um,DT,i(n_{AK})}^{Real,D,DT}}$$

$$\Theta_{Warten,E-Um,DT,A}^{D,DT} =$$

Wartezeitenkoeffizient in Bezug auf das Einschal- [ % ]  
 Umsetzen (*E-Um*) beim Transfer A (*A*) von Deckentischen (*DT*)

$$t_{Warten,E-Um,DT,A,j}^{D,DT} =$$

Wartezeit in Bezug auf Einschal-Umsetzen (*E-Um*) [ min ]  
 beim Transfer A (*A*) eines Deckentischs (*DT*)

mit dem Laufindex  $j$

$T_{E-Um,DT,i(n_{AK})}^{Real,D,DT}$  = Reale Elementarprozessdauer für das Einschal- [min]  
 Umsetzen ( $E-Um$ ) von Deckentischen ( $DT$ ) mit Start auf Ebene  $i$   
 in Abhängigkeit von der Arbeitskräfteanzahl ( $AK$ )

$$\Theta_{Warten,E-Um,DT,B}^{D,DT} = \frac{\sum_{j(DT)} t_{Warten,E-Um,DT,B,j}^{D,DT}}{T_{E-Um,DT,i(n_{AK})}^{Real,D,DT}}$$

$\Theta_{Warten,E-Um,DT,B}^{D,DT}$  = Wartezeitenkoeffizient in Bezug auf das Einschal- [%]  
 Umsetzen ( $E-Um$ ) beim Transfer B ( $B$ ) von Deckentischen ( $DT$ )

$t_{Warten,E-Um,DT,B,j}^{D,DT}$  = Wartezeit in Bezug auf Einschal-Umsetzen ( $E-Um$ ) [min]  
 beim Transfer B ( $B$ ) eines Deckentischs ( $DT$ )  
 mit dem Laufindex  $j$

$T_{E-Um,DT,i(n_{AK})}^{Real,D,DT}$  = Reale Elementarprozessdauer für das Einschal- [min]  
 Umsetzen ( $E-Um$ ) von Deckentischen ( $DT$ ) mit Start auf Ebene  $i$   
 in Abhängigkeit von der Arbeitskräfteanzahl ( $AK$ )

Für die Auswertung werden dann Grenzwerte sowohl für die Einzelwerte  $\Theta_{Warten,A-Um,DT}^{D,DT}$

$\Theta_{Warten,E-Um,DT,A}^{D,DT}$ ,  $\Theta_{Warten,E-Um,DT,B}^{D,DT}$ , als auch für die Summe  $\Theta_{Warten,Um-Ges,DT}^{D,DT} = \Theta_{Warten,A-Um,DT}^{D,DT} +$   
 $+\Theta_{Warten,E-Um,DT,A}^{D,DT} + \Theta_{Warten,E-Um,DT,B}^{D,DT}$  festgelegt:

**Tabelle 1: Bewertung des Wartezeitenkoeffizienten (Ausschal- und Einschal-Umsetzen)**

Grenzwert	Bewertung	Reaktion
$\Theta_{Warten,A-Um,DT}^{D,DT} < 10\% \wedge$ $\Theta_{Warten,E-Um,DT,A}^{D,DT} < 10\% \wedge$ $\Theta_{Warten,E-Um,DT,B}^{D,DT} < 10\% \wedge$ $\Theta_{Warten,Um-Ges,DT}^{D,DT} = \Theta_{Warten,A-Um,DT}^{D,DT} +$ $+\Theta_{Warten,E-Um,DT,A}^{D,DT} + \Theta_{Warten,E-Um,DT,B}^{D,DT} < 15\%$	Die Wartezeiten sind nur unerheblich	→ Equipenkombination ist geeignet



$\Theta_{Warten,A-Um,DT}^{D,DT} > 10\% \quad \checkmark$ $\Theta_{Warten,E-Um,DT,A}^{D,DT} > 10\% \quad \checkmark$ $\Theta_{Warten,E-Um,DT,B}^{D,DT} > 10\% \quad \checkmark$ $\Theta_{Warten,Um-Ges,DT}^{D,DT} = \Theta_{Warten,A-Um,DT}^{D,DT} +$ $+ \Theta_{Warten,E-Um,DT,A}^{D,DT} + \Theta_{Warten,E-Um,DT,B}^{D,DT} > 15\%$	Die Wartezeiten sind zu gross	→ Equipenkombination ist <u>nicht</u> geeignet
---	-------------------------------	--

Für das jeweilige Bauprojekt können und sollten die Grenzwerte in Tabelle 1 projektspezifisch erhöht oder reduziert werden.

Im Falle des Einschalens können die Wartezeiten dafür genutzt werden, um die hier bisher noch nicht betrachtete Tätigkeit Sonderarbeiten beim Einschalen auszuführen (produktive Wartezeit). Zur Bewertung der Tauglichkeit der Equipenkombination wird die Summe der Wartezeiten der realen Elementarprozessdauer für die Sonderarbeiten beim Einschalen gegenübergestellt und mittels des Wartezeitenkoeffizienten  $\Theta_{Warten, Ein}^{D,DT}$  ausgewertet. Der Wartezeitenkoeffizient  $\Theta_{Warten, Ein}^{D,DT}$  gibt Aufschluss darüber, wie die Einschale-Elite insgesamt ausgelastet ist:

$$\Theta_{Warten, Ein}^{D,DT} = \frac{\sum_{j(DT)} t_{Warten, Ein, j}^{D,DT} - T_{Ein, So, i+1(n_{AK})}^{Real, D, DT}}{T_{Ein, So, i+1(n_{AK})}^{Real, D, DT}}$$

$\Theta_{Warten, Ein}^{D,DT}$  = Wartezeitenkoeffizient in Bezug auf das Einschalen (*Ein*) [%]  
von Deckentischen (*DT*)

$t_{Warten, Ein, j}^{D,DT}$  = Wartezeit in Bezug auf das Einschalen (*Ein*) [min]  
eines Deckentisches (*DT*) mit dem Laufindex *j*

$T_{Ein, So, i+1(n_{AK})}^{Real, D, DT}$  = Reale Elementarprozessdauer für die Sonderarbeiten [min]  
beim Einschalen (*Ein, So*) von Deckentischen (*DT*) auf der Ebene *i+1*  
in Abhängigkeit von der Arbeitskräfteanzahl (*AK*)

Das Ergebnis des Wartezeitenkoeffizienten  $\Theta_{Warten, Ein}^{D,DT}$  wird anschliessend folgendermassen kategorisiert:

**Tabelle 2: Bewertung des Wartezeitenkoeffizienten (Einschalen)**

Grenzwert	Bewertung	Reaktion
$\Theta_{Warten, Ein}^{D,DT} < -10\%$	Es steht nicht ausreichend Wartezeit zur Verfügung, um die Sonderarbeiten beim Einschalen	→ Equipenkombination ist geeignet → Nach Fertigstellung des Einschale-Umsetzens werden

	abzuschliessen	die verbliebenen Sonderarbeiten des Einschalens durchgeführt
$\Theta_{Warten, Ein}^{D,DT} > -10\% \wedge < +10\%$	Wartezeit ist ausgewogen	→ Equipenkombination ist geeignet
$\Theta_{Warten, Ein}^{D,DT} > +10\%$	zu viel Wartezeit → unproduktive Wartezeit	→ Equipenkombination ist <u>nicht</u> geeignet

Für das jeweilige Bauprojekt kann und sollte der Grenzwert projektspezifisch erhöht oder reduziert werden.

In Tabelle 3 erkennt man den nächsten Schritt in der Wartezeitenkoeffizientenanalyse. Die für die einzelnen Tätigkeiten verfügbaren Ressourcen werden als Inputdaten aufbereitet.

**Tabelle 3: Inputdaten für eine Wartezeitenkoeffizientenanalyse**

INPUT	Ausschal-Umsetzen	Einschal-Umsetzen	Einschalen
Ressourcenverfügbarkeit	$\underline{RV}_{Um1}^{D,DT} = \begin{bmatrix} (1, 2, 3) \\ (1, 1, 2) \end{bmatrix}$	$\underline{RV}_{Um2}^{D,DT} = \begin{bmatrix} (1, 1, 1) \\ (1, 1, 2) \end{bmatrix}$	$\underline{RV}_{Ein}^{D,DT} = \begin{bmatrix} (2, 3, 4) \\ (1, 1, 2) \end{bmatrix}$
Mögliche Equipenkombinationen $(\underline{EQ}_{gew})$	(1) (2) (3) (1,1) (2,1) (3,1) (2,2) (3,2) (3,3)	(1) (1,1)	(2) (3) (4) (2,2) (3,2) (4,2) (3,3) (4,3) (4,4)

Für alle möglichen Kombinationen wird eine Bewertung durchgeführt und in einer Outputtabelle zusammenfassend dargestellt (Beispiel in Tabelle 4). In dieser Auswertung werden auch die Fälle berücksichtigt und dementsprechend bewertet, die einen Wartezeitkoeffizienten von  $\Theta_{Warten, Ein}^{D,DT} < -10\%$  besitzen, und daher zu einer nachträglichen Abarbeitung der Sonderarbeiten beim Einschalen führen:

**Tabelle 4: Beispiel für Outputdaten einer Wartezeitenkoeffizientenanalyse**

OUTPUT	A-Um	E-Um	Ein	Bewertung	Reaktion
Kombination 1	(1)	(1)	(2)	$\Theta_{Warten, A-Um, DT}^{D,DT} = 0\%$ ✓	→ Equipen-

				$\Theta_{Warten,E-Um,DT,A}^{D,DT} = 20\%$ <span style="color:red">✘</span> $\Theta_{Warten,E-Um,DT,B}^{D,DT} = 0\%$ <span style="color:green">✔</span> $\Theta_{Warten,Um-Ges,DT}^{D,DT} = 20\%$ <span style="color:red">✘</span> $\Theta_{Warten,Ein}^{D,DT} = -11\%$ <span style="color:green">✔</span>	kombination <u>nicht</u> geeignet
--	--	--	--	--	--------------------------------------

OUTPUT	A-Um	E-Um	Ein	Bewertung	Reaktion
<b>Kombination 2</b>	(2)	(1)	(2)	$\Theta_{Warten,A-Um,DT}^{D,DT} = 1\%$ <span style="color:green">✔</span> $\Theta_{Warten,E-Um,DT,A}^{D,DT} = 3\%$ <span style="color:green">✔</span> $\Theta_{Warten,E-Um,DT,B}^{D,DT} = 5\%$ <span style="color:green">✔</span> $\Theta_{Warten,Um-Ges,DT}^{D,DT} = 9\%$ <span style="color:green">✔</span> $\Theta_{Warten,Ein}^{D,DT} = -20\%$ <span style="color:green">✔</span>	→Equipen- kombination geeignet →Sonderarbeiten beim Einschalen zusätzliche 12 min
<b>Kombination 3</b>	(3)	(1)	(2)	$\Theta_{Warten,A-Um,DT}^{D,DT} = 11\%$ <span style="color:red">✘</span> $\Theta_{Warten,E-Um,DT,A}^{D,DT} = 0\%$ <span style="color:green">✔</span> $\Theta_{Warten,E-Um,DT,B}^{D,DT} = 6\%$ <span style="color:green">✔</span> $\Theta_{Warten,Um-Ges,DT}^{D,DT} = 17\%$ <span style="color:red">✘</span> $\Theta_{Warten,Ein}^{D,DT} = -20\%$ <span style="color:green">✔</span>	→Equipen- kombination <u>nicht</u> geeignet
...					
...					
<b>Kombination x</b>	(2)	(1)	(3)	$\Theta_{Warten,A-Um,DT}^{D,DT} = 1\%$ <span style="color:green">✔</span> $\Theta_{Warten,E-Um,DT,A}^{D,DT} = 3\%$ <span style="color:green">✔</span> $\Theta_{Warten,E-Um,DT,B}^{D,DT} = 2\%$ <span style="color:green">✔</span> $\Theta_{Warten,Um-Ges,DT}^{D,DT} = 6\%$ <span style="color:green">✔</span> $\Theta_{Warten,Ein}^{D,DT} = 5\%$ <span style="color:green">✔</span>	→Equipen- kombination geeignet
...					
...					
<b>Kombination n</b>	(3,3)	(1,1)	(4,4)	$\Theta_{Warten,A-Um,DT}^{D,DT} = 11\%$ <span style="color:red">✘</span> $\Theta_{Warten,E-Um,DT,A}^{D,DT} = 0\%$ <span style="color:green">✔</span> $\Theta_{Warten,E-Um,DT,B}^{D,DT} = 0\%$ <span style="color:green">✔</span> $\Theta_{Warten,Um-Ges,DT}^{D,DT} = 11\%$ <span style="color:green">✔</span>	→Equipen- kombination <u>nicht</u> geeignet

				$\Theta_{\text{Warten, Ein}}^{D,DT} = 17\%$	*	
--	--	--	--	---	---	--

Die Equipenkombination kann während eines Modulprozesses verändert werden, bei der bisherigen Betrachtung wurde dies jedoch noch nicht berücksichtigt. Im Kapitel 3.4.4 wird dann darauf eingegangen.

Für diese Auswertung ist eine PC-Unterstützung unerlässlich. Bei der in Tabelle 3: Inputdaten für eine Wartezeitenkoeffizientenanalyse dargestellten Ressourcenverfügbarkeit ergibt sich folgende Gesamtsumme für die Kombinationsmöglichkeiten:

$$n_{\text{Komb.}} = n_{\text{Komb. A-Um}} \cdot n_{\text{Komb. E-Um}} \cdot n_{\text{Komb. Ein}} = 9 \cdot 2 \cdot 9 = 162$$

### 3.3.4 Wartezeitenkoeffizientenanalyse für Tischhubsysteme

Wird beim Umsetzen der Deckentische ein Tischhubsystem eingesetzt, ist ebenso eine Cyclone-Analyse durchzuführen. Die Wartezeitenkoeffizientenanalyse benötigt für die TLS-Variante 2 (Einsatz von zwei Umsetzwagen) dann folgende Koeffizienten:

$$\Theta_{\text{Warten, A-Um, DT, V2}}^{D,DT(TLS)} = \frac{\sum_{j(DT)} t_{\text{Warten, A-Um, DT, V2, j}}^{D,DT(TLS)}}{T_{\text{A-Um, DT, V2, i}(n_{AK})}^{\text{Real, D, DT}(TLS)}}$$

$\Theta_{\text{Warten, A-Um, DT, V2}}^{D,DT(TLS)}$  = Wartezeitenkoeffizient in Bezug auf das Ausschal- [ % ]  
Umsetzen (A-Um) mit Variante 2 (V2) von Deckentischen (DT)  
bei Tischhubsystem (TLS)

$t_{\text{Warten, A-Um, DT, V2, j}}^{D,DT(TLS)}$  = Wartezeit in Bezug auf das Ausschal- Umsetzen (A-Um) [ min ]  
mit Variante 2 (V2) eines Deckentischs (DT)  
bei Tischhubsystem (TLS) mit dem Laufindex j

$T_{\text{A-Um, DT, V2, i}(n_{AK})}^{\text{Real, D, DT}(TLS)}$  = Reale Elementarprozessdauer für das Ausschal- [ min ]  
Umsetzen (A-Um) mit Variante 2 (V2) von Deckentischen (DT)  
bei Tischhubsystem (TLS) auf der Ebene i in Abhängigkeit  
von der Arbeitskräfteanzahl (AK)

$$\Theta_{\text{Warten,E-Um,DT,V2,A}}^{D,DT(TLS)} = \frac{\sum_{j(DT)} t_{\text{Warten,E-Um,DT,V2,A},j}^{D,DT(TLS)}}{T_{\text{E-Um,DT,V2,i}(n_{AK})}^{\text{Real,D,DT(TLS)}}$$

$\Theta_{\text{Warten,E-Um,DT,V2,A}}^{D,DT(TLS)}$  = Wartezeitenkoeffizient in Bezug auf das Einschalen- [ % ]  
Umsetzen (*E-Um*) mit Variante 2 (*V2*) beim Transfer A (*A*) von  
Deckentischen (*DT*) bei Tischhubsystem (*TLS*)

$t_{\text{Warten,E-Um,DT,V2,A},j}^{D,DT(TLS)}$  = Wartezeit in Bezug auf Einschalen-Umsetzen (*E-Um*) [ min ]  
mit Variante 2 (*V2*) beim Transfer A (*A*) eines Deckentischs (*DT*)  
bei Tischhubsystem (*TLS*) mit dem Laufindex *j*

$T_{\text{E-Um,DT,V2,i}(n_{AK})}^{\text{Real,D,DT}}$  = Reale Elementarprozessdauer für das Einschalen- [ min ]  
Umsetzen (*E-Um*) mit Variante 2 (*V2*) von Deckentischen (*DT*)  
bei Tischhubsystem (*TLS*) mit Start auf Ebene *i* in  
Abhängigkeit von der Arbeitskräfteanzahl (*AK*)

$$\Theta_{\text{Warten,E-Um,DT,V2,B}}^{D,DT(TLS)} = \frac{\sum_{j(DT)} t_{\text{Warten,E-Um,DT,V2,B},j}^{D,DT(TLS)}}{T_{\text{E-Um,DT,V2,i}(n_{AK})}^{\text{Real,D,DT(TLS)}}$$

$\Theta_{\text{Warten,E-Um,DT,V2,B}}^{D,DT(TLS)}$  = Wartezeitenkoeffizient in Bezug auf das Einschalen- [ % ]  
Umsetzen (*E-Um*) mit Variante 2 (*V2*) beim Transfer B (*B*) von  
Deckentischen (*DT*) bei Tischhubsystem (*TLS*)

$t_{\text{Warten,E-Um,DT,V2,B},j}^{D,DT(TLS)}$  = Wartezeit in Bezug auf Einschalen-Umsetzen (*E-Um*) [ min ]  
mit Variante 2 (*V2*) beim Transfer B (*B*) eines Deckentischs (*DT*)  
bei Tischhubsystem (*TLS*) mit dem Laufindex *j*

$T_{\text{E-Um,DT,V2,i}(n_{AK})}^{\text{Real,D,DT}}$  = Reale Elementarprozessdauer für das Einschalen- [ min ]  
Umsetzen (*E-Um*) mit Variante 2 (*V2*) von Deckentischen (*DT*)  
bei Tischhubsystem (*TLS*) mit Start auf Ebene *i* in  
Abhängigkeit von der Arbeitskräfteanzahl (*AK*)

Auch der Gesamtwartezeitenkoeffizient für das Umsetzen muss berücksichtigt werden:

$$\Theta_{\text{Warten,Um-Ges,DT,V2}}^{D,DT(TLS)} = \Theta_{\text{Warten,A-Um,DT}}^{D,DT(TLS)} + \Theta_{\text{Warten,E-Um,DT,V2,A}}^{D,DT(TLS)} + \Theta_{\text{Warten,E-Um,DT,V2,B}}^{D,DT(TLS)}$$

$\Theta_{\text{Warten,A-Um,DT,V2}}^{D,DT(TLS)}$  = Gesamtwartezeitenkoeffizient in Bezug auf das [ % ]  
Umsetzen (*Um-Ges*) mit Variante 2 (*V2*) von  
Deckentischen (*DT*) bei Tischhubsystem (*TLS*)

Bei der TLS-Variante 1 (mit einem Umsetzwagen) gibt es keine Wartezeiten beim Ausschal-Umsetzen und beim Transfer A:

$$\Theta_{\text{Warten,A-Um,DT,V1}}^{D,DT(TLS)} = 0 \text{ bzw. } \Theta_{\text{Warten,E-Um,DT,V1,A}}^{D,DT(TLS)} = 0$$

$\Theta_{\text{Warten,A-Um,DT,V1}}^{D,DT(TLS)}$  = Wartezeitenkoeffizient in Bezug auf das Ausschal- [ % ]  
Umsetzen (*A-Um*) mit Variante 1 (*V1*) von Deckentischen (*DT*)  
bei Tischhubsystem (*TLS*)

$\Theta_{\text{Warten,E-Um,DT,V1,A}}^{D,DT(TLS)}$  = Wartezeitenkoeffizient in Bezug auf das Einschal- [ % ]  
Umsetzen (*E-Um*) mit Variante 1 (*V1*) beim Transfer A (*A*)  
von Deckentischen (*DT*) bei Tischhubsystem (*TLS*)

Die noch zu berücksichtigende Wartezeit ergibt sich analog zur TLS-Variante 2:

$$\Theta_{\text{Warten,E-Um,DT,V1,B}}^{D,DT(TLS)} = \frac{\sum_{j(DT)} t_{\text{Warten,E-Um,DT,V1,B},j}^{D,DT(TLS)}}{T_{\text{E-Um,DT,V1},i(n_{AK})}^{\text{Real},D,DT(TLS)}}$$

$\Theta_{\text{Warten,E-Um,DT,V1,B}}^{D,DT(TLS)}$  = Wartezeitenkoeffizient in Bezug auf das Einschal- [ % ]  
Umsetzen (*E-Um*) mit Variante 1 (*V1*) beim Transfer B (*B*) von  
Deckentischen (*DT*) bei Tischhubsystem (*TLS*)

$t_{\text{Warten,E-Um,DT,V1,B},j}^{D,DT(TLS)}$  = Wartezeit in Bezug auf Einschal-Umsetzen (*E-Um*) [ min ]  
mit Variante 1 (*V1*) beim Transfer B (*B*) eines Deckentischs (*DT*)  
bei Tischhubsystem (*TLS*) mit dem Laufindex *j*

$T_{\text{E-Um,DT,V1},i(n_{AK})}^{\text{Real},D,DT}$  = Reale Elementarprozessdauer für das Einschal- [ min ]  
Umsetzen (*E-Um*) mit Variante 1 (*V1*) von Deckentischen (*DT*)  
bei Tischhubsystem (*TLS*) mit Start auf Ebene *i* in

### Abhängigkeit von der Arbeitskräfteanzahl (*AK*)

Das Ausschal-Umsetzen und der Transfer A verursachen bei der Variante 1 keine Wartezeiten, dadurch entspricht der Gesamtwartezeitenkoeffizient dem Wartezeitenkoeffizienten für den Transfer B beim Einschal-Umsetzen:

$$\Theta_{\text{Warten,Um-Ges,DT,V1}}^{D,DT(TLS)} = \Theta_{\text{Warten,E-Um,DT,V1,B}}^{D,DT(TLS)}$$

Daher muss der Gesamtwartezeitkoeffizient für das Umsetzen hier nicht berücksichtigt werden.

Der Wartezeitenkoeffizient für das Einschalen ist unabhängig von der Wahl zwischen Variante 1 und Variante 2:

$$\Theta_{\text{Warten,Ein}}^{D,DT(TLS)} = \frac{\sum_{j(DT)} t_{\text{Warten,Ein},j}^{D,DT(TLS)} - T_{\text{Ein,So},i+1(n_{AK})}^{\text{Real},D,DT(TLS)}}{T_{\text{Ein,So},i+1(n_{AK})}^{\text{Real},D,DT(TLS)}}$$

$\Theta_{\text{Warten,Ein}}^{D,DT(TLS)}$  = Wartezeitenkoeffizient in Bezug auf das Einschalen (*Ein*) [%]  
von Deckentischen (*DT*) bei Tischhubsystem (*TLS*)

$t_{\text{Warten,Ein},j}^{D,DT(TLS)}$  = Wartezeit in Bezug auf das Einschalen (*Ein*) eines [min]  
Deckentischs (*DT*) mit dem Laufindex *j* bei  
Tischhubsystem (*TLS*)

$T_{\text{Ein,So},i+1(n_{AK})}^{\text{Real},D,DT(TLS)}$  = Reale Elementarprozessdauer für die Sonderarbeiten [min]  
beim Einschalen (*Ein,So*) von Deckentischen (*DT*) auf der Ebene *i+1*  
in Abhängigkeit von der Arbeitskräfteanzahl (*AK*) bei  
Tischhubsystem (*TLS*)

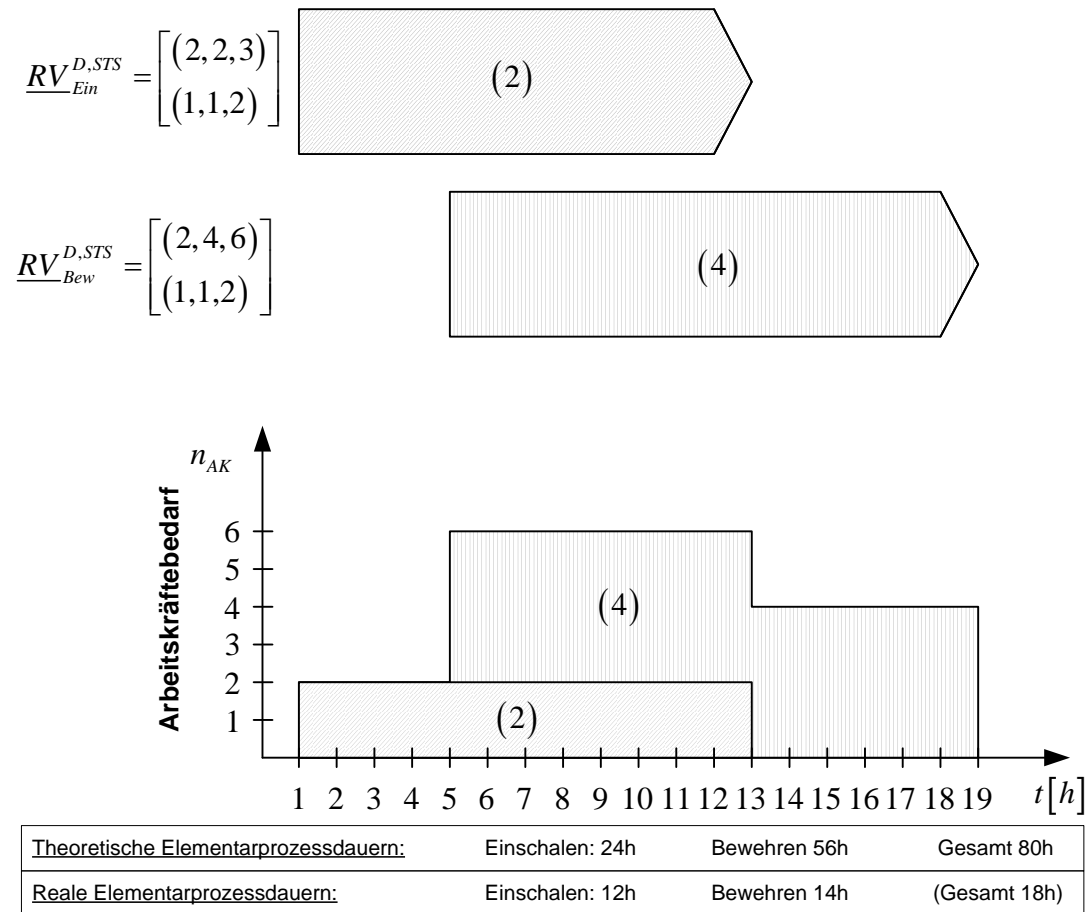
Analog zur regulären Deckentischbetrachtung (ohne TLS) werden dann in den nächsten Schritten die entsprechenden Grenzwerte festgelegt und die Inputdaten ermittelt um schlussendlich die möglichen Equipenkombinationen zu erhalten.

### 3.4 Arbeitsgruppenbildung

#### 3.4.1 Proportionale Arbeitsgruppenbildung

Nach der Ermittlung der Zusammenhänge zwischen den Prozessen, die durch Transfer A und bzw. oder Transfer B miteinander interagieren, wird nun untersucht, wie die restlichen Prozesse zeitlich miteinander kombiniert werden können.

In der nachfolgenden Abbildung (Bild 10) wurden die zwei Elementarprozesse Einschalen und Bewehren von Systemträgerschalungen dargestellt, die sich zeitlich überschneiden. In diesem Beispiel wurde eine theoretische Gesamtelementarprozessdauer von 80h angenommen, für das Einschalen 24h und für das Bewehren 56h.



**Bild 10: Arbeitskräfteeinsatz**

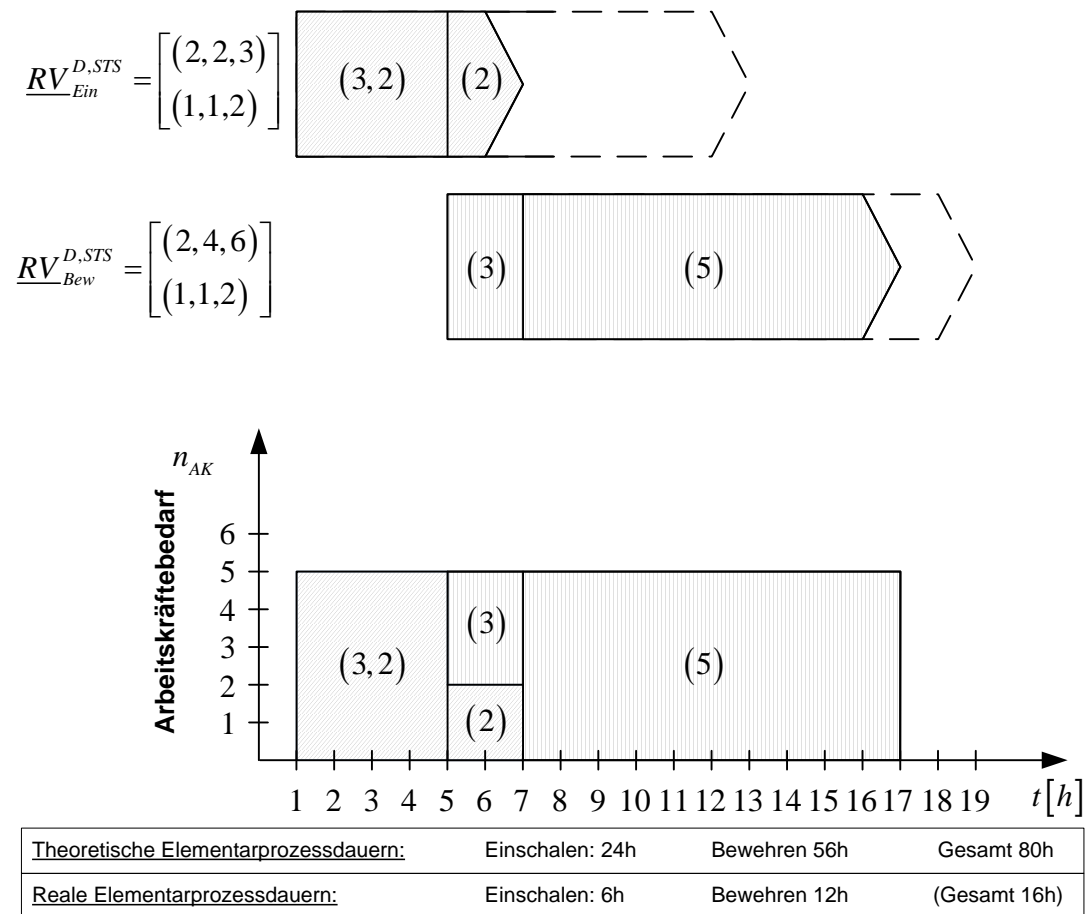
Links neben den Pfeilen ist die Ressourcenverfügbarkeit für den jeweiligen Prozess dargestellt, um festzulegen, welche Arbeitskräfteanzahl zur Verfügung steht. Die Pfeile stellen dar, wann der Prozess anfängt und wann er endet. Die Dauer von Anfang bis Ende eines Prozesses ist die reale Elementarprozessdauer. Der Einschalenprozess dauert somit real 12h, der Bewehrenprozess 14h.



Die Summe der realen Elementarprozessdauern von 18h ist in Klammern dargestellt, da dies nicht die Summe der Einzelbestandteile ist, sondern die Dauer von Start (Zeiteinheit 1) bis Fertigstellung (Zeiteinheit 19).

Ausserdem wird in der Mitte des Pfeiles angezeigt, welche Arbeitskräfteanzahl gewählt wurde. Hier wurde die gleiche Terminologie gewählt, wie im vorangegangenen Kapitel erläutert wurde. (2) und (4) stellen somit Vektoren dar, in diesem Fall ist aber jeweils nur eine Equipe gewählt worden, daher enthält jeder Vektor nur einen Wert.

Im unteren Teil von Bild 10 wurden für den Arbeitskräftebedarf die eingesetzten Arbeitskräfte aufsummiert. Wenn auch für die beiden Prozesse jeweils die optimale Equipenstärke und Equipenanzahl gewählt wurde, so ist dennoch die Verteilung der Arbeitskräfte über die Zeit suboptimal, da sie stark schwankt. Dies wäre baupraktisch nicht wünschenswert.



**Bild 11: Arbeitskräfteeinsatz optimiert**

Im Bild 11 ist daher eine Optimierung durchgeführt worden. Anfangspunkt (Zeiteinheit 1) und spätester Endpunkt (Zeiteinheit 19) wurden als Randbedingungen beibehalten. Variiert wurde die Arbeitskräfteanzahl je Prozess über die Zeit. Beim Einschalen wurde in den ersten vier Zeiteinheiten eine weitere Equipe, jedoch mit

drei Arbeitskräften, eingesetzt. Daher ist dieser Prozess bereits in der siebten Zeiteinheit abgeschlossen. Die reale Elementarprozessdauer beträgt daher nur noch 6h, im Gegensatz zur nicht optimierten Version, dort betrug sie 12 h.

Der zweite Prozess beginnt mit drei Arbeitskräften und wird dann auf fünf Arbeitskräfte aufgestockt. Dadurch kann die reale Elementarprozessdauer für das Bewehren von 14h auf 12h reduziert werden.

Während in der nicht optimierten Variante (Bild 10) zu Spitzenzeiten sechs Arbeitskräfte zur Verfügung stehen müssen, konnte in der optimierten Variante die notwendige Anzahl um eins auf fünf Arbeitskräfte reduziert werden. Ausserdem ist ersichtlich, dass nun der Arbeitskräftebedarf ausgeglichen ist.

Die theoretischen Elementarprozessdauern verändern sich bei der Optimierung der Arbeitskräfte nicht. Daher bleibt die theoretische Gesamtelementarprozessdauer konstant bei 80h (Einschalen 24h + Bewehren 56h).

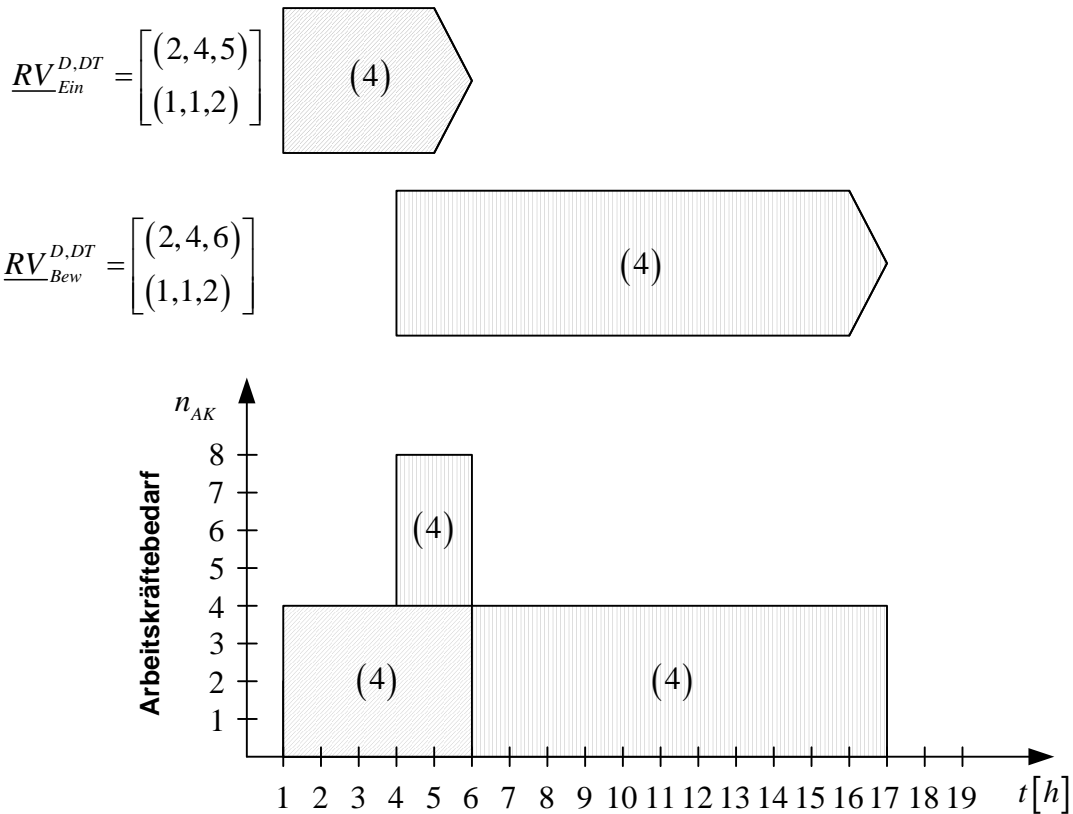
### **3.4.2 Unproportionale Arbeitsgruppenbildung**

Diese soeben beschriebene Vorgehensweise ist in all den Fällen möglich, bei denen die in Kap 3.2.1 beschriebene Proportionalität zwischen der realen Elementarprozessdauer und dem Kehrwert der Arbeitskräfteanzahl besteht.

Für die Fälle in denen keine Proportionalität besteht, muss bei der Arbeitsgruppenbildung unter Berücksichtigung der variablen Arbeitseffizienz die entsprechende reale Elementarprozessdauer ermittelt werden.

Wird also zum Beispiel die Arbeitsgruppengrösse verdoppelt, kann nicht einfach die reale Elementarprozessdauer halbiert werden. Stattdessen muss die reale Elementarprozessdauer exakt unter Berücksichtigung der veränderten Arbeitseffizienz ermittelt werden.

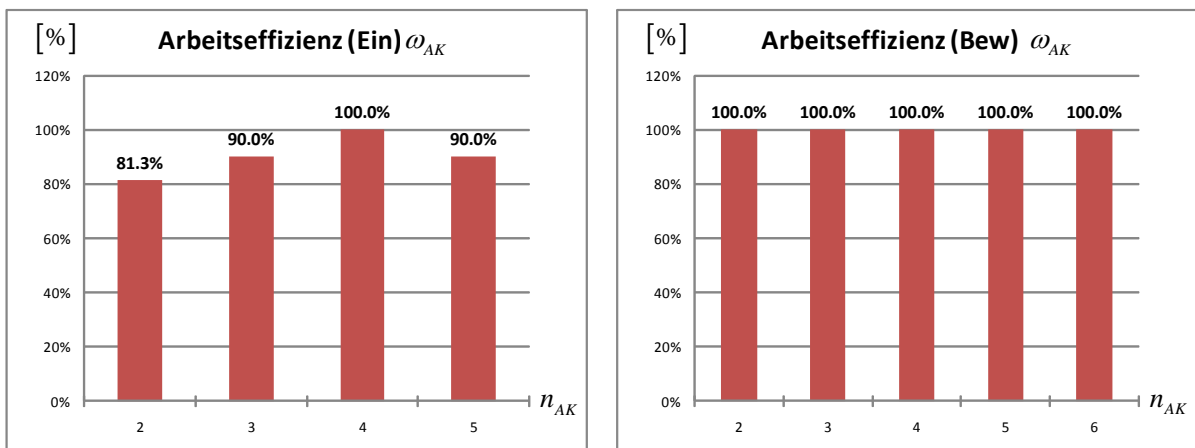
In Bild 12 wurde der Arbeitskräfteeinsatz für einen Fall dargestellt, in dem die Arbeitseffizienz für das Einschalen der Deckentische variabel ist. Im ersten Entwurf bei der Verwendung der optimalen Arbeitskräftestärke (in beiden Fällen vier Arbeitskräfte) wird deutlich, dass auch hier die Arbeitskräfteauslastung stark schwankt, wenn man erreichen will, dass die beiden Prozesse in maximal 16 Zeiteinheiten abgeschlossen sind.



<u>Theoretische Elementarprozessdauern:</u>	Einschalen: 20h	Bewehren 52h	Gesamt 72h
<u>Reale Elementarprozessdauern:</u>	Einschalen: 5h	Bewehren 13h	(Gesamt 16h)
<u>Lohnstunden:</u>	Einschalen: 20h	Bewehren 52h	Gesamt 72h

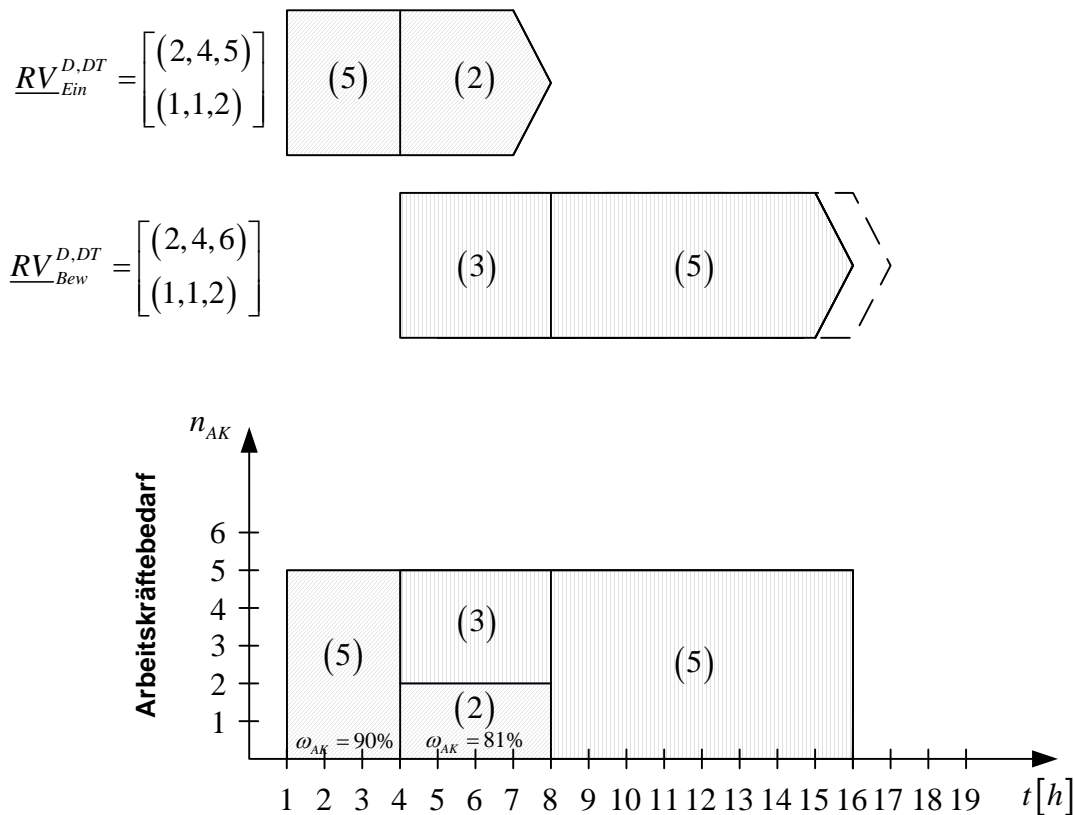
**Bild 12: Arbeitskräfteeinsatz bei variabler Arbeitseffizienz**

Unter der Berücksichtigung der in Bild 13 links dargestellten Arbeitseffizienz für die Equipe Einschalen Deckentische wird nun nach einer besseren Lösung gesucht. Nur beim Einsatz von vier Arbeitskräften wird eine Arbeitseffizienz von 100% erreicht. Für drei oder fünf Arbeitskräfte sinkt die Arbeitseffizienz auf 90%, bei drei Arbeitskräften sogar auf 81.3%. Für den Elementarprozess Bewehren wird eine konstante Arbeitseffizienz von 100% angenommen (Bild 13 rechts).



**Bild 13: Arbeitseffizienz Einschalen und Bewehren Deckentische**

Doch trotz der suboptimalen Arbeitseffizienz wird eine insgesamt bessere Arbeitskräfteeinsatzplanung möglich.



<u>Theoretische Elementarprozessdauern:</u>	Einschalen: 20h	Bewehren 52h	Gesamt 72h
<u>Reale Elementarprozessdauern:</u>	Einschalen: 7h	Bewehren 12h	(Gesamt 15h)
<u>Lohnstunden:</u>	Einschalen: 23h	Bewehren 52h	Gesamt 75h

**Bild 14: Arbeitskräfteeinsatz bei variabler Arbeitseffizienz (optimiert)**

In Bild 14 ist eine optimierte Variante dargestellt. Deutlich besser ist die Arbeitskräfteauslastung mit konstant fünf Arbeitskräften. Durch die reduzierte Arbeitseffizienz steigt der Lohnstundenverbrauch für die Equipe Einschalen Deckentisch von 20h auf 23h an (Details zur Berechnung des Lohnstundenverbrauchs sind in Kap. 5 dargestellt). Durch den Einsatz von gleichmässig fünf Arbeitskräften wird der Gesamtprozess sogar eine Zeiteinheit früher fertig.

### 3.4.3 Anordnungsbeziehungen zwischen Elementarprozessen

Zur Analyse der gegenseitigen Interaktionen zwischen den Elementarprozessen sind zu Beginn die Anordnungsbeziehungen zwischen den einzelnen Prozessen zu untersuchen.

Die Bezeichnungen dieser Anordnungsbeziehungen kommen aus der Netzplantechnik, da schlussendlich der kürzeste Weg gefunden werden soll.

In den meisten Fällen handelt es sich hierbei um Normalfolgen, d. h. Ende-Anfang-Beziehungen: B kann begonnen werden, sobald A beendet worden ist. Dabei kann es auch vorkommen, dass ein Elementarprozess durch Zwischenziele in kleinere Einheiten aufgeteilt wird.

#### *Beispiel 1:*

Mit dem Bewehren der Kernwände kann erst begonnen werden, wenn eine Mindestfläche der Innenseite (Zwischenziel) eingeschalt ist. Dieses Zwischenziel wurde im Beispiel in Bild 15 mit 33% angenommen.

Um diesen Sachverhalt auszudrücken, wird die nachfolgende Terminologie für die Anordnungsbeziehungen festgelegt:

$$AB_{\text{Nachfolger-Fertigstellungsgrad}}^{\text{Vorgänger-Fertigstellungsgrad}}$$

Für das Beispiel 1 wird das folgendermassen verwendet:

$$AB_{2-0\%}^{1-33\%}$$

$AB_{2-0\%}^{1-33\%}$  = Anordnungsbeziehung, d.h. der Nachfolger (*Prozess 2*) [–]  
 kann bei 0% starten, sobald der Vorgänger (*Prozess 1*)  
 zu 33% fertig gestellt wurde

Die Zuordnung Prozess 1, Prozess 2 erfolgt durch die Nummern in Bild 15. Prozess 1 ist das Einschalen der Schachtschalung (SS), Prozess 2 ist das Bewehren der Kernwände bei Schacht-/Rahmenschalung (SS/RS).

#### *Beispiel 2:*

Die Bewehrung von Kernwänden (Prozess 2) muss vollständig sein, damit der letzte Teil der Aussenschalung (Prozess 3) montiert werden kann. Der nach dem Abschluss der Bewehrungsarbeiten verbleibende Anteil der Aussenschalarbeiten

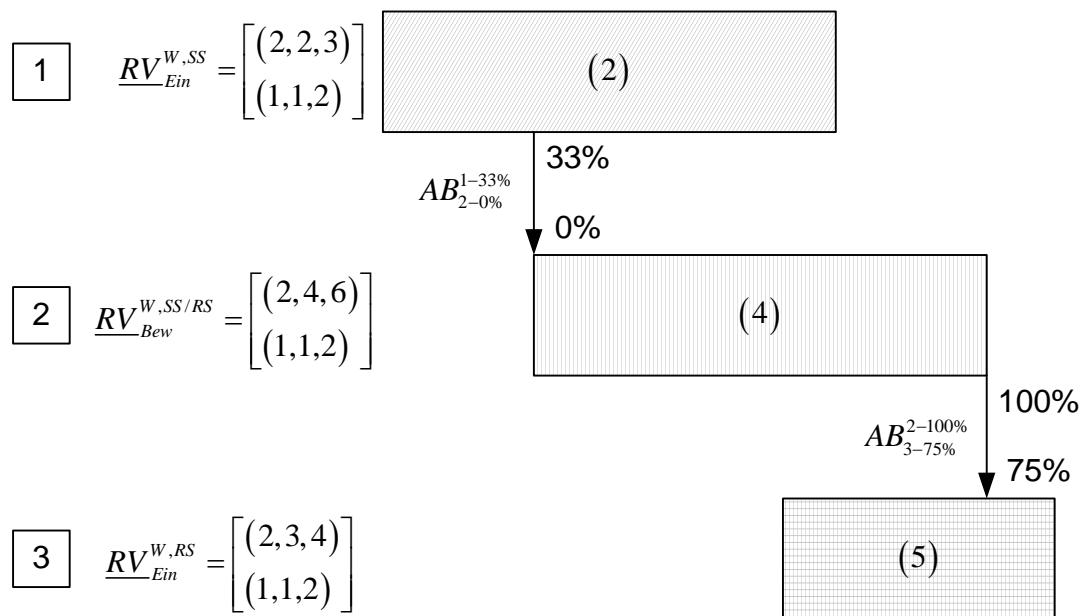
wurde für das Beispiel in Bild 15 mit 25% angenommen. Das bedeutet, dass bis zu diesem Zeitpunkt maximal 75% der Aussenschalarbeiten abgeschlossen sein können.

Für das Beispiel 2 wird das auf folgende Weise dargestellt:

$$AB_{3-75\%}^{2-100\%}$$

$AB_{3-75\%}^{2-100\%}$  = Anordnungsbeziehung, d.h. der Nachfolger (*Prozess 3*) [–]  
kann bei 75% starten, sobald der Vorgänger (*Prozess 2*)  
zu 100% fertig gestellt wurde

Grafisch werden diese Anordnungsbeziehungen mit den senkrechten Pfeilen in Bild 15 dargestellt. Auf der linken Seite findet sich zum einen in den schwarzen Quadraten die Nummerierung der Prozesse, daneben ist die jeweilige Ressourcenverfügbarkeit dargestellt.



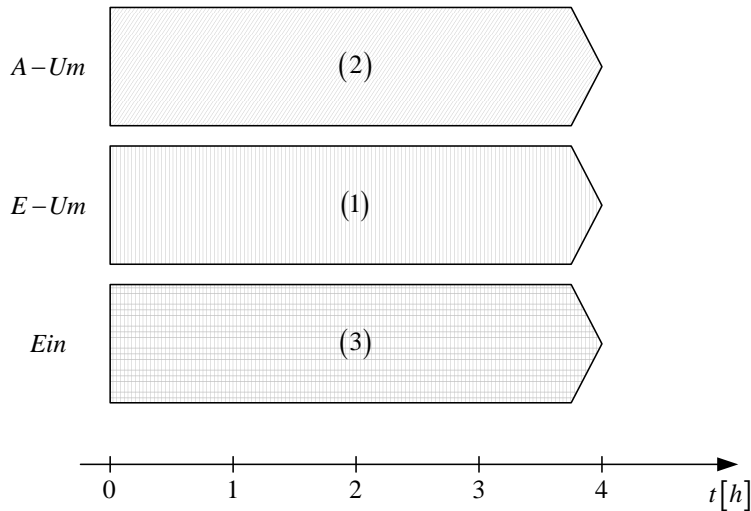
**Bild 15: Beispiel für Anordnungsbeziehungen**

Durch die festgelegte Terminologie für die Anordnungsbeziehungen ist es nun möglich, sowohl grafisch wie auch mathematisch sofort bestimmen zu können, in welchem Bereich die einzelnen Elementarprozesse während der Optimierung verschoben werden können, ohne zu Konflikten beim Ablauf zu führen.

Zwischen zwei Prozessen können mehr als eine Anordnungsbeziehung herrschen.

### 3.4.4 Arbeitsgruppenbildung bei der Cyclone-Analyse

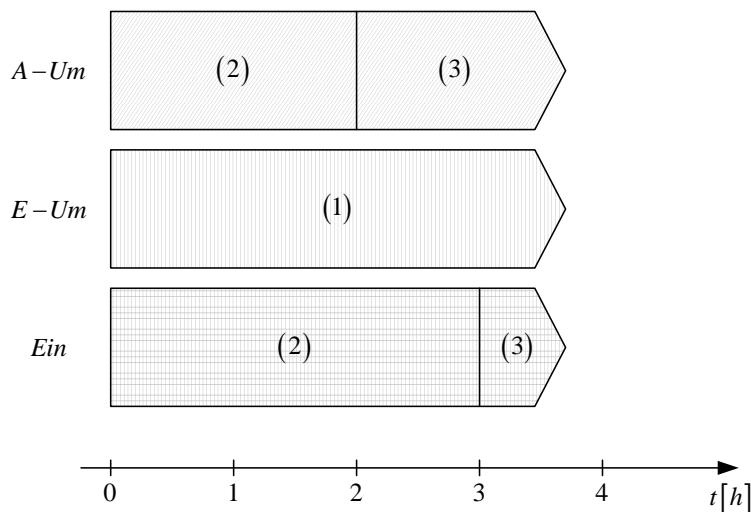
Bisher wurden im Kapitel 3.3 bei der Cyclone-Analyse nur Prozesse untersucht, bei denen die Equipenkombination nicht variiert wird. Bild 16 zeigt diesen Ansatz in Prozessdarstellung:



**Bild 16: Cyclone-Analyse für invariable Equipenkombination (Deckentische)**

Dies spiegelt die Baustellenpraxis aber nicht genügend wieder, da üblicherweise die Equipenkombinationen über die Zeit variiert werden, um eine ausgeglichene Arbeitskräfteauslastung zu erhalten.

Daher sollen nun die in den vorangegangenen Kapiteln vorgestellten Möglichkeiten zur Variationen der Equipenkombination auch für die Prozesse angewendet werden. Bild 17 zeigt eine solche Variation der Equipenkombination.



**Bild 17: Cyclone-Analyse für variable Equipenkombination (Deckentische)**

Die in Bild 17 dargestellte Variation spiegelt folgende Baustellensituation dar: die ersten Deckentischelemente können auf Grund kurzer Transportstrecken in kurzer Zeit aus der Etage herausgeschoben werden. Über die Zeit werden diese Transportstrecken länger und um die Wartezeiten am Kran zu minimieren, wird ab der Zeiteinheit zwei die Arbeitskräfteanzahl bei der Ausschal-Umsetzen-Equipe erhöht. Zudem wird gegen Ende der Arbeiten noch die Einschal-Equipe auf drei Arbeitskräfte aufgestockt. In der Konsequenz wird der Gesamtprozess (Ausschal-Umsetzen–Einschal-Umsetzen–Einschalen) im Vergleich zu Bild 16 verkürzt (3.7 statt 4.0 Zeiteinheiten).

Die Cyclone-Analyse kann und sollte daher auch für variierte Equipenkombinationen durchgeführt werden. Um den Rechenaufwand nicht ins Unendliche zu treiben, sollten Variationen der Equipenkombination nur in vorher festgelegten Intervallen (z.B. 0.5 Stunden, 1.0 Stunde oder 2.0 Stunden) möglich sein. Nur so lässt sich auch eine praktikable Umsetzung auf der Baustelle erreichen.

Bei der Verwendung einer Intervalldauer von 1.0 Stunden ergibt sich für dieses dargestellte Beispiel eine Gesamtsumme der Kombinationsmöglichkeiten von:

$$n_{Komb.variabel} = n_{Komb.invariabel} \cdot \frac{Gesamtdauer}{Intervalldauer} = 162 \cdot \frac{4.0}{1.0} = 648$$

Eine Berechnung ohne PC-Unterstützung ist somit nicht möglich.

Auch bei der Cyclone-Analyse muss bei der Variation der Arbeitskräftekombination die dementsprechende Arbeitseffizienz berücksichtigt werden.

Für die in Bild 17 dargestellte variable Equipenkombination sind die Ergebnisse der Cyclone-Analyse in Tabelle 4 angegeben. Berücksichtigt werden die verschiedenen Equipenkombinationen pro Intervall. Die Wartezeitenbewertung erfolgt jedoch über die gesamte Betrachtungszeit von Zeiteinheit 0.0 bis Zeiteinheit 3.7.

**Tabelle 5: Outputdaten für die Wartezeitenkoeffizientenanalyse von Bild 17**

OUTPUT	A-Um	E-Um	Ein	Bewertung	Reaktion
<b>Zeiteinheit von 0.0 bis 2.0 von 2.0 bis 3.0 von 3.0 bis 3.7</b>				$\Theta_{Warten,A-Um,DT}^{D,DT} = 2\%$ ✓	→Equipen- kombination geeignet
	(2)	(1)	(2)	$\Theta_{Warten,E-Um,DT,A}^{D,DT} = 4\%$ ✓	
	(3)	(1)	(2)	$\Theta_{Warten,E-Um,DT,B}^{D,DT} = 2\%$ ✓	
	(3)	(1)	(3)	$\Theta_{Warten,Um-Ges,DT}^{D,DT} = 8\%$ ✓	
				$\Theta_{Warten,Ein}^{D,DT} = -3\%$ ✓	



Durch geschickte Kombination verschiedener Equipenkombination können so sehr leistungsfähige Ergebnisse erreicht werden. Die Equipenkombination (3)-(1)-(2) wurde bei der Bewertung in Tabelle 4 (auf Seite 1055) als nicht geeignet eingestuft. Über den Gesamtzeitraum von 4.0 Zeiteinheiten ergeben sich zu grosse Wartezeiten bei der Ausschal-Umsetzen-Equipe. Wird diese Kombination jedoch nur im zweiten Intervall (Zeiteinheiten 2.0 bis 3.0) eingesetzt, erweist sie sich in der Gesamtbewertung als geeignet.

### 3.5 Arbeitskräfteeinsatzplanung

#### 3.5.1 Ermittlung des Zielarbeitstaktes

Für jede Baustelle gibt es in Bezug auf die Arbeitskräfteeinsatzplanung unterschiedliche Randbedingungen, die es zu beachten gibt. Die drei Hauptrandbedingungen sind:

- Reguläre Anzahl Arbeitsstunden pro Schicht
- Reguläre Anzahl Schichten pro Tag
- Reguläre Anzahl Arbeitstage pro Woche

Unter Berücksichtigung dieser Randbedingungen wird ein Zielarbeitstakt entwickelt. Startarbeitstakte (bei den ersten Geschossen) und Abschlussarbeitstakte (bei den letzten Geschossen) bleiben hier vorerst unberücksichtigt, werden aber dann im Kapitel 5.5 bei der Ermittlung des relevanten Gesamtstundenlohnes integriert. Zur Entwicklung des Zielarbeitstaktes werden zuerst die Elementarprozesse in einer Entwurfsphase in der Zeitschiene arrangiert. Davon ausgehend wird dann in einem iterativen Optimierungsvorgang der Zielarbeitstakt ermittelt. In diesem Optimierungsvorgang werden die einzelnen Elementarprozesse unter Berücksichtigung ihrer Variationsmöglichkeiten hinsichtlich der Arbeitskräfteanzahl und hinsichtlich der Anordnungsbeziehungen so lange variiert, bis sowohl der Zielarbeitstakt erreicht wurde als auch eine gleichmässige Ressourcenbelegung (Arbeitskräfte) sichergestellt sind.

Dieser Optimierungsvorgang wird in nachfolgendem Beispiel vorgestellt. In diesem Beispiel sollen 400 m<sup>2</sup> Decke mit Systemträgerschalung erstellt werden. Folgende Werte bzw. Randbedingungen werden angenommen:

- Reguläre Anzahl Arbeitsstunden pro Schicht *9h*
- Reguläre Anzahl Schichten pro Tag *1*
- Reguläre Anzahl Arbeitstage pro Woche *5d*

Zur Darstellung der Arbeitskräfteeinsatzplanung wird die bestehende Terminologie weiterentwickelt:

$$\text{Ausschalen: } \underline{RV}_{Aus}^{D,STS} = \begin{bmatrix} (2,2,3) \\ (1,2,3) \end{bmatrix} \Rightarrow T_{Aus,(2,2)}^{Real,D,STS} = 10h$$

**Erklärung:** Für das Ausschalen werden auf der linken Seite (des Pfeils) die Intervalle der möglichen Equipenstärke und auch der möglichen Equipenanzahl angegeben. Rechts (des Pfeils) wird dargestellt, dass bei der Wahl der optimalen Werte von (2,2) die reale Elementarprozessdauer zehn Stunden betragen würde.

Für die einzelnen Elementarprozesse ergeben sich in diesem Beispiel folgende Bedingungen:

$$\text{Ausschalen (1): } \underline{RV}_{Aus}^{D,STS} = \begin{bmatrix} (2,2,3) \\ (1,2,3) \end{bmatrix} \Rightarrow T_{Aus,(2,2)}^{Real,D,STS} = 10h$$

$$AB_{2-0\%}^{1-20\%} \quad \text{und} \quad AB_{2-90\%}^{1-100\%}$$

$$\text{Umsetzen (2): } \underline{RV}_{Um}^{D,STS} = \begin{bmatrix} (1,1,2) \\ (1,1,2) \end{bmatrix} \Rightarrow T_{Um,(1)}^{Real,D,STS} = 20h$$

$$AB_{3-0\%}^{2-20\%} \quad \text{und} \quad AB_{3-90\%}^{2-100\%}$$

$$\text{Einschalen (3): } \underline{RV}_{Ein}^{D,STS} = \begin{bmatrix} (2,2,3) \\ (1,2,3) \end{bmatrix} \Rightarrow T_{Ein,(2,2)}^{Real,D,STS} = 20h$$

$$AB_{4-0\%}^{3-30\%} \quad \text{und} \quad AB_{4-90\%}^{3-100\%}$$

$$\text{Bewehren (4): } \underline{RV}_{Bew}^{D,STS} = \begin{bmatrix} (2,4,6) \\ (1,1,2) \end{bmatrix} \Rightarrow T_{Bew,(4)}^{Real,D,STS} = 51h$$

$$AB_{5-0\%}^{4-100\%}$$

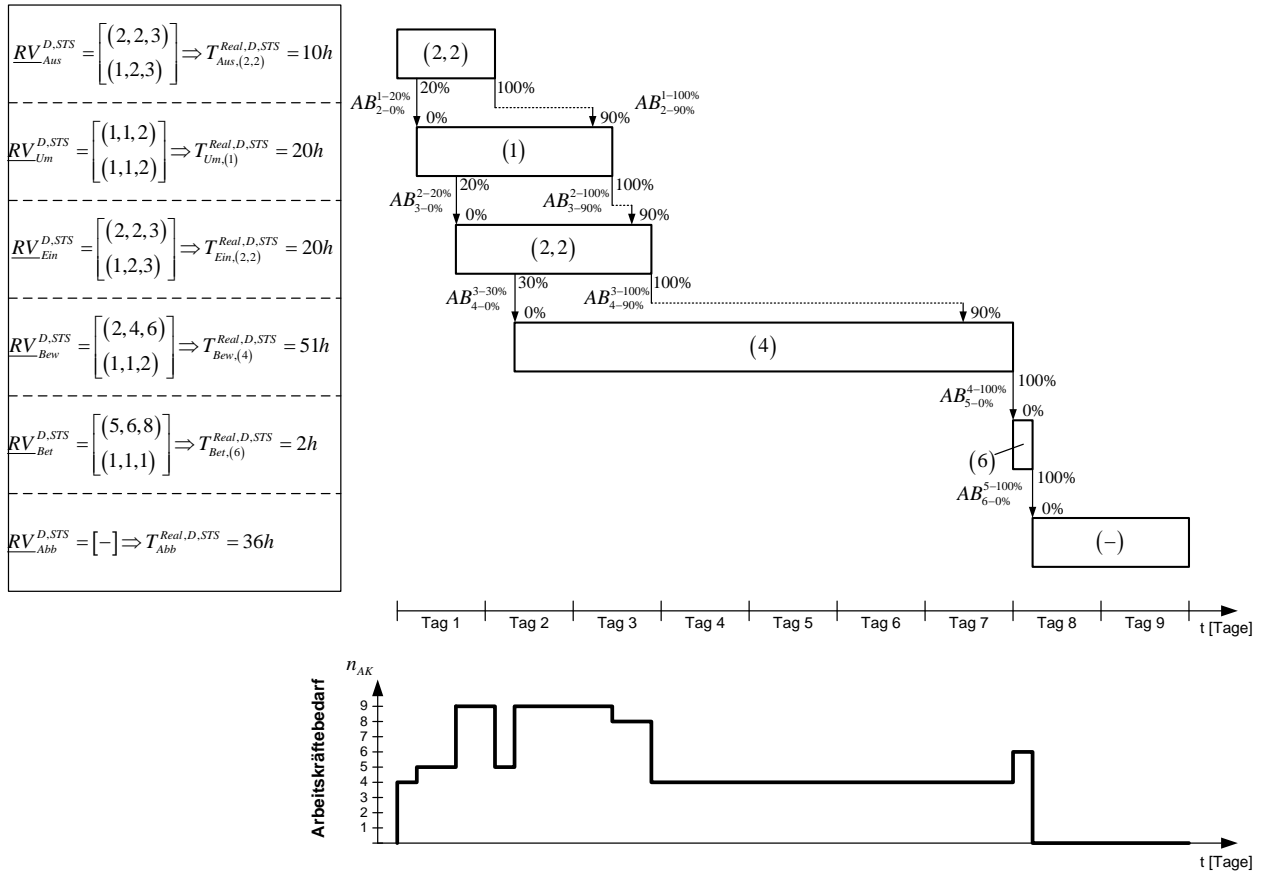
$$\text{Betonieren (5): } \underline{RV}_{Bet}^{D,STS} = \begin{bmatrix} (5,6,8) \\ (1,1,1) \end{bmatrix} \Rightarrow T_{Bet,(6)}^{Real,D,STS} = 2h$$

$$AB_{6-0\%}^{5-100\%}$$

$$\text{Abbinden (6): } \underline{RV}_{Abb}^{D,STS} = [-] \Rightarrow T_{Abb}^{Real,D,STS} = 36h$$

Die Elementarprozesse wurden durchnummeriert (von eins bis sechs), damit die Darstellung und Identifikation der Anordnungsbeziehungen möglich ist.

Bei Berücksichtigung dieser Eingangswerte würde sich folgende Arbeitskräfteeinsatzplanung ergeben (Bild 18):



**Bild 18: Beispiel - Arbeitskräfteeinsatzplanung**

Bei der Erstellung dieser Arbeitskräfteeinsatzplanung wurden die einzelnen Elementarprozesse nach der Methode „frühester möglicher Beginn“ angeordnet. Zudem wurden die optimalen Arbeitsgruppenstärken und die optimalen Equipenzahlen verwendet. Es ergibt sich in diesem Fall eine Gesamtdauer von mehr als sieben Tagen (ohne Berücksichtigung der Abbindezeit). Im unteren Teil von Bild 18 wurde zudem dargestellt, wie viele Arbeitskräfte jeweils benötigt werden. Es wird deutlich, dass diese Arbeitskräfteeinsatzplanung zu einer stark schwankenden Auslastung führt, die baupraktisch nicht wünschenswert ist.

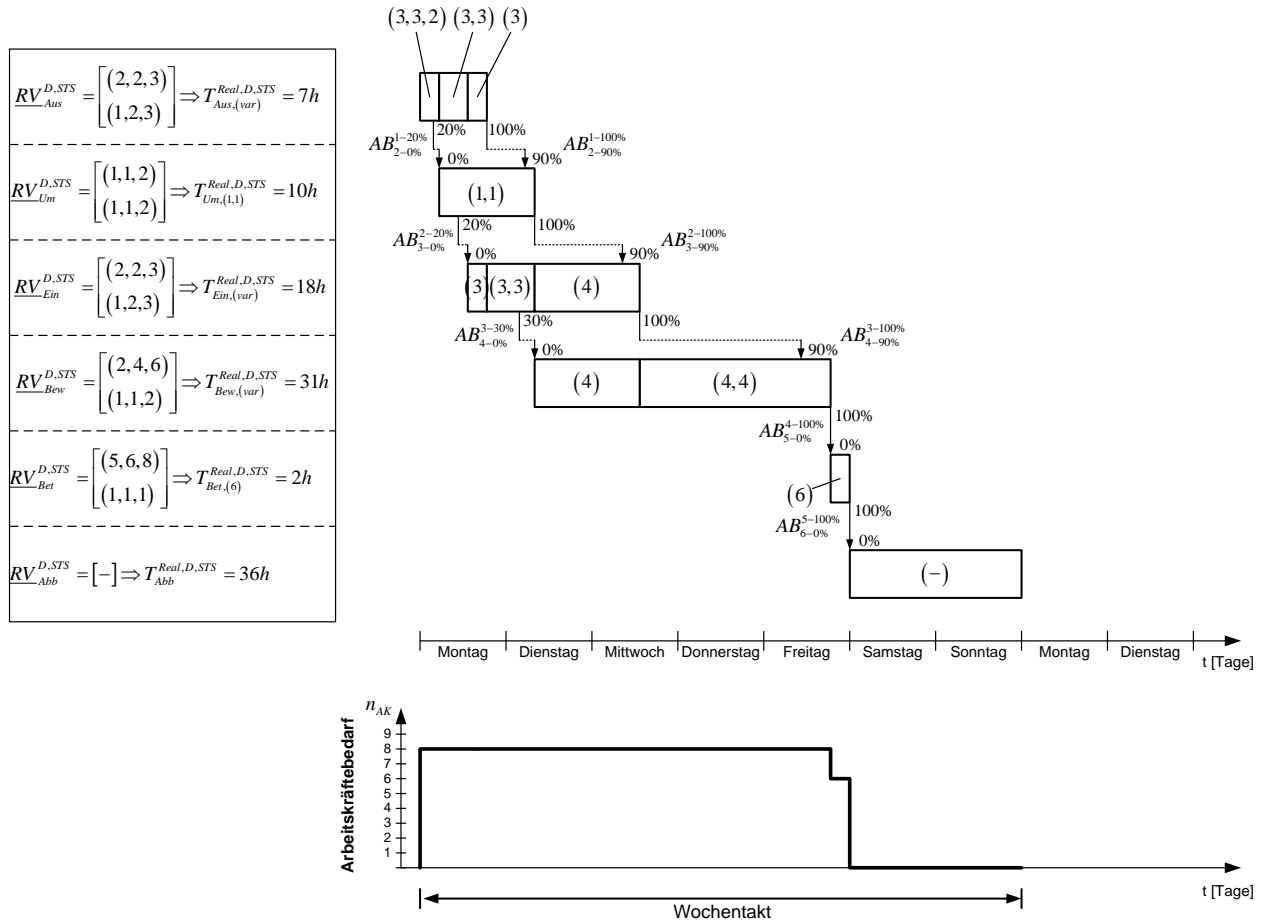
In einem iterativen Optimierungsvorgang wird daher versucht, die Gesamtdauer zu verkürzen und gleichzeitig eine ausgeglichene Arbeitskräfteauslastung zu erreichen.

Für dieses Beispiel wurde als Ziel vorgegeben, einen Arbeitstakt von fünf Tagen zu ermöglichen, damit der Abbindeprozess während der Arbeitspause am Wochenende stattfinden kann.

In Bild 19 ist eine mögliche Lösung dargestellt, die die oben aufgeführten Randbedingungen erfüllt. Es gibt noch zahlreiche weitere Lösungen, die gegenüber

der dargestellten Lösung Stärken bzw. Schwächen in folgenden Bereichen aufweisen können:

- Ausgeglichenheit der Arbeitskräfteanzahl
- Anzahl, wie oft die Arbeitskräfteanzahl pro Elementarprozess gewechselt wird.
- Vorhandensein von Pufferzeiten



**Bild 19: optimierte Arbeitskräfteeinsatzplanung**

Im linken Teil von Bild 19 erkennt man, dass sich die realen Elementarprozessdauern im Vergleich zu Bild 18 verkürzt haben. Bei den Elementarprozessen Ausschalen, Einschalen und Bewehren wurde die Arbeitskräfteanzahl über die Prozesszeit verändert. Dies wird mit einem (var) angezeigt:

$$T_{Ein,(var)}^{Real,D,STS} = 18h$$

$T_{Ein,(var)}^{Real,D,STS}$  = Reale Elementarprozessdauer für das Einschalen (Ein) [min]  
 von Systemträgerschalungen (STS) bei Decken (D)  
 mit variabler (var) Arbeitskräfteanzahl

Die oben dargestellten Möglichkeiten zur Erstellung einer Arbeitskräfteeinsatzplanung setzen voraus, dass die Arbeiten von eigenen Leuten durchgeführt werden. Für den Fall, dass manche Tätigkeiten durch Subunternehmer ausgeführt werden (z.B. Bewehrung) reduzieren sich in den meisten Fällen die Möglichkeiten der Optimierung, da dann die Arbeitskräfteanzahl für den Bewehrungstrupp fix ist und nicht mehr in Kombination mit anderen Prozessen variiert werden kann.

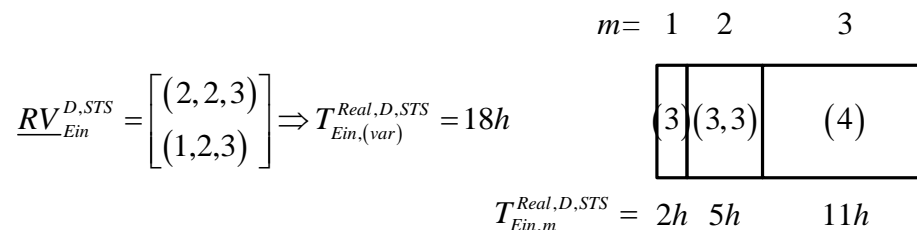
Für den Fall, dass die Arbeitskräfteanzahl bei einer realen Elementarprozessdauer variiert, wird für die spätere Verwendung bei der Ermittlung des Lohnstundenverbrauchs (Kap. 5.1) der Laufindex  $m$  eingeführt. Beim vorangegangenen Beispiel der realen Elementarprozessdauer für das Einschalen ergibt sich dann Folgendes:

$$T_{Ein,(var)}^{Real,D,STS} = \sum_{m=1}^{m=3} T_{Ein,m}^{Real,D,STS} = T_{Ein,(3)}^{Real,D,STS} + T_{Ein,(3,3)}^{Real,D,STS} + T_{Ein,(4)}^{Real,D,STS} = 2h + 5h + 11h = 18h$$

$T_{Ein,(var)}^{Real,D,STS}$  = Reale Elementarprozessdauer für das Einschalen ( $Ein$ ) [min] von Systemträgerschalungen ( $STS$ ) bei Decken ( $D$ ) mit variabler ( $var$ ) Arbeitskräfteanzahl

$T_{Ein,m}^{Real,D,STS}$  = Reale Elementarprozessdauer für das Einschalen ( $Ein$ ) [min] von Systemträgerschalungen ( $STS$ ) bei Decken ( $D$ ) mit Laufindex  $m$  (für die Zuordnung der variablen Arbeitskräfteanzahl)

In Bild 20 wurde der Elementarprozess Einschalen aus Bild 19 zur Verdeutlichung der Verwendung des Laufindex  $m$  dargestellt. Die Zuordnung von  $m=1$  bis  $m=3$  in Bezug auf die jeweilige reale Elementarprozessdauer wird somit deutlich.



**Bild 20: Variable Arbeitskräfteanzahl beim Einschalen von Systemträgerschalungen**

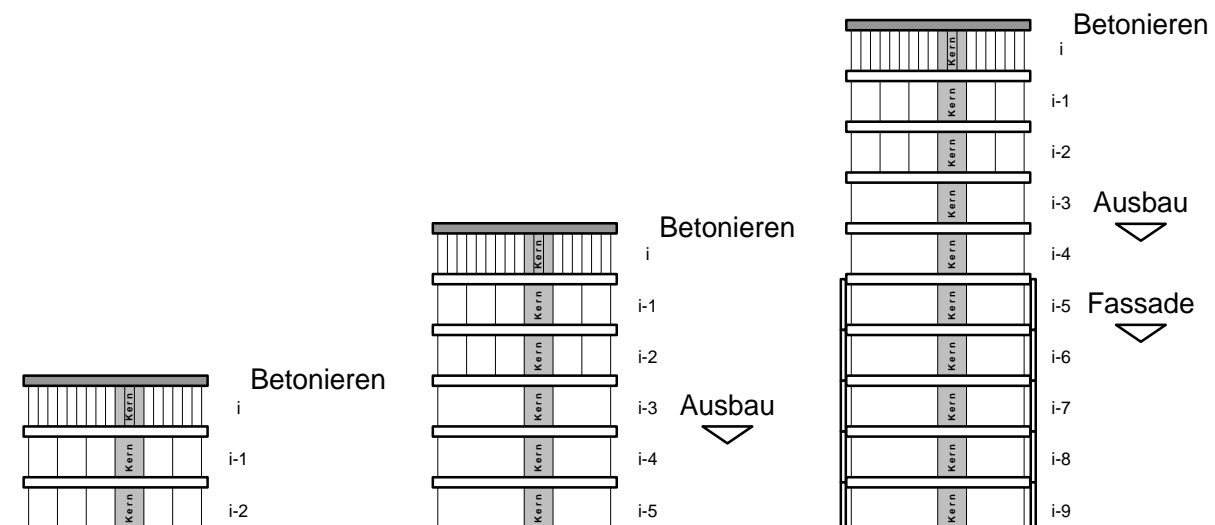
## 4 Logistik-Interaktionen-Analyse

### 4.1 Bauablauf

Bei der Cyclone-Analyse wurde die Interaktion der Equipen mit dem Kran untersucht. Die anderen Elementarprozesse wurden jedoch bisher ohne die Einflüsse anderer Tätigkeiten im Bauablauf betrachtet. Nachfolgend wird untersucht, inwiefern der Kran eine Rückkopplung zu den Tätigkeiten von z.B. Ausbau oder Fassade darstellt und welche Konsequenzen dies auf die Elementarprozessdauern hat.

#### 4.1.1 Logistik bei Ausbau und Fassade

Sobald genügend Etagen errichtet wurden, dass sich die Rohbau- und Ausbautätigkeiten nicht mehr gegenseitig behindern, wird üblicherweise mit dem Ausbau begonnen (mittlere Darstellung in Bild 21). Ist der Ausbau selber bereits ausreichend vorangeschritten, werden auch die Fassadenarbeiten begonnen (rechte Abbildung in Bild 21).



**Bild 21: Baufortschritt**

Prinzipiell sollen für die weiteren Betrachtungen die Kranaktivitäten in zwei Hauptkategorien getrennt werden:

- Einfacher Hub (Abgekürzt: EH)
- Kombiniertes Hub (Abgekürzt KH)

Unter einem einfachen Hub wird ein Kranhub verstanden, der nur die Tätigkeiten Last anschlagen, Umsetzen, Last lösen und Kranhaken zurück in Ausgangslage beinhaltet.

*Beispiel (Einfacher Hub):*

Beim Transport von Baumaterialien (Ziegel, Gipskartonplatten etc.) wird die Palette am Kran angeschlagen, vom Lagerplatz zum Zielpunkt umgesetzt und schliesslich vom Kran abgeschlagen.

Im Gegensatz dazu werden bei einem kombinierten Hub zusätzliche Tätigkeiten wie zum Beispiel „Montage“ mit dem Kran durchgeführt. Es ergibt sich dann folgende Prozesskette: Last anschlagen, Umsetzen, Montage, Last lösen und Kranhaken zurück in Ausgangslage.

*Beispiel (Kombinierter Hub):*

Die Rahmenschalung wird an der Lagerposition am Kran angeschlagen, zum Zielpunkt transportiert, dann montiert und vom Kran abgeschlagen, schliesslich kommt der Kranhaken zurück in die Ausgangslage.

Die verschiedenen Kranhübe können neben der Differenzierung einfacher und kombinierter Hub zusätzlich in die folgenden Subkategorien eingegliedert werden:

- Rohbau
- Ausbau
- Fassade

In Tabelle 6 wurde diese Eingliederung zusammen mit Beispielen dargestellt.

**Tabelle 6: Differenzierung der Kranhübe**

	Kranhub	
	Einfacher Hub	Kombinierter Hub
<b>Rohbau</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Materialtransport (z.B. Bewehrungsstahl, Ziegel)</li> <li>• Umsetzen Schalung (z.B. STS)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Betonieren mit Kübel</li> <li>• Montage von Fertigteilstützen</li> <li>• Umsetzen Schalung (z.B. DT, SS/RS)</li> </ul>
<b>Ausbau</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Materialtransport (z.B. Gipskartonplatten)</li> </ul>	-
<b>Fassade</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Materialtransport (z.B. Befestigungsmittel)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Montage von Fassadenelementen</li> </ul>



Die Kombination Kombiniertes Hub – Ausbau ist im Regelfall nicht existent, da der Kran hier keine Montagen mehr durchführen kann.

Zur näheren Betrachtung der Kranlogistik werden zudem folgende Begrifflichkeiten eingeführt:

- Transportprozess (Abgekürzt: TP)
- Korrespondierender Prozess (Abgekürzt: KP)

Der Transportprozess betrifft nur die Kranaktivität, d.h. die Prozesszeit, die der Kran durch den Transport einer Einheit belegt ist.

Der korrespondierende Prozess beinhaltet diejenigen Tätigkeiten, die zum Transportprozess in Abhängigkeit stehen.

Die Abhängigkeit zwischen Transportprozess und korrespondierendem Prozess wird folgendermassen differenziert:

- Indirekte Abhängigkeit (beim einfachen Hub)
- Direkte Abhängigkeit (beim kombinierten Hub)

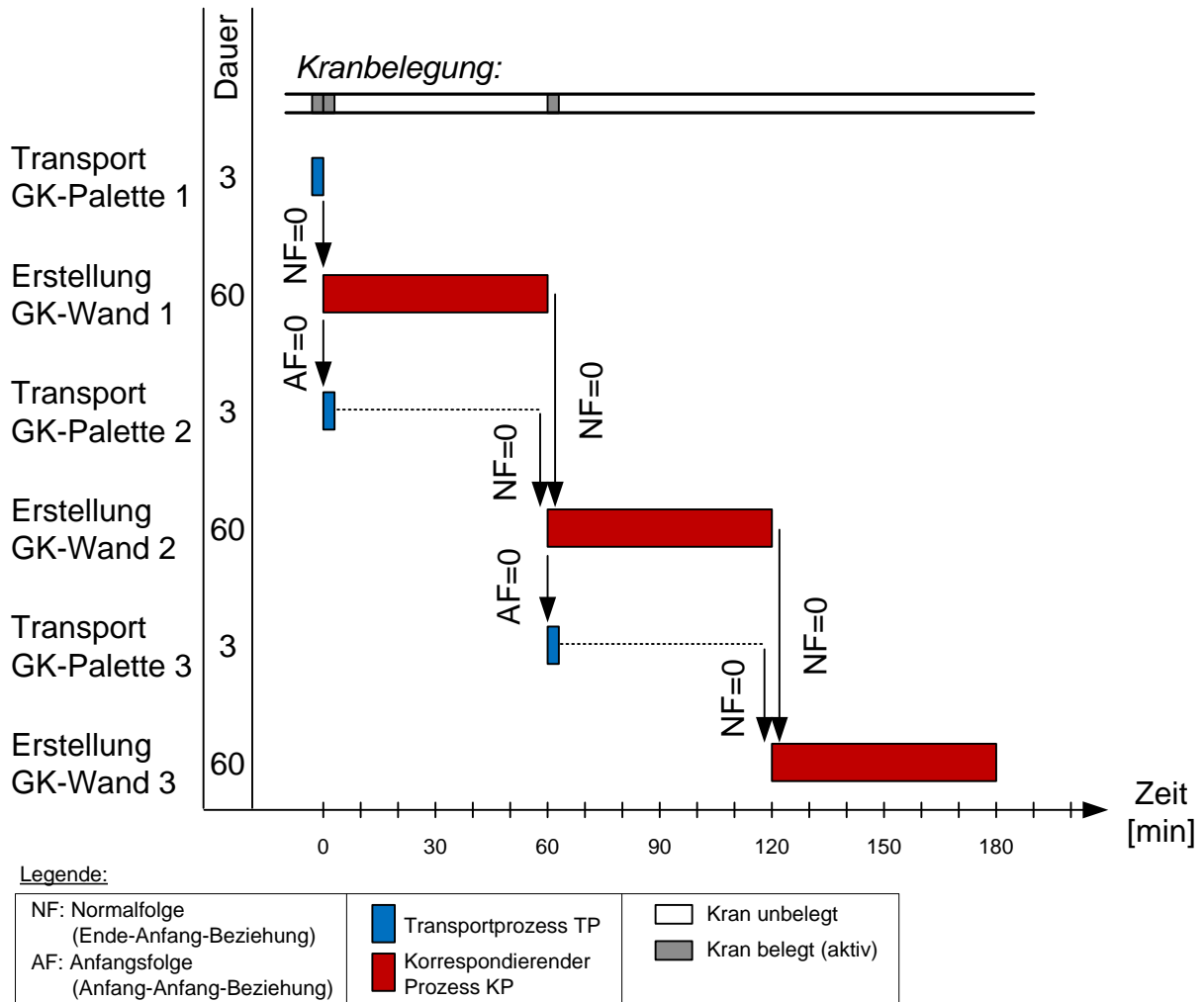
Die indirekte Abhängigkeit bedeutet, dass für die Bautätigkeiten eine Vorarbeit durch den Kran notwendig ist. Für die Bautätigkeit selbst ist jedoch kein Kran notwendig. Für das Beispiel „Einfacher Hub“ bedeutet dies, dass die Bautätigkeiten erst dann durchgeführt werden können, wenn die Gipskartonplatten auf ihrem Zielpunkt (Lagerplatz auf der Etage auf der die Gipskartonwand erstellt werden soll) abgestellt wurden. Die Erstellung der Gipskartonwand kann dann ohne Kran durchgeführt werden. Natürlich nur so lange, bis der Vorrat an Gipskartonplatten verbraucht ist. Ist der Vorrat erschöpft, kommen die Tätigkeiten zum Stillstand.

Bei der direkten Abhängigkeit sind Transportprozess und korrespondierender Prozess fest verknüpft. Dies bedeutet, dass die Bautätigkeiten ohne Kran nicht ausgeführt werden können und somit zum Stillstand kommen.

Im oben begonnenen Beispiel „Montage Rahmenschalung“ (kombiniertes Hub) folgt dann: Ist der Kran mit anderen Tätigkeiten belegt, können keine Rahmenschalungen montiert werden.

### 4.1.2 Einfacher Hub

In Bild 22 sind die indirekten Abhängigkeiten zwischen Materialtransport (Einfacher Hub) und Materialeinbau mit Anfangs- und Normalfolgen dargestellt:



**Bild 22: Ablaufplanung Erstellung Gipskarton-Wand**

Normalfolgen sind Anordnungsbeziehungen vom Ende eines Vorganges zum Anfang seines Nachfolgers. Anfangsfolgen sind Anordnungsbeziehungen vom Anfang eines Vorganges bis zum Anfang seines Nachfolgers.

Abgekoppelt von den Bautätigkeiten kann der Vorrat durch den Kran aufgefüllt werden. Im Bild 22 wurde angenommen, dass maximal zwei Paletten gleichzeitig auf der Einbautage gelagert werden können. Dies bedeutet dass der Transport der GK-Palette 2 frühestens zum Zeitpunkt = 0 min erfolgen kann. Dargestellt wird dies durch die Anfangsfolge AF = 0, d.h. nach dem Beginn des Vorgängers kann der Prozess mit 0 Zeiteinheiten Verzögerung begonnen werden. Die Normalfolge NF = 0 für den Transport der GK-Palette 2 bedeutet, dass der Vorgang spätestens bei Zeiteinheit 60 abgeschlossen sein muss, damit sich der nachgelagerte Vorgang nicht verschiebt.

Daraus resultiert der späteste mögliche Anfang bei Zeiteinheit 57 (=spätestes Ende minus Prozessdauer).

Analog kann die GK-Palette 3 frühestens bei Zeiteinheit 60, spätestens bei Zeiteinheit 117 auf die Etage geliefert werden.

Unter Berücksichtigung der eben dargestellten Randbedingungen kann nun die Kranbelegung ermittelt werden (Bild 22). Der Prozess Transport GK-Palette hat eine reale Dauer von drei Minuten. Die reale Gesamtdauer des korrespondierenden Vorgangs (Erstellung GK-Wand) beträgt 60 Minuten.

Die Kranbelegung wird nun folgendermassen dargestellt:

$$\underline{KB}^{EQ_{gew}} = \begin{pmatrix} T_{TP[EH]}^{Real} \\ T_{KP}^{Real} \end{pmatrix}^{(2)} = \begin{pmatrix} T_{Transport\ GK-Palette}^{Real} \\ T_{Erstellung\ GK-Wand}^{Real} \end{pmatrix}^{(2)} = \begin{pmatrix} 3.0 \\ 60.0 \end{pmatrix}^{(2)}$$

$KB$	= Kranbelegung ( $KB$ )	[–]
$EQ_{gew}$	= Equipenkombination ( $EQ$ ), die gewählt ( $gew$ ) wurde	[–]
$T_{TP[EH]}^{Real}$	= Reale Elementarprozessdauer für den Transportprozess ( $TP$ ) eines einfachen Hubes ( $EH$ )	[min]
$T_{KP}^{Real}$	= Reale Elementarprozessdauer für den korrespondierenden Prozess ( $KP$ )	[min]
(2)	= Kranbelegung bei einer Arbeitskräfteanzahl von zwei	[–]

### 4.1.3 Kombinierter Hub

Kombinierte HÜbe besitzen eine direkte Abhängigkeit zwischen dem Transportprozess und dem korrespondierenden Prozess. Es ist daher notwendig, den Transportprozess detaillierter zu betrachten. Der Prozess gliedert sich in:

- Leer (Weg der Krankatze zum Lagerplatz)
- Voll (Weg der Krankatze vom Lagerplatz zum Zielpunkt)
- Transfer B (Krankatze verweilt am Zielpunkt, bis Montage abgeschlossen ist)

Die Prozesszeit wird folgendermassen ermittelt:

$$T_{TP[KH]}^{Real} = T_{TP[KH-le]}^{Real} + T_{TP[KH-vo]}^{Real} + T_{TP[KH-Tr]}^{Real}$$

$T_{TP[KH]}^{Real}$  = Reale Elementarprozessdauer des Transportprozesses ( $TP$ ) beim kombinierten Hub ( $KH$ ) [min]

$T_{TP[KH-le]}^{Real}$  = Reale Elementarprozessdauer des leeren ( $le$ ) Transportprozesses ( $TP$ ) beim kombinierten Hub ( $KH$ ) [min]

$T_{TP[KH-vo]}^{Real}$  = Reale Elementarprozessdauer des vollen ( $vo$ ) Transportprozesses ( $TP$ ) beim kombinierten Hub ( $KH$ ) [min]

$T_{TP[KH-Tr]}^{Real}$  = Reale Elementarprozessdauer für Transfer B ( $Tr$ ) beim Transportprozess ( $TP$ ) des kombinierten Hubes ( $KH$ ) [min]

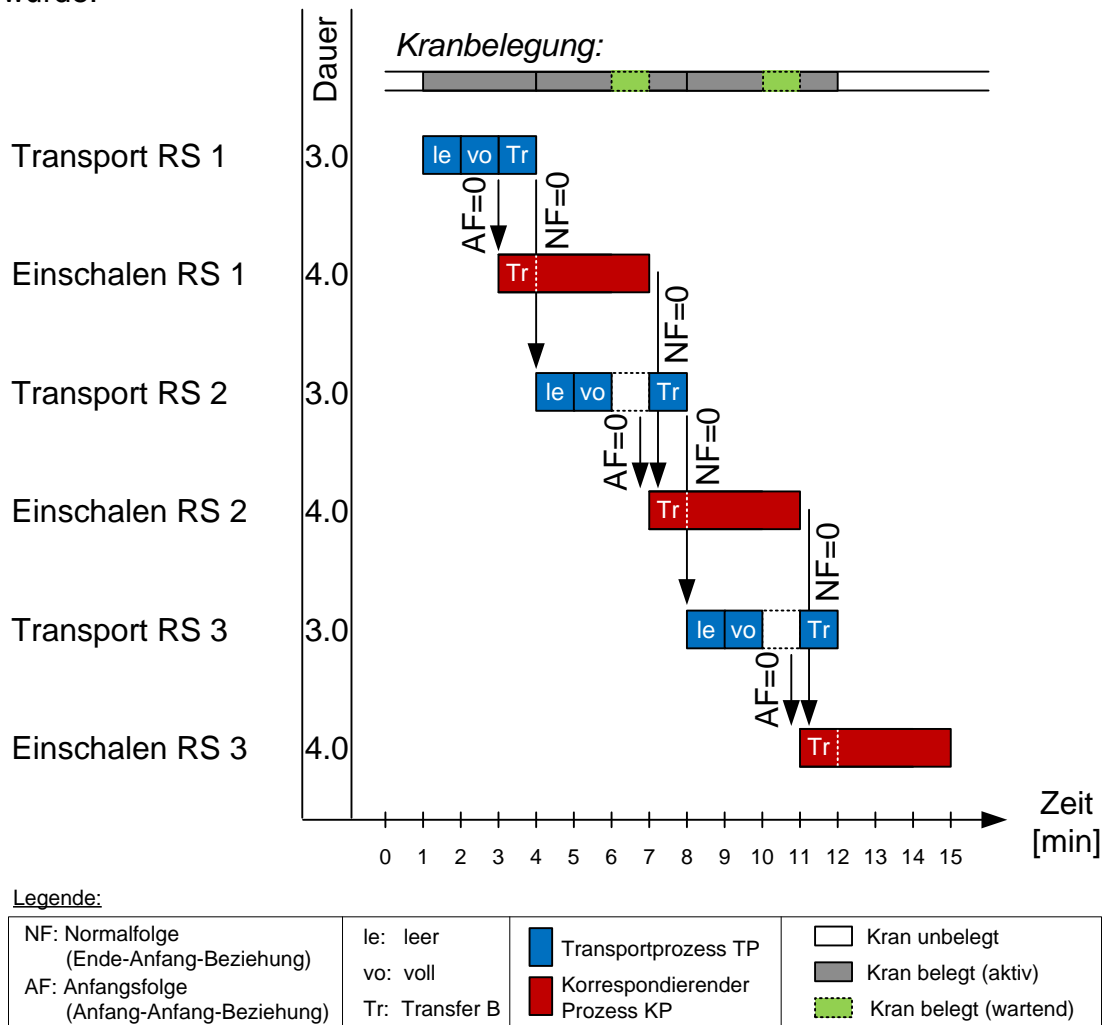
Nachfolgend wird nun in einem Beispiel gezeigt, warum diese Differenzierung notwendig ist. In Bild 23 ist der Umsetzungsvorgang Rahmenschalung dargestellt. Der Transportprozess dauert insgesamt 3.0 min. Davon fallen in diesem Beispiel auf die Teilprozesse leer, voll und Transfer B (Absetzen/Montage) jeweils 1.0 min.

Der korrespondierende Vorgang setzt sich aus den folgenden Bestandteilen zusammen:

- Transfer B (Montage und Ausrichten)
- Kranunabhängige Einschalttätigkeiten
- Montage der Arbeitsbühnen (kann auch nachträglich erfolgen)

Der korrespondierende Vorgang benötigt in diesem Fall 4.0 min, somit 1.0 min länger als der Transportprozess. Dies führt dazu, dass der Kran zwangsmässige Pausen von 1.0 min einlegen müsste (grüne Bereiche bei der Kranbelegung in Bild 23), da der Einschaltprozess des vorangegangenen Rahmenschalungselementes noch nicht abgeschlossen ist.

Eine alternative Arbeit kann der Kran nicht erledigen, da zu diesem Zeitpunkt die Rahmenschalung am Kran angeschlagen ist. Die Zwangspause ist zu kurz, als dass das Zwischenlagern der Rahmenschalung eine sinnvolle Alternative darstellen würde.



**Bild 23: Ablaufplan Rahmenschalung**

Die Kranbelegung für den Umsetzungsvorgang der Rahmenschalung (Bild 23) wird nun folgendermassen dargestellt:

$$\underline{KB}^{EQ_{gew}} = \begin{pmatrix} T_{TP[KH]}^{Real} \\ T_{KP}^{Real} \end{pmatrix}^{(2)} = \begin{pmatrix} T_{Transport RS}^{Real} \\ T_{Einschalen RS}^{Real} \end{pmatrix}^{(2)} = \begin{pmatrix} 3.0 \\ 4.0 \end{pmatrix}^{(2)}$$

$KB$  = Kranbelegung ( $KB$ ) [-]

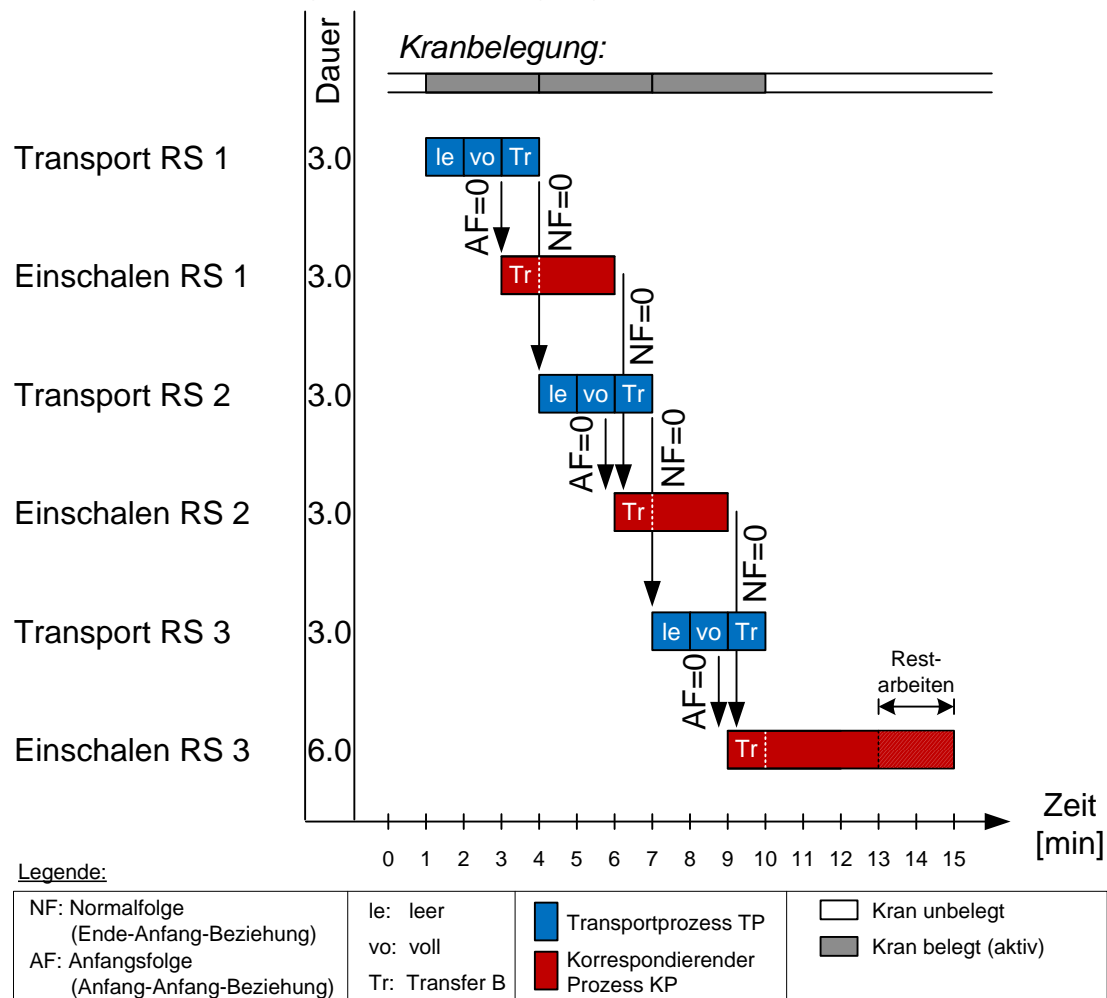
$EQ_{gew}$  = Equipenkombination ( $EQ$ ), die gewählt ( $gew$ ) wurde [-]

$T_{TP[KH]}^{Real}$  = Reale Elementarprozessdauer für den Transportprozess ( $TP$ ) eines kombinierten Hubes ( $KH$ ) [min]

$T_{KP}^{Real}$  = Reale Elementarprozessdauer für den korrespondierenden [min]  
 Prozess (KP)  
 (2) = Kranbelegung bei einer Arbeitskräfteanzahl von zwei

In der Praxis wird dies so nicht ablaufen. In solchen Fällen werden dann üblicherweise Tätigkeiten beim Einschalen soweit verkürzt, dass der Kran nicht warten muss. Die durch diese Veränderung nicht durchgeführten Arbeiten (z.B. endgültige Sicherung mit Ketten oder Schrägstützen) werden dann zusammengefasst im Nachgang ausgeführt (Automatische Tätigkeitsumlagerung).

In Bild 24 ist in einer Variante dargestellt, wie die beiden Prozesse Einschalen RS 1 und RS 2 jeweils um 1.0 Zeiteinheiten auf jeweils 3.0 Zeiteinheiten verkürzt wurden. Als Ausgleich wurde der Prozess Einschalen RS 3 um zweimal 1.0 Zeiteinheiten auf insgesamt 6.0 Zeiteinheiten verlängert. Es wird deutlich, dass sich die Gesamtdauer im Vergleich zu Bild 23 nicht verändert hat, der Kran nun jedoch in der Zeit von 10 bis 12 für andere Aufgaben zur Verfügung stehen kann.



**Bild 24: Ablaufplan Rahmenschalung (Variante)**

Die automatische Tätigkeitsumlagerung, wodurch die Restarbeiten am Ende von Einschalen RS 3 ausgeführt werden, wurden in Bild 24 durch eine vertikale gestrichelte schwarze Linie getrennt und zudem schräg schraffiert. Links der schwarzen gestrichelten Linie bedeutet, dass dies die reguläre Prozesszeit ist (4.0 Zeiteinheiten). Im Gegensatz dazu sind die Restarbeiten (automatische Tätigkeitsumlagerung, schräg schraffiert) der vorangegangenen Prozesse (RS 1 und RS 2) mit insgesamt 2.0 Zeiteinheiten auf der rechten Seite der gestrichelten Linie dargestellt.

Diese Darstellung für die Kranbelegung bleibt dennoch die gleiche, da sich die Durchschnittskranbelegung nicht ändert:

$$\underline{KB}^{EQ_{gew}} = \begin{pmatrix} T_{TP\{KH\}}^{Real} \\ T_{KP}^{Real} \end{pmatrix}^{(2)} = \begin{pmatrix} T_{Transport\ RS}^{Real} \\ T_{Einschalen\ RS}^{Real} \end{pmatrix}^{(2)} = \begin{pmatrix} 3.0 \\ 4.0 \end{pmatrix}^{(2)}$$

#### **4.1.4 Kopplung Kranbelegung und Arbeitskräfteanzahl**

Bei beiden Beispielen wurde davon ausgegangen, dass die jeweiligen Tätigkeiten mit der optimalen Arbeitskräfteanzahl (siehe Kap 3.1) durchgeführt wurden. Im Kapitel 3.5.1 wurde für den Zielerarbeitstakt die Arbeitskräfteanzahl variiert.

Es wird nun daher untersucht, welchen Einfluss diese Variation auf die Kranbelegung hat.

Die Veränderung der Arbeitskräfteanzahl hat zwei zu unterscheidende Auswirkungen:

- Veränderung der Dauer des korrespondierenden Prozesses
- Veränderung der Transportprozessdauer, im Speziellen der Transferzeit

Mit den Zusammenhängen zwischen Arbeitskräfteanzahl und realer Elementarprozessdauer, die im Kapitel 3.1 dargestellt wurden, müssen diese Prozessdauern nun entsprechend der tatsächlichen Arbeitskräfteanzahl angepasst werden.

Die Transportprozessdauer eines einfachen Hubes ist nur von den geometrischen Bedingungen (Weg) abhängig, beim kombinierten Hub ergeben sich sowohl eine geometrische Abhängigkeit und als auch eine Abhängigkeit von der Arbeitskräfteanzahl:

Einfacher Hub:	$\underline{KB} \frac{EQ_{gew}}{T_{KP}^{Real}} = \left( \frac{T_{TP[EH]}^{Real}}{T_{KP}^{Real}} \right)^{(n_{AK})} = \left( \frac{f(Weg)}{f(n_{AK})} \right)^{(n_{AK})}$
Kombinierter Hub:	$\underline{KB} \frac{EQ_{gew}}{T_{KP}^{Real}} = \left( \frac{T_{TP[KH]}^{Real}}{T_{KP}^{Real}} \right)^{(n_{AK})} = \left( \frac{f(Weg) + f(n_{AK})}{f(n_{AK})} \right)^{(n_{AK})}$

- |                        |   |       |
|------------------------|---|-------|
| $KB$                   | = Kranbelegung ( $KB$ )   | [-]   |
| $\underline{EQ}_{gew}$ | = Equipenkombination ( $EQ$ ), die gewählt ( $gew$ ) wurde  | [-]   |
| $T_{TP[EH]}^{Real}$    | = Reale Elementarprozessdauer für den Transportprozess ( $TP$ ) eines einfachen Hubes ( $EH$ )    | [min] |
| $T_{TP[KH]}^{Real}$    | = Reale Elementarprozessdauer für den Transportprozess ( $TP$ ) eines kombinierten Hubes ( $KH$ ) | [min] |
| $f(Weg)$               | = Funktion abhängig von den geometrischen Bedingungen ( $Weg$ )                                   | [-]   |
| $f(n_{AK})$            | = Funktion abhängig von der Arbeitskräfteanzahl ( $n_{AK}$ )                                      | [-]   |

Zur weiteren Analyse wurde die Prozessdauer des Transportprozesses beim kombinierten Hub im vorangegangenen Kapitel weiter aufgespalten:

$$T_{TP[KH]}^{Real} = T_{TP[KH-le]}^{Real} + T_{TP[KH-vo]}^{Real} + T_{TP[KH-Tr]}^{Real}$$

- |                        |  |       |
|------------------------|--|-------|
| $T_{TP[KH]}^{Real}$    | = Reale Elementarprozessdauer des Transportprozesses ( $TP$ ) beim kombinierten Hub ( $KH$ )                         | [min] |
| $T_{TP[KH-le]}^{Real}$ | = Reale Elementarprozessdauer des leeren ( $le$ ) Transportprozesses ( $TP$ ) beim kombinierten Hub ( $KH$ )         | [min] |
| $T_{TP[KH-vo]}^{Real}$ | = Reale Elementarprozessdauer des vollen ( $vo$ ) Transportprozesses ( $TP$ ) beim kombinierten Hub ( $KH$ )         | [min] |
| $T_{TP[KH-Tr]}^{Real}$ | = Reale Elementarprozessdauer für Transfer B ( $Tr$ ) beim Transportprozess ( $TP$ ) des kombinierten Hubes ( $KH$ ) | [min] |



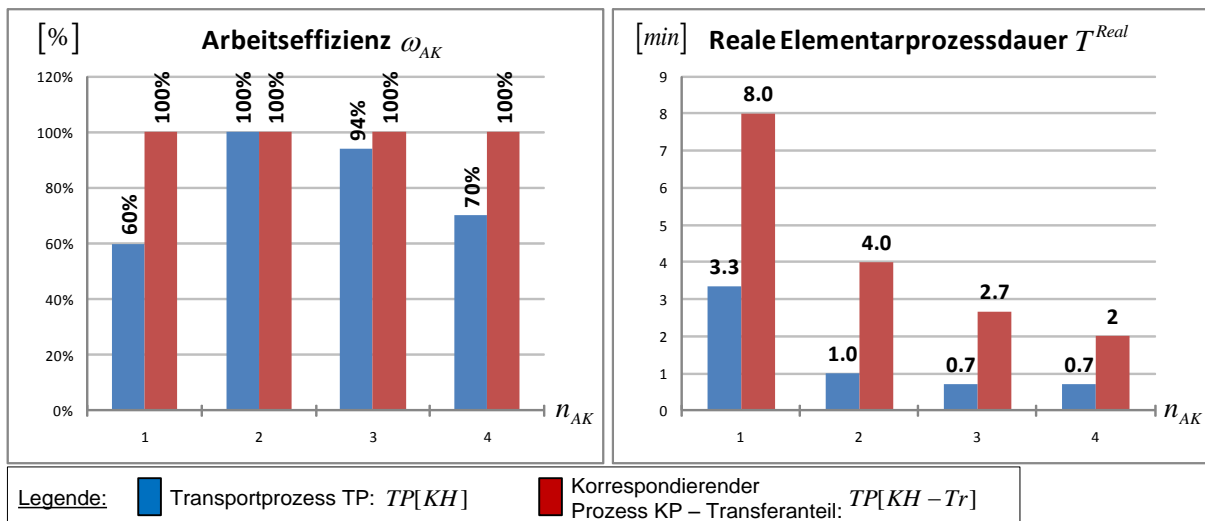
Für die jeweiligen Anteile des Transportprozesses des kombinierten Hubes bedeutet das dann im Detail:

$$T_{TP[KH-le]}^{Real} = f(Weg) \quad \text{und} \quad T_{TP[KH-vo]}^{Real} = f(Weg)$$

$$T_{TP[KH-Tr]}^{Real} = f(n_{AK})$$

Dies bedeutet, dass sowohl der leere wie auch der volle Transportanteil beim kombinierten Hub nur von den geometrischen Bedingungen abhängt. Der Transferanteil hingegen verändert sich bei Variation der Arbeitskräfte, ist aber von den geometrischen Bedingungen unabhängig.

In Bild 25 wurden die Beziehungen zwischen Arbeitseffizienz und Arbeitskräfteanzahl sowohl für den korrespondierenden Prozess (rote Säulen) wie auch für den Transferanteil des Transportprozesses (blaue Säulen) am Beispiel Einschalen Rahmenschalung (RS) gegenüber gestellt:



**Bild 25: Gegenüberstellung Arbeitseffizienz korrespondierender Prozess - Transportprozess**

Die optimale Arbeitskräfteanzahl beträgt in diesem Fall zwei. Dies wird im Bild 25 durch die Balken bei zwei Arbeitskräften mit dem Wert  $\omega_{AK} = 100\%$  deutlich.

Wird ihm Rahmen der Ermittlung des Zielarbeitstaktes die Arbeitskräfteanzahl verändert, muss auch die Kranbelegungsrechnung angepasst werden:

$$\text{Einfacher Hub: } \underline{KB} \stackrel{EQ_{gew}}{=} \begin{pmatrix} T_{TP[EH]}^{Real} \\ T_{KP}^{Real} \end{pmatrix}^{(n_{AK})} = \begin{pmatrix} T_{TP[EH]}^{Theo} \cdot \psi \\ T_{KP}^{Theo} \cdot \psi \cdot \frac{1}{n_{AK} \cdot \omega_{AK}} \end{pmatrix}^{(n_{AK})}$$

$$\text{Kombinierter Hub: } \underline{KB} \stackrel{EQ_{gew}}{=} \begin{pmatrix} T_{TP[KH]}^{Real} \\ T_{KP}^{Real} \end{pmatrix}^{(n_{AK})} = \begin{pmatrix} \psi \cdot \left( T_{TP[KH-le]}^{Theo} + T_{TP[KH-vo]}^{Theo} + T_{TP[KH-Tr]}^{Theo} \cdot \frac{1}{n_{AK} \cdot \omega_{AK}} \right) \\ T_{KP}^{Theo} \cdot \psi \cdot \frac{1}{n_{AK} \cdot \omega_{AK}} \end{pmatrix}^{(n_{AK})}$$

$KB$	= Kranbelegung ( $KB$ )	$[-]$
$n_{AK}$	= Arbeitskräfteanzahl ( $AK$ )	$[Stk.]$
$\omega_{AK}$	= Arbeitseffizienz abhängig von der Arbeitskräfteanzahl ( $AK$ )	$[\%]$
$T^{Theo}$	= Theoretische Elementarprozessdauer	$[min]$
$T^{Real}$	= Reale Elementarprozessdauer	$[min]$
$\psi$	= Sammelabminderungsfaktor	$[-]$

**Beispiel:**

Verdopplung der Arbeitskräfteanzahl von (2) auf (4):

$$\underline{KB} = \begin{pmatrix} T_{Transport RS}^{Real} \\ T_{Einschalen RS}^{Real} \end{pmatrix}^{(2)} = \begin{pmatrix} 3.0 \\ 4.0 \end{pmatrix}^{(2)}$$

$$\rightarrow \underline{KB} = \begin{pmatrix} T_{Transport RS}^{Real} \\ T_{Einschalen RS}^{Real} \end{pmatrix}^{(4)} = \begin{pmatrix} 1.0 + 1.0 + 2.0 \cdot \frac{1}{4 \cdot 70\%} \\ 8.0 \cdot \frac{1}{4 \cdot 100\%} \end{pmatrix}^{(4)} = \begin{pmatrix} 2.7 \\ 2.0 \end{pmatrix}^{(4)} \text{ mit } \psi = 1$$

Obwohl doppelt so viele Arbeitskräfte im Einsatz sind, verringert sich die Transportdauer nur von 3.0 min auf 2.7 min.

Das bedeutet, eine Erhöhung der Arbeitskräfteanzahl führt zu einer suboptimalen Kranbelegung in Bezug auf die Ressource Arbeitskraft.

Um die Darstellungsform für die Kranbelegung weiter zu erläutern, wird in nachfolgendem Beispiel eine Arbeitskräfteanzahl von (3,2) dargestellt. Dies bedeutet zwei Equipen, eine mit drei die andere mit zwei Arbeitskräften.

$$\underline{KB} = \begin{pmatrix} T_{Transport\ RS}^{Real} \\ T_{Einschalen\ RS}^{Real} \end{pmatrix}^{(3,2)} = \begin{pmatrix} 2.7 & 3.0 \\ 3.0 & 4.0 \end{pmatrix}^{(3,2)}$$

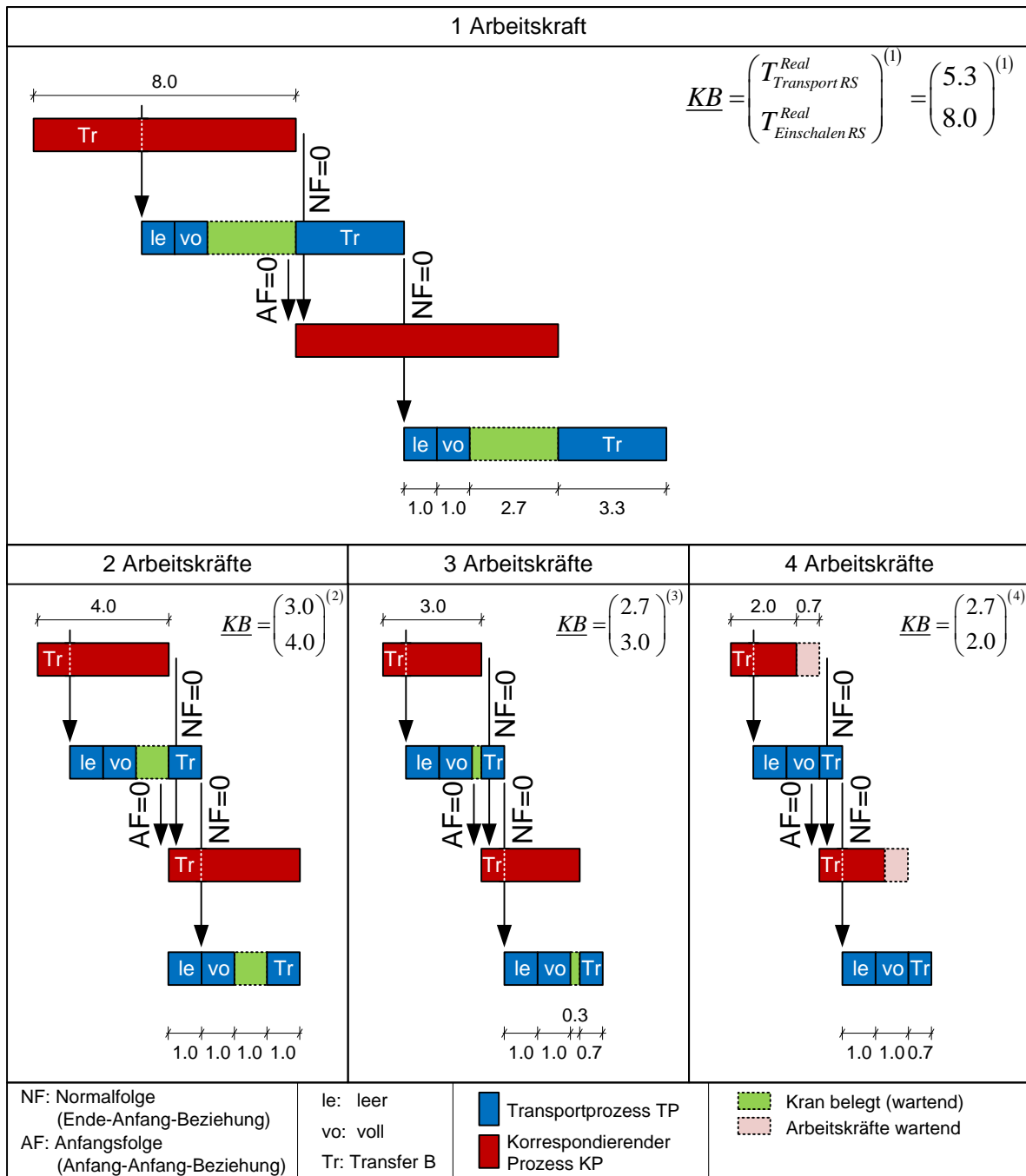
Die Kranbelegungszeiten werden für jede Equipe separat angegeben.

Eine Reduktion der Arbeitskräfteanzahl geringer als die optimale Arbeitskräfteanzahl resultiert in diesem Beispiel in einer deutlichen Erhöhung der Prozesszeiten sowohl für den Transportprozess als auch für den korrespondierenden Prozess.

$$\underline{KB} = \begin{pmatrix} T_{Transport\ RS}^{Real} \\ T_{Einschalen\ RS}^{Real} \end{pmatrix}^{(1)} = \begin{pmatrix} 5.3 \\ 8.0 \end{pmatrix}^{(1)}$$

Beim Beispiel Rahmenschalung ist dies leicht nachvollziehbar: Das korrekte Ausrichten der Rahmenschalung als einzelne Person ist sehr schwierig und daher zeitaufwendig.

In Bild 26 wurden die vorangegangenen Beispiele graphisch dargestellt. Beim Einsatz von ein bis drei Arbeitskräften dauert der korrespondierende Prozess länger als der Transportprozess. Dies führt zu einer unnötigen Kranwartezeit. So lange diese Kranwartezeit gering bleibt (im Beispiel bei zwei und drei Arbeitskräften) kann die Arbeitslast analog wie im Bild 24 bedarfsgerecht verschoben werden. Bei der Wahl von einer Arbeitskraft ist die Kranwartezeit jedoch so erheblich, dass durch diese Analyse klar wird, dass in diesem Fall die Wahl von einer Arbeitskraft ungeeignet ist.



**Bild 26: Detailbetrachtung TP und KP bei Variation der Arbeitskräfte**

Bei der Wahl von vier Arbeitskräften ergibt sich, dass nun der Transportprozess länger als der korrespondierende Prozess dauert, somit müssten die vier Arbeitskräfte pro Rahmenschalungselement jeweils 0.7 min warten. Eine Wahl von vier Arbeitskräften wäre demnach auch nicht empfehlenswert.

#### **4.1.5 Gegenüberstellung Cyclone-Analyse und Auswertung kombinierter Hub**

Sowohl bei der Cyclone-Analyse wie auch bei der Auswertung von kombinierten Hübten wird die Interaktion zwischen verschiedenen Tätigkeiten untersucht. Nachfolgend wird dargestellt, wann und aus welchem Grund welche Vorgehensweise gewählt wird.

Für die Cyclone-Analyse müssen folgende Bedingungen erfüllt sein:

- Mindestens zwei Equipen interagieren (es existiert Transfer A und/oder Transfer B und/oder Transfer C)
- Die Tätigkeit betrifft Elemente die stückweise betrachtet werden und aus diesem Grund mit einem Laufindex versehen werden (z.B. Deckentisch  $DT_j$ )
- Die Transportprozessdauer für Elemente mit unterschiedlichem Laufindex ist variabel (z.B. horizontales Verschieben von Deckentischen  $DT_j$ )
- Bei der Interaktion werden Wartezeiten erwartet. Um die unproduktive Zeit zu minimieren, werden nur Equipenkombinationen gewählt, die geringe Wartezeiten verursachen.

Für die Auswertung von kombinierten Hübten erfordert es:

- Mindestens zwei Equipen interagieren (es existiert Transfer A und/oder Transfer B und/oder Transfer C)
- Die Transportprozessdauer für Elemente ist konstant (trotz unterschiedlichem Laufindex, z.B. Rahmenschalungen  $RS_j$ )
- Wartezeiten werden bei den Interaktionen prinzipiell auch möglich. Jedoch sind automatische Tätigkeitsumlagerungen zu erwarten (wie in Bild 24), daher werden diese Wartezeiten nicht weiter untersucht.

#### 4.1.6 Kopplung Rohbau mit Ausbau und Fassade

Bisher wurden nur Prozesse betrachtet, die direkt miteinander gekoppelt sind. Dies wird dadurch charakterisiert, dass die beteiligten Arbeitskräfte lokal in Bezug stehen, d.h. die betrachteten Prozesse finden auf der gleichen Etage bzw. auf einer direkt angrenzenden Etage statt. Nachfolgend sollen nun auch Prozesse implementiert werden, die auf unterschiedlichen Etagen stattfinden. Somit werden die Rohbauprozesse mit den Prozessen von Ausbau oder bzw. und Fassadenbau verknüpft.

In Bild 27 wurden die Prozesse Transport Rahmenschalung und Einschalen Rahmenschalung (Rohbau) mit Erstellung Gipskartonwand (Ausbau) verknüpft. Zudem wurde angenommen, dass im betrachteten Zeitraum ein LKW zu entladen ist. Der Prozess Erstellung Gipskartonwand wurde dahingehend erweitert, dass sowohl die Gipskartonplatten wie auch die dazugehörigen Profile auf die Etage transportiert werden müssen.

Folgende Annahmen wurden für dieses Beispiel getroffen:

$$\underline{KB} = \begin{pmatrix} \text{Transport Palette GK – Platten} \\ \text{Erstellung GK – Wand} \end{pmatrix}^{(2)} = \begin{pmatrix} 3.0 \\ 60.0 \end{pmatrix}^{(2)} \text{ und}$$

$$\underline{KB} = \begin{pmatrix} \text{Transport Palette GK – Profile} \\ \text{Erstellung GK – Wand} \end{pmatrix}^{(2)} = \begin{pmatrix} 3.0 \\ 30.0 \end{pmatrix}^{(2)}$$

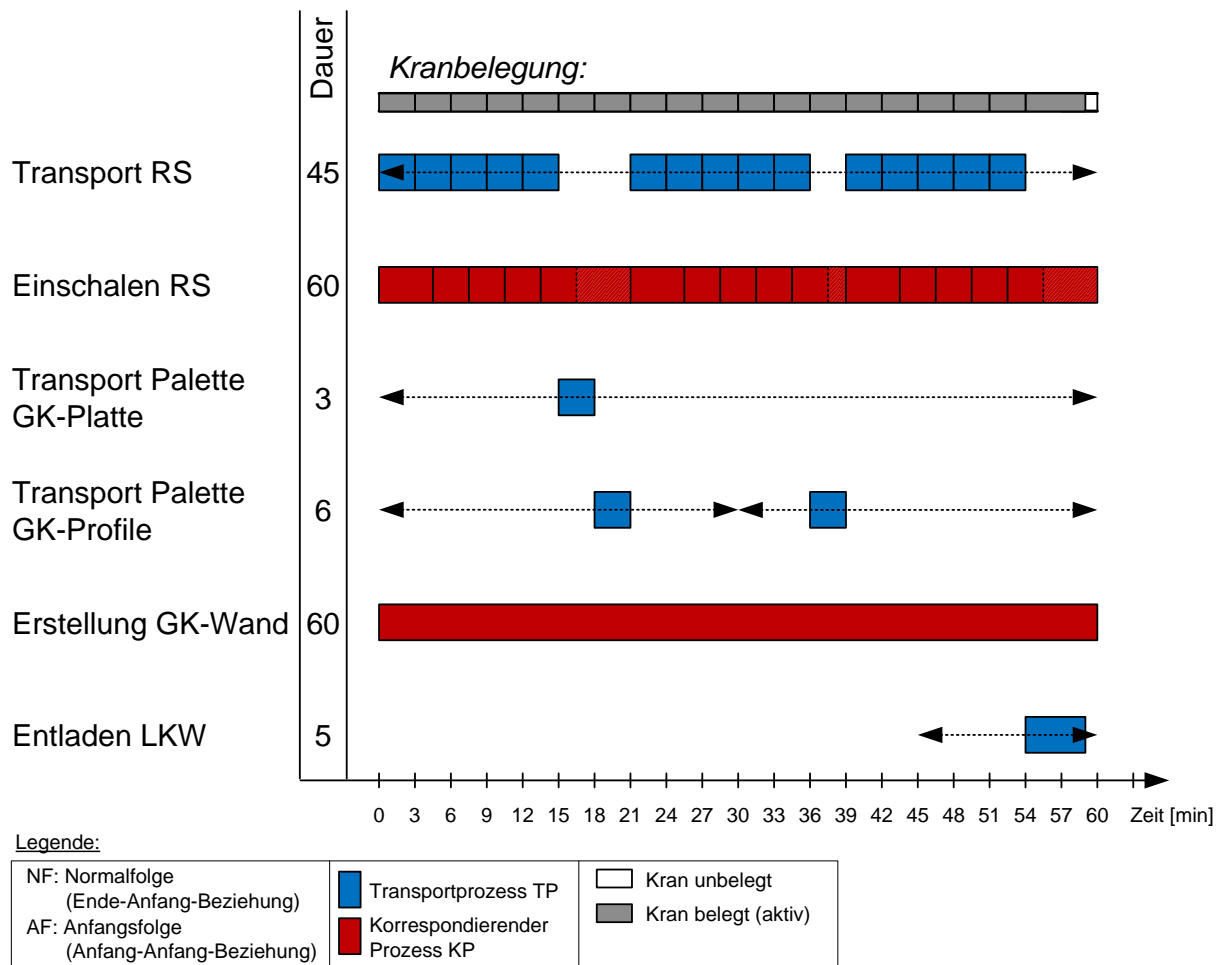
Diese Annahmen bedeuten, dass pro 60 min eine Palette GK-Platten und zwei Paletten GK-Profile auf die Ebene transportiert werden müssen.

Ausserdem wurde angenommen, dass das Entladen des LKW den Kran fünf Minuten lang belegt, wobei sich der LKW insgesamt maximal 15 min bei der Baustelle aufhalten darf:

$$\underline{KB} = \begin{pmatrix} \text{Entladen LKW} \\ \text{Aufenthalt LKW} \end{pmatrix}^{(1)} = \begin{pmatrix} 5.0 \\ 15.0 \end{pmatrix}^{(1)}$$

Die Gründe für solche Vorgaben können sein:

- LKW behindert den regulären Verkehrsfluss (z.B. bei beengten Baustellen im innerstädtischen Bereich)
- Eine bestimmte Anzahl LKW pro Stunde kommen durchschnittlich zur Baustelle. Somit ergibt sich die maximale Aufenthaltsdauer pro LKW.
- Vorgaben der LKW-Transportunternehmen, da die LKW ihre Route zu anderen Baustellen weiterführen müssen.



**Bild 27: Ablaufplan Schalen und Ausbau**

Die gestrichelten vertikalen Linien im roten Balken von Einschalen RS wurden bereits in Bild 24 eingeführt und dort bereits erläutert.

Die gestrichelten Pfeile (horizontal) geben an, in welchem Bereich der jeweilige Transportvorgang verschoben werden kann. Aus Gründen der Übersichtlichkeit können hier keine Abhängigkeiten (Anfangs- und Normalfolgen) dargestellt werden. Die für die Erstellung der Gipskartonwand notwendigen Transporte wurden so geplant, dass eine kontinuierliche Kranauslastung erreicht wird.

Diese detaillierte Ermittlung der Kranauslastung für eine gesamte Arbeitswoche ist praktisch aus folgenden Gründen nicht möglich:

- Es wären zu viele einzelne Arbeitsschritte zu berücksichtigen.
- Die einzelnen Arbeitsschritte haben unterschiedlich lange Dauern in Bezug auf Ihre korrespondierenden Prozesse. Eine gemeinsame Bezugsgröße zu finden ist nicht möglich.
- Eine Berücksichtigung der Variation der Arbeitskräfteanzahl ist auf Grund des Arbeitsaufwandes nicht möglich.

Um die Kranbelegung dennoch ermitteln zu können, wird der in Bild 27 dargestellte Zusammenhang auf folgende Weise angenähert:

Für sämtliche Elementarprozesse, die den Kran benötigen, wird die Kranbelegung pro Stunde ermittelt und zwar unter der Berücksichtigung der tatsächlichen Arbeitskräfteanzahl.

Hierfür werden die in Bild 28 dargestellten Arbeitseffizienzen für Einschalen, Bewehren und Betonieren verwendet:

Einschalen:  $\underline{KB} = \begin{pmatrix} 5.0 \\ 7.5 \end{pmatrix}^{(3)} = 0.66$  und  $\underline{KB} = \begin{pmatrix} 7.0 \\ 11.2 \end{pmatrix}^{(2)} = 0.63$

Bewehren:  $\underline{KB} = \begin{pmatrix} 3.0 \\ 300 \end{pmatrix}^{(2)} = 0.01$  und  $\underline{KB} = \begin{pmatrix} 3.0 & 3.0 \\ 200 & 200 \end{pmatrix}^{(3,3)} = 0.015 + 0.015 = 0.03$

Betonieren:  $\underline{KB} = \begin{pmatrix} 3.0 \\ 3.0 \end{pmatrix}^{(6)} = 1.00$

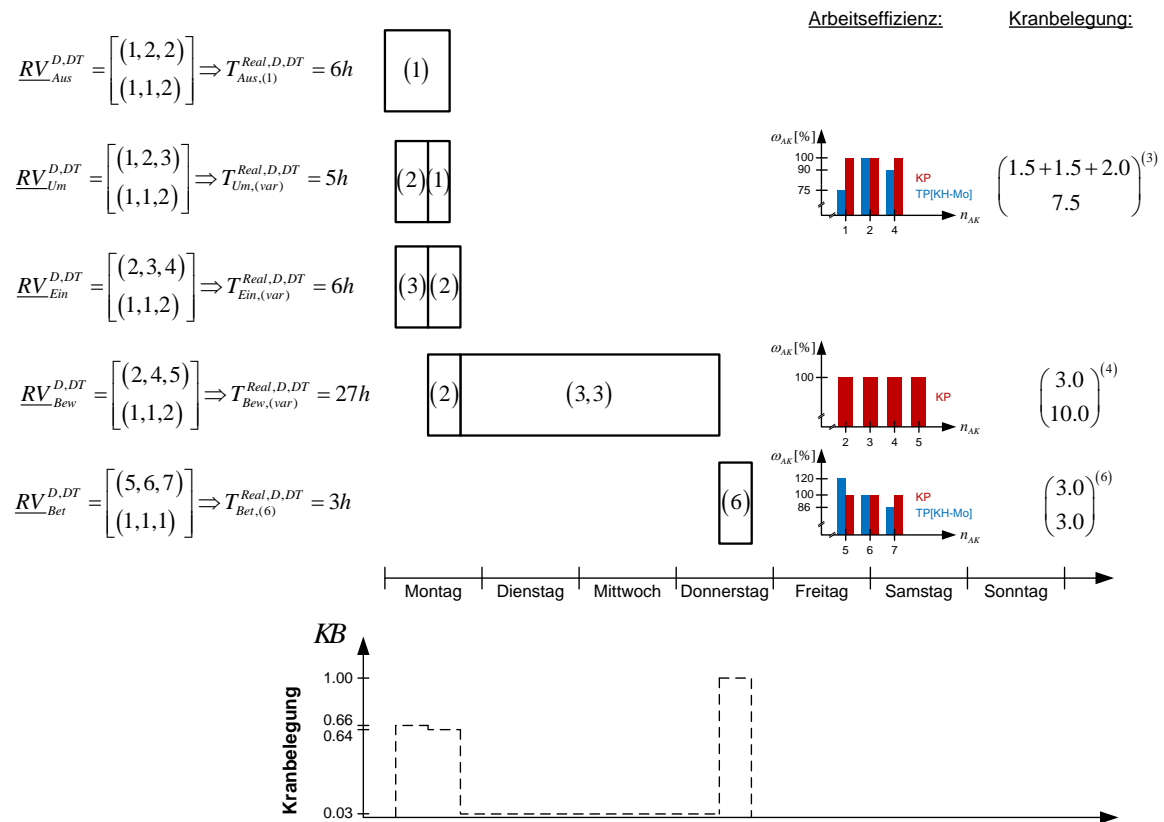


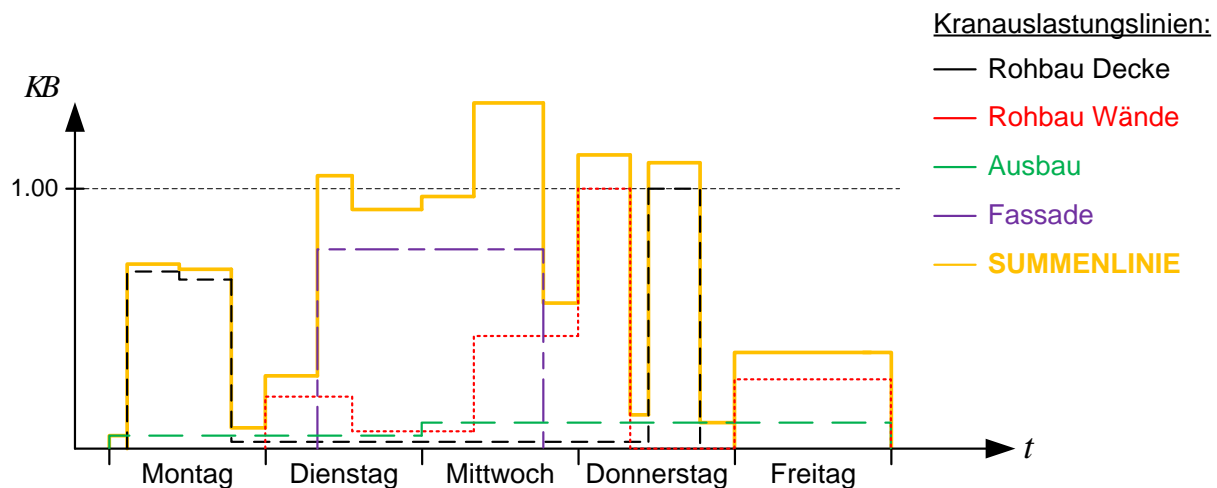
Bild 28: Kranbelegung unter Berücksichtigung der Arbeitskräftevariation



Bei denjenigen Elementarprozessen, die gleichzeitig stattfinden wird die Kranbelegung addiert. Dies ist der Fall für:

$$\text{Einschalen } \underline{KB} = \left( \frac{7.0}{11.2} \right)^{(2)} = 0.63 \text{ plus Bewehren } \underline{KB} = \left( \frac{3.0}{300} \right)^{(2)} = 0.01 \text{ ergibt } 0.64.$$

Diese Berechnung wird dann auch noch für die Elementarprozesse für den Rohbau der Wände durchgeführt und mit den Ergebnissen für Ausbau und Fassade kombiniert:



**Bild 29: Kranauslastung mit Summenlinie**

Im nächsten Schritt werden die einzelnen Kranbelegungslinien zu einer Summenlinie zusammengefasst (gelbe Linie in Bild 29). Diese Summenlinie muss dann interpretiert werden:

- Die Kranbelegung am Mittwoch ist deutlich zu hoch. In diesem Fall wäre zu prüfen, ob der kranintensive Prozess Fassade verschoben oder geteilt werden kann.
- Die Überschreitungen am Donnerstag sind unproblematisch. Die Kranbelegungen aus Rohbau Decke und Ausbau können sicher so verschoben werden, dass sie in der Betonierpause zwischen Wand und Decke durchgeführt werden können.
- Eine durchschnittliche Auslastung von 68% zeigt, dass noch deutliche Reserven zur Verfügung stehen.

Am Ende werden sämtliche Summenlinien für jeden Modulprozess ermittelt. Die Summenlinien unterscheiden sich, da mit zunehmendem Baufortschritt die Ausbautätigkeiten und Fassadenarbeiten zunehmen und ausserdem die Krantransportdauern grösser werden. Der Grund hierfür ist die zunehmende Gebäudehöhe, dadurch werden die Transportprozesse, die von oder zum Level 0 durchgeführt werden, länger.

## 5 Lohnstundenverbrauch

Für das primäre Ziel, verschiedene Schalungssysteme zu vergleichen, ist es nicht notwendig, alle Tätigkeiten bei der Errichtung eines Gebäudes zu berücksichtigen. Diejenigen Tätigkeiten, die von der Schalungsauswahl unabhängig sind, werden bei der Bestimmung des relevanten Gesamtlohnstundenverbrauchs ausser Acht gelassen. Solche Tätigkeiten sind z.B.:

- Baugrubenaushub
- Montage der Fertigteilstützen (siehe Systemabgrenzung Forschungsbericht Teil 8 Kap. 3.2)
- Fassade
- Ausbau

An dieser Stelle ist es wichtig, darauf hinzuweisen, dass diese Tätigkeiten bei der Untersuchung der Logistik (Kranzeit) eine wichtige Rolle spielen und daher Fassade und Aushub im Kapitel 4 berücksichtigt werden.

### 5.1 Lohnstundenverbrauch der Elementarprozesse

Mit Hilfe der realen Elementarprozessdauern und der Arbeitskräfteanzahl wird nun ermittelt, welche Lohnstunden für den jeweiligen Elementarprozess benötigt werden:

$$L_{Std,MP:i,T_k} = T_k^{Real} \cdot n_{AK,k}$$

$L_{Std,MP:i,T_k}$  = Lohnstundenverbrauch (*Std*) während dem Modul- [h]  
 prozess *i* (*MP:i*) für den Elementarprozess *T*  
 mit dem Laufindex *k*

$T_k^{Real}$  = Reale Elementarprozessdauer mit dem Laufindex *k* [h]

$n_{AK,k}$  = Arbeitskräfteanzahl (*AK*) mit dem Laufindex *k* [Stk.]

Der Laufindex *m* steht für die verschiedenen Elementarprozesse Ausschalen, Umsetzen, Einschalen, Bewehren und Betonieren:

$$\text{Laufindex } k = \left\{ \begin{array}{c} \left[ \begin{array}{c} Aus \\ Um \\ Ein \\ Bew \\ Bet \end{array} \right] \\ k \mid k \end{array} \right\}$$

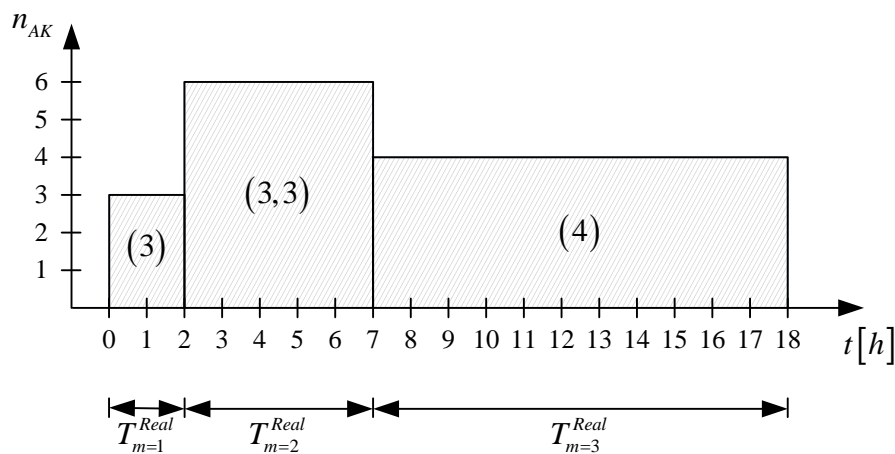
Für den Fall, dass die Arbeitskräfteanzahl pro Elementarprozess über die Zeit variiert (wie in Bild 30), ergibt sich folgende Berechnung, wobei der Laufindex  $m$  die Abschnitte der variablen Arbeitskräfteanzahl berücksichtigt:

$$L_{Std,MP:i,T_k} = \sum_m T_{k,m}^{Real} \cdot n_{AK,k,m}$$

$L_{Std,MP:i,T_k}$  = Lohnstundenverbrauch (*Std*) während dem Modul- [h]  
 prozess  $i$  ( $MP:i$ ) für den Elementarprozess  $T$   
 mit dem Laufindex  $k$

$T_k^{Real}$  = Reale Elementarprozessdauer mit den Laufindizes  $k$  und  $k$  [h]

$n_{AK,k,m}$  = Arbeitskräfteanzahl (*AK*) mit den Laufindizes  $m$  und  $k$  [Stk.]



**Bild 30: Arbeitskräfteanzahl für Elementarprozess  $k$ =Einschalen**

Die Lohnstunden für das Einschalen in Bild 30 können dann folgendermassen ermittelt werden:

$$L_{Std,MP:i,T_{Ein}^{D,STS}} = \sum_{m=1}^{m=3} T_{Ein,m}^{Real,D,STS} \cdot n_{AK,m} = 2h \cdot (3) + 5h \cdot (3,3) + 11h \cdot (4) = 2h \cdot 3 + 5h \cdot 6 + 11h \cdot 4 = 80h$$

## 5.2 Zusammenhang Arbeitseffizienz und Lohnstundenverbrauch

Wenn man die Gleichung aus Kapitel 5.1 umwandelt, wird deutlich, dass der Lohnstundenverbrauch bei variabler Arbeitskräfteanzahl von der Arbeitseffizienz beeinflusst wird:

$$\begin{aligned}
 L_{Std,MP:i,T_k} &= T_k^{Real} \cdot n_{AK} = \left( \frac{1}{n_{AK}} \cdot \frac{1}{\omega_{AK}} \cdot \psi \cdot a_k^{Theo} \cdot ME \right) \cdot n_{AK} = \\
 &= \frac{1}{\omega_{AK}} \cdot \psi \cdot a_k^{Theo} \cdot ME = \\
 &= \frac{1}{\omega_{AK}} \cdot \psi \cdot T_k^{Theo}
 \end{aligned}$$

$L_{Std,MP:i,T_k}$  = Lohnstundenverbrauch (*Std*) während dem Modulprozess *i* (*MP:i*) für den Elementarprozess *T* mit dem Laufindex *k* [h]

$T_k^{Real}$  = Reale Elementarprozessdauer mit dem Laufindex *k* [h]

$n_{AK}$  = Arbeitskräfteanzahl (*AK*) [Stk.]

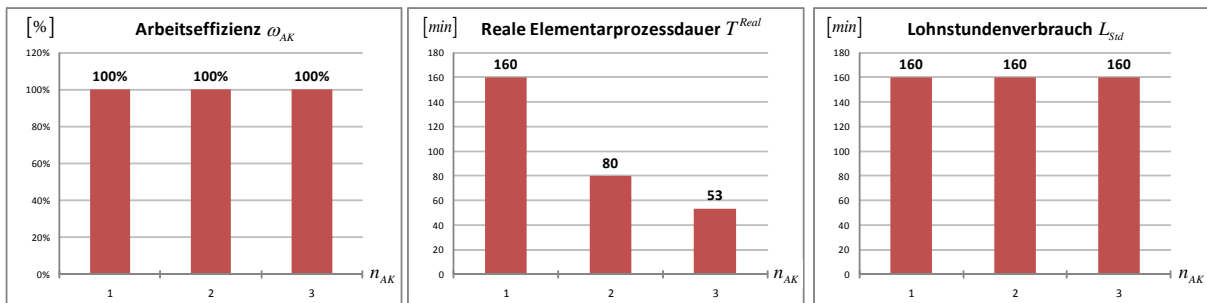
$\omega_{AK}$  = Arbeitseffizienz abhängig von der Arbeitskräfteanzahl (*AK*) [%]

$a_k^{Theo}$  = Theoretischer Aufwandswert mit dem Laufindex *k* [min / ME]

*ME* = Mengeneinheit z.B.  $m^2$ ,  $m^3$ , kg, Stk. [ME]

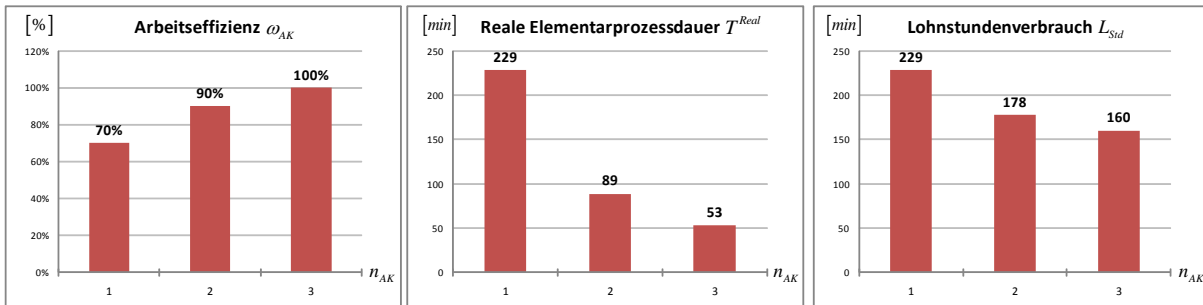
$\psi$  = Sammelabminderungsfaktor [-]

Für den Regelfall der konstanten Arbeitseffizienz bleibt der Lohnstundenverbrauch ebenfalls konstant (Bild 31).



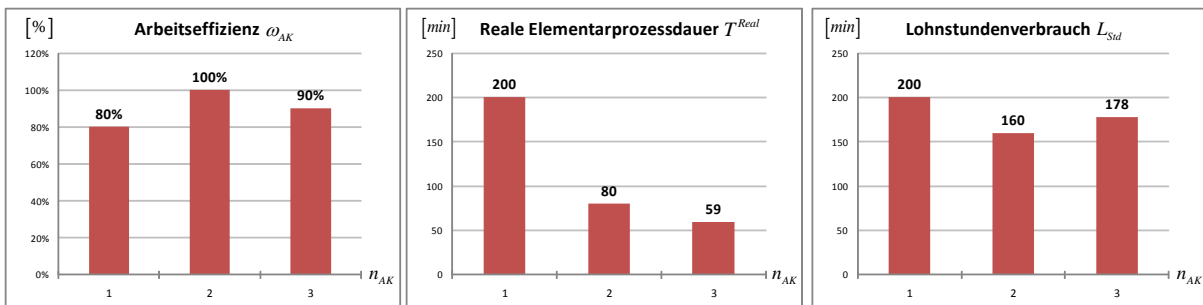
**Bild 31: Konstanter Lohnstundenverbrauch**

Wenn wie im Kapitel 3.2.2 die Arbeitseffizienz mit steigender Arbeitskräfteanzahl ebenfalls zunimmt sinkt der Lohnstundenverbrauch (siehe Bild 32). Das Optimum mit gleichzeitig geringster realen Elementarprozessdauer und geringstem Lohnstundenverbrauch ergäbe sich bei der Wahl von drei Arbeitskräften.



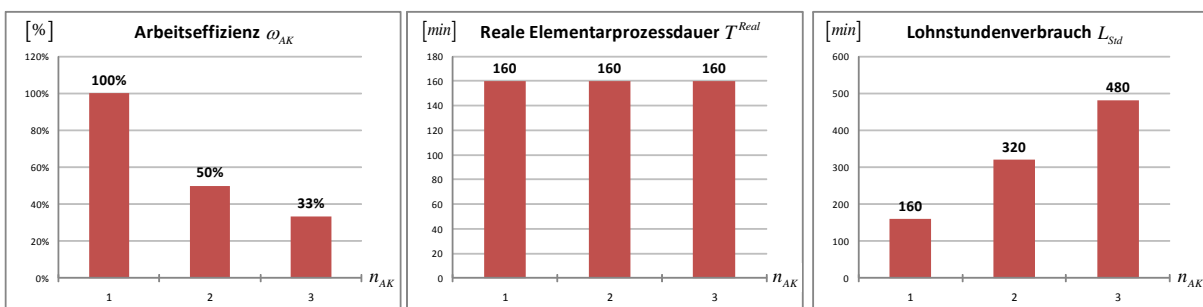
**Bild 32: Abnehmender Lohnstundenverbrauch**

Auch für die variable Arbeitseffizienz aus Kapitel 3.2.3 wird in Bild 33 die Veränderung des Lohnstundenverbrauchs dargestellt. Die Wahl einer optimalen Arbeitsgruppengröße ist hier jedoch nicht eindeutig. Die geringste reale Elementarprozessdauer ergibt sich bei drei Arbeitskräften, der geringste Lohnstundenverbrauch jedoch bei zwei Arbeitskräften.



**Bild 33: Variabler Lohnstundenverbrauch**

Für den Fall analog Kapitel 3.2.4, dass die theoretische Elementarprozessdauer mittels Weg-Zeit-Beziehungen ermittelt wird, wird deutlich, dass der Lohnstundenverbrauch mit zunehmender Arbeitskräfteanzahl ebenfalls zunimmt (Bild 34).



**Bild 34: Lineare Lohnstundenverbrauchszunahme**

### 5.3 Lohnstundenverbrauch der Elementarprozesse pro Etage

Um den Lohnstundenverbrauch für ein gesamtes Stockwerk zu ermitteln, wird nun pro Modulprozess über alle realen Elementarprozessdauern summiert, dies sowohl für Decken wie auch für Wände:

$$L_{Std,MP:i} = \sum_{k^D} L_{Std,MP:i,T_k} + \sum_{k^W} L_{Std,MP:i,T_k} = \sum_{k^D} \sum_m T_{k,m}^{Real} \cdot n_{AK,k,m} + \sum_{k^W} \sum_m T_{k,m}^{Real} \cdot n_{AK,k,m}$$

$L_{Std,MP:i}$  = Lohnstundenverbrauch (*Std*) im Modulprozess  $MP:i$  [h]

$L_{Std,MP:i,T_k}$  = Lohnstundenverbrauch (*Std*) im Modulprozess  $MP:i$  [h]  
für den Elementarprozess  $T$  mit dem Laufindex  $k$

$T_{k,m}^{Real}$  = Reale Elementarprozessdauer mit den Laufindizes  $m$  und  $k$  [h]

$n_{AK,k,m}$  = Arbeitskräfteanzahl (*AK*) mit den Laufindizes  $m$  und  $k$  [Stk.]

Der Laufindex  $k$  wurde nun für die Differenzierung zwischen den Decken- und Wandschalungen folgendermassen erweitert:

$$\text{Laufindex } k^D = \left\{ k^D \left| k^D = \begin{bmatrix} Aus^{Decke} \\ Um^{Decke} \\ Ein^{Decke} \\ Bew^{Decke} \\ Bet^{Decke} \end{bmatrix} \right. \right\} \quad \text{und Laufindex } k^W = \left\{ k^W \left| k^W = \begin{bmatrix} Aus^{Wand} \\ Um^{Wand} \\ Ein^{Wand} \\ Bew^{Wand} \\ Bet^{Wand} \end{bmatrix} \right. \right\}$$

## 5.4 Schalungsvorbereitung und -nachbereitung

Bevor mit den eigentlichen Bautätigkeiten des Rohbaus begonnen werden kann, muss das jeweilige Schalungssystem vorbereitet werden. Die Vorbereitungsmaßnahmen beinhalten das Abladen vom Transportfahrzeug und die vorbereitende Montage.

Zur Bestimmung des Elementarprozesses Schalungsvorbereitung wird die Fläche der vorgehaltenen Schalung benötigt. Für die Deckensysteme ergibt sich:

$$L_{Std,SchVor}^D = T_{SchVor}^{Real,D} \cdot n_{AK,SchVor}^D = a_{SchVor}^{Theo,D} \cdot A_{SchVor}^D \cdot \frac{1}{\omega_{AK,SchVor}^D} \cdot \psi$$

$L_{Std,SchVor}^D$	= Lohnstundenverbrauch ( <i>Std</i> ) für die Schalungsvorbereitung ( <i>SchVor</i> ) von Deckensystemen ( <i>D</i> )	[h]
$T_{SchVor}^{Real,D}$	= Reale Elementarprozessdauer für die Schalungsvorbereitung ( <i>SchVor</i> ) von Deckensystemen ( <i>D</i> )	[h]
$n_{AK,SchVor}^D$	= Arbeitskräfteanzahl ( <i>AK</i> ) für die Schalungsvorbereitung ( <i>SchVor</i> ) von Deckensystemen ( <i>D</i> )	[Stk.]
$a_{SchVor}^{Theo,D}$	= Theoretischer Aufwandswert für die Schalungsvorbereitung ( <i>SchVor</i> ) von Deckensystemen ( <i>D</i> )	[h / m <sup>2</sup> ]
$A_{SchVor}^D$	= Fläche der Schalung bei Deckensystemen ( <i>D</i> ), die vorgehalten und daher auch vorbereitet werden soll ( <i>SchVor</i> )	[m <sup>2</sup> ]
$\omega_{AK,SchVor}^D$	= Arbeitseffizienz für die Schalungsvorbereitung ( <i>SchVor</i> ) von Deckensystemen ( <i>D</i> ), abhängig von der Arbeitskräfteanzahl ( <i>AK</i> )	[-]
$\psi$	= Sammelabminderungsfaktor	[-]

Analog gilt für Wandsysteme:

$$L_{Std,SchVor}^W = T_{SchVor}^{Real,W} \cdot n_{AK,SchVor}^W = a_{SchVor}^{Theo,W} \cdot A_{SchVor}^W \cdot \frac{1}{\omega_{AK,SchVor}^W} \cdot \psi$$

$L_{Std,SchVor}^W$	= Lohnstundenverbrauch ( <i>Std</i> ) für die Schalungsvorbereitung ( <i>SchVor</i> ) von Wandsystemen ( <i>W</i> )	[h]
$T_{SchVor}^{Real,W}$	= Reale Elementarprozessdauer für die Schalungsvorbereitung ( <i>SchVor</i> ) von Wandsystemen ( <i>W</i> )	[h]

$n_{AK,SchVor}^W$	= Arbeitskräfteanzahl ( <i>AK</i> ) für die Schalungsvorbereitung ( <i>SchVor</i> ) von Wandsystemen ( <i>W</i> )	[Stk.]
$a_{SchVor}^{Theo,W}$	= Theoretischer Aufwandswert für die Schalungsvorbereitung ( <i>SchVor</i> ) von Wandsystemen ( <i>W</i> )	[h / m <sup>2</sup> ]
$A_{SchVor}^W$	= Fläche der Schalung bei Wandsystemen ( <i>W</i> ), die vorgehalten und daher auch vorbereitet werden soll ( <i>SchVor</i> )	[m <sup>2</sup> ]
$\omega_{AK,SchVor}^W$	= Arbeitseffizienz für die Schalungsvorbereitung ( <i>SchVor</i> ) von Wandsystemen ( <i>W</i> ), abhängig von der Arbeitskräfteanzahl ( <i>AK</i> )	[-]
$\psi$	= Sammelabminderungsfaktor	[-]

Deckentischsysteme wie auch Self-Climbing-Plattformen (SCP) haben einen deutlich höheren Zeitaufwand:

$$a_{SchVor}^{Theo,D,DT} > a_{SchVor}^{Theo,D,STS} \quad \text{und} \quad a_{SchVor}^{Theo,W,SCP} \gg a_{SchVor}^{Theo,W,SS/RS}$$

$a_{SchVor}^{Theo,D,DT}$	= Theoretischer Aufwandswert für die Schalungsvorbereitung ( <i>SchVor</i> ) von Deckentischen ( <i>DT</i> )	[h / m <sup>2</sup> ]
$a_{SchVor}^{Theo,D,STS}$	= Theoretischer Aufwandswert für die Schalungsvorbereitung ( <i>SchVor</i> ) von Systemträgerschalungen ( <i>STS</i> )	[h / m <sup>2</sup> ]
$a_{SchVor}^{Theo,W,SCP}$	= Theoretischer Aufwandswert für die Schalungsvorbereitung ( <i>SchVor</i> ) von Self-Climbing-Plattformen ( <i>SCP</i> )	[h / m <sup>2</sup> ]
$a_{SchVor}^{Theo,W,SS/RS}$	= Theoretischer Aufwandswert für die Schalungsvorbereitung ( <i>SchVor</i> ) von Schacht- und Rahmenschalung ( <i>SS/RS</i> )	[h / m <sup>2</sup> ]

Der Lohnstundenaufwand für die Schalungsvorbereitung beträgt dann zusammengefasst für Wand- und Deckensysteme:

$$L_{Std,SchVor} = L_{Std,SchVor}^D + L_{Std,SchVor}^W = \left( T_{SchVor}^{Real,D} \cdot n_{AK,SchVor}^D \right) + \left( T_{SchVor}^{Real,W} \cdot n_{AK,SchVor}^W \right)$$

$L_{Std,SchVor}$  = Lohnstundenverbrauch (*Std*) für die Schalungsvorbereitung [h]



Der Lohnstundenverbrauch für die Schalungsnachbereitung, d.h. die Demontage und Rückführung bis zum Transportfahrzeug wird auf die gleiche Weise wie bei der Schalungsvorbereitung ermittelt. Für Deckensysteme ergibt sich somit:

$$L_{Std,SchNach}^D = T_{SchNach}^{Real,D} \cdot n_{AK,SchNach}^D = a_{SchNach}^{Theo,D} \cdot A_{SchNach}^D \cdot \frac{1}{\omega_{AK,SchNach}^D} \cdot \psi$$

$L_{Std,SchNach}^D$	= Lohnstundenverbrauch ( <i>Std</i> ) für die Schalungsnachbereitung ( <i>SchNach</i> ) von Deckensystemen ( <i>D</i> )	[h]
$T_{SchNach}^{Real,D}$	= Reale Elementarprozessdauer für die Schalungsnachbereitung ( <i>SchNach</i> ) von Deckensystemen ( <i>D</i> )	[h]
$n_{AK,SchNach}^D$	= Arbeitskräfteanzahl ( <i>AK</i> ) für die Schalungsnachbereitung ( <i>SchNach</i> ) von Deckensystemen ( <i>D</i> )	[Stk.]
$a_{SchNach}^{Theo,D}$	= Theoretischer Aufwandswert für die Schalungsnachbereitung ( <i>SchNach</i> ) von Deckensystemen ( <i>D</i> )	[h / m <sup>2</sup> ]
$A_{SchNach}^D$	= Fläche der Schalung bei Deckensystemen ( <i>D</i> ), die vorgehalten wurde und daher auch demontiert werden soll ( <i>SchNach</i> )	[m <sup>2</sup> ]
$\omega_{AK,SchNach}^D$	= Arbeitseffizienz für die Schalungsnachbereitung ( <i>SchNach</i> ) von Deckensystemen ( <i>D</i> ), abhängig von der Arbeitskräfteanzahl ( <i>AK</i> )	[-]
$\psi$	= Sammelabminderungsfaktor	[-]

Analog gilt für Wandsysteme:

$$L_{Std,SchNach}^W = T_{SchNach}^{Real,W} \cdot n_{AK,SchNach}^W = a_{SchNach}^{Theo,W} \cdot A_{SchNach}^W \cdot \frac{1}{\omega_{AK,SchNach}^W} \cdot \psi$$

$L_{Std,SchNach}^W$	= Lohnstundenverbrauch ( <i>Std</i> ) für die Schalungsnachbereitung ( <i>SchNach</i> ) von Wandsystemen ( <i>W</i> )	[h]
$T_{SchNach}^{Real,W}$	= Reale Elementarprozessdauer für die Schalungsnachbereitung ( <i>SchNach</i> ) von Wandsystemen ( <i>W</i> )	[h]
$n_{AK,SchNach}^W$	= Arbeitskräfteanzahl ( <i>AK</i> ) für die Schalungsnachbereitung ( <i>SchNach</i> ) von Wandsystemen ( <i>W</i> )	[Stk.]
$a_{SchNach}^{Theo,W}$	= Theoretischer Aufwandswert für die Schalungsnachbereitung	[h / m <sup>2</sup> ]

	nachbereitung ( <i>SchNach</i> ) von Wandsystemen ( <i>W</i> )	
$A_{SchNach}^W$	= Fläche der Schalung bei Wandsystemen ( <i>W</i> ), die vorgehalten wurde und dann auch demontiert werden soll ( <i>SchVor</i> )	$[m^2]$
$\omega_{AK,SchNach}^W$	= Arbeitseffizienz für die Schalungsvorbereitung ( <i>SchVor</i> ) von Wandsystemen ( <i>W</i> ), abhängig von der Arbeitskräfteanzahl ( <i>AK</i> )	$[-]$
$\psi$	= Sammelabminderungsfaktor	$[-]$

Der Lohnstundenaufwand für die Schalungsnachbereitung beträgt dann zusammengefasst für Wand- und Deckensysteme:

$$L_{Std,SchNach} = L_{Std,SchNach}^D + L_{Std,SchNach}^W = (T_{SchNach}^{Real,D} \cdot n_{AK,SchNach}^D) + (T_{SchNach}^{Real,W} \cdot n_{AK,SchNach}^W)$$

$L_{Std,SchNach}$  = Lohnstundenverbrauch (*Std*) für die Schalungsnachbereitung [*h*]

## 5.5 Relevanter Gesamtlohnstundenverbrauch

Im Regelfall benötigen die unteren Geschosse eines Gebäudes aus den folgenden Gründen mehr Zeit als ein Standardregelgeschoss:

- Die räumlichen Zwänge auf Erdgeschoss und den ersten Ebenen verlängern die Elementarprozessdauern.
- Bei manchen Gebäuden haben die unteren Ebenen andere Grundrisse.
- Erst nach einer Anlaufphase können bzw. werden die Prozesse in einer optimalen Reihenfolge ausgeführt.

Auch die letzten (obersten) Ebenen müssen differenziert betrachtet werden, da nach dem regulären Ausschalen der letzten Ebene nach einer bestimmten Zeit auch noch die Hilfsunterstützungen ausgeschalt werden müssen.

Bei der Summierung des Lohnstundenverbrauchs für alle Geschosse wird dies mit folgender Differenzierung berücksichtigt:

$$L_{Std,Geschosse} = L_{Std,Ebenen\ 1\ und\ 2} + L_{Std,Regelgeschosse} + L_{Std,letzte\ Ebene}$$

$L_{Std,Geschosse}$  = Lohnstundenverbrauch (*Std*) für alle Geschosse [h]

$L_{Std,Ebenen\ 1\ und\ 2}$  = Lohnstundenverbrauch (*Std*) für die Ebenen 1 und 2 [h]

$L_{Std,Regelgeschosse}$  = Lohnstundenverbrauch (*Std*) für die Regelgeschosse [h]

$L_{Std,letzte\ Ebene}$  = Lohnstundenverbrauch (*Std*) für die letzte Ebene [h]

Für die ersten beiden Ebenen ergibt sich dann:

$$L_{Std,Ebenen\ 1\ und\ 2} = \eta_{L_{Std},A} \cdot \sum_{i=1}^2 \left( \sum_{k^D} L_{Std,MP:i,T_k} + \sum_{k^W} L_{Std,MP:i,T_k} \right)$$

$L_{Std,Ebenen\ 1\ und\ 2}$  = Lohnstundenverbrauch (*Std*) für die Etagen 1 und 2 [h]

$\eta_{L_{Std},A}$  = Einarbeitungsfaktor ( $\eta$ ) für die Anfangsebene (A) [%]

$L_{Std,MP:i,T_k}$  = Lohnstundenverbrauch (*Std*) im Modulprozess *MP:i* für den Elementarprozess *T* [h]

Bei insgesamt  $i = 1, 2, \dots, n$  Modulprozessen wird die letzte Ebene im Modulprozess  $n$  erstellt. Für die letzte Etage ergibt sich dann:

$$L_{Std, letzte Ebene} = \eta_{L_{Std}, E} \cdot \left( \sum_{k^D} L_{Std, MP:i, T_k} + \sum_{k^W} L_{Std, MP:i, T_k} \right)$$

$L_{Std, letzte Ebene}$  = Lohnstundenverbrauch (*Std*) für die letzte Ebene [h]

$\eta_{L_{Std}, E}$  = Zuschlagsfaktor ( $\eta$ ) für die Lohnstundenermittlung ( $L_{Std}$ ) [%]  
der Schlussebene ( $E=Ende$ )

$L_{Std, MP:i, T_k}$  = Lohnstundenverbrauch (*Std*) im Modulprozess  $MP:i$  [h]  
für den Elementarprozess  $T$

Die restlichen Ebenen werden als Regelgeschosse betrachtet:

$$L_{Std, Regelgeschosse} = \sum_{i=3}^{i=n-1} \left( \sum_{k^D} L_{Std, MP:i, T_k} + \sum_{k^W} L_{Std, MP:i, T_k} \right)$$

$L_{Std, Regelgeschosse}$  = Lohnstundenverbrauch (*Std*) für die Regelgeschosse [h]

$L_{Std, MP:i, T_k}$  = Lohnstundenverbrauch (*Std*) im Modulprozess  $MP:i$  [h]  
für den Elementarprozess  $T$

Diese drei Elemente können nun auch zum Lohnstundenverbrauch für alle Geschosse zusammengefasst werden:

$$L_{Std, Geschosse} = L_{Std, Ebenen 1 und 2} + L_{Std, Regelgeschosse} + L_{Std, letzte Ebene}$$

$$\begin{aligned} L_{Std, Geschosse} &= \eta_{L_{Std}, A} \cdot \sum_{i=1}^{i=2} \left( \sum_{k^D} L_{Std, MP:i, T_k} + \sum_{k^W} L_{Std, MP:i, T_k} \right) + \\ &+ \sum_{i=3}^{i=n-1} \left( \sum_{k^D} L_{Std, MP:i, T_k} + \sum_{k^W} L_{Std, MP:i, T_k} \right) + \\ &+ \eta_{L_{Std}, E} \cdot \left( \sum_{k^D} L_{Std, MP:i, T_k} + \sum_{k^W} L_{Std, MP:i, T_k} \right) \end{aligned}$$

$$\Rightarrow L_{Std, Geschosse} = \left( \eta_{L_{Std}, A} + \eta_{L_{Std}, E} + (n-3) \right) \cdot \left( \sum_{k^D} L_{Std, MP:i, T_k} + \sum_{k^W} L_{Std, MP:i, T_k} \right)$$

$L_{Std, Geschosse}$  = Lohnstundenverbrauch (*Std*) für alle Geschosse [h]

- $L_{Std,MP:i,T_k}$  = Lohnstundenverbrauch (*Std*) im Modulprozess *MP:i* [h]  
für den Elementarprozess *T*
- $\eta_{L_{Std},A}$  = Zuschlagsfaktor ( $\eta$ ) für die Lohnstundenermittlung ( $L_{Std}$ ) [%]  
der Anfangsebene (*A*)
- $\eta_{L_{Std},E}$  = Zuschlagsfaktor ( $\eta$ ) für die Lohnstundenermittlung ( $L_{Std}$ ) [%]  
der Schlussebene (*E=Ende*)

Der Term  $n-3$  ergibt sich aus der Gesamtzahl der Ebenen  $n$  abzüglich der ersten beiden Ebenen und der letzten Ebene.

Zur abschliessenden Bestimmung des relevanten Gesamtlohnstundenverbrauchs wird zusätzlich auch die Schalungsvorbereitung und -nachbereitung berücksichtigt:

$$L_{Std} = L_{Std,SchVor} + L_{Std,Geschosse} + L_{Std,SchNach} =$$

$$= L_{Std,SchVor} + \left( \eta_{L_{Std},A} + \eta_{L_{Std},E} + (n-3) \right) \cdot \left( \sum_{k^D} L_{Std,MP:i,T_k} + \sum_{k^W} L_{Std,MP:i,T_k} \right) + L_{Std,SchNach}$$

- $L_{Std}$  = Relevanter Gesamtlohnstundenverbrauch (*Std*) [h]
- $L_{Std,SchVor}$  = Lohnstundenverbrauch (*Std*) für die Schalungsvorbereitung [h]
- $L_{Std,Geschosse}$  = Lohnstundenverbrauch (*Std*) für alle Geschosse [h]
- $L_{Std,SchNach}$  = Lohnstundenverbrauch (*Std*) für die Schalungsnachbereitung [h]

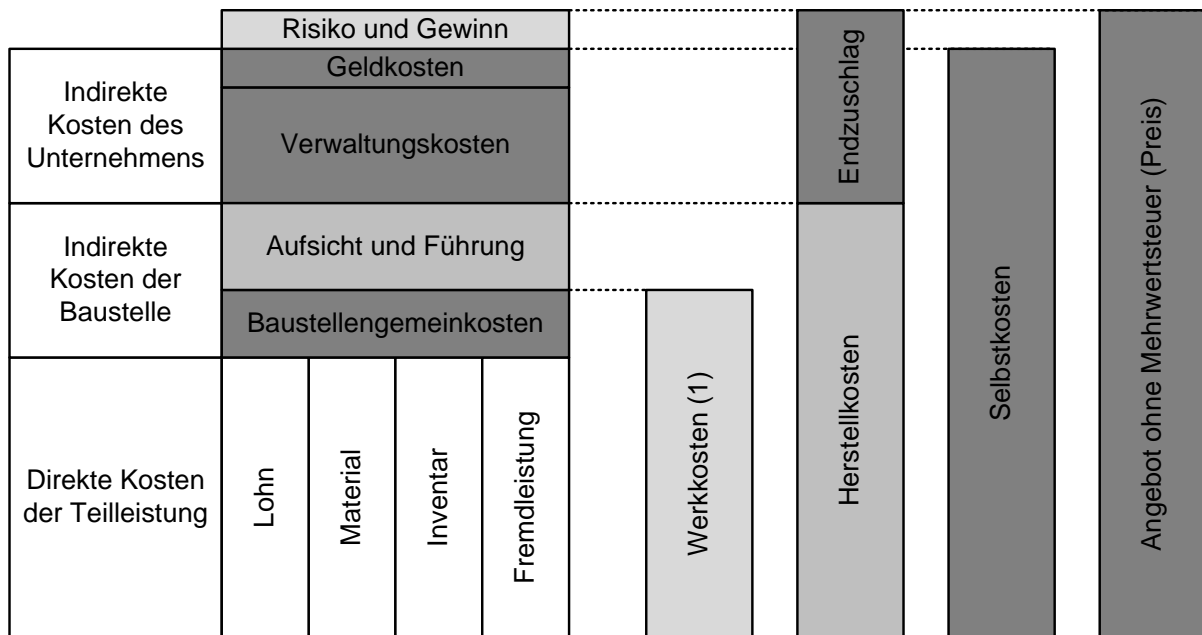
## 5.6 Lohnkosten

### 5.6.1 Prozessorientierte Zuschlagskalkulationen

Durch den Unikatcharakter von Bauprojekten sind diese als eine stark heterogene Leistung anzusehen. Aus diesem Grund wird im Regelfall bei der Kostenermittlung auf eine prozessorientierte Zuschlagskalkulation zurückgegriffen.

Die prozessorientierte Zuschlagskalkulation läuft vereinfacht dargestellt in zwei Schritten ab (siehe auch Bild 35). In einem ersten Schritt werden die direkten Kosten der Teilleistungen (Herstell- und Hilfsprozesse) ermittelt. Im Anschluss daran werden die indirekten Kosten der Baustelle (Neben- und Managementprozesse), die indirekten Kosten des Unternehmens (Supportprozesse) sowie Risiko und Gewinn erfasst und den direkten Kosten zugerechnet.

Die Zurechnung der indirekten Kosten der Neben-, Management- und Supportprozesse zu den direkten Kosten der Teilleistungen (Herstell- und Hilfsprozesse) erfolgt bei der Zuschlagskalkulation mittels Zuschlägen.



**Bild 35: Stufen der Zurechnung der indirekten Kosten im Vorkalkulationsschema des SBV [4]**

Bei der Berechnung der Lohnkosten werden nach Girmscheid [1] bei der prozessorientierten Zuschlagskalkulation die folgenden Kalkulationsverfahren unterschieden:

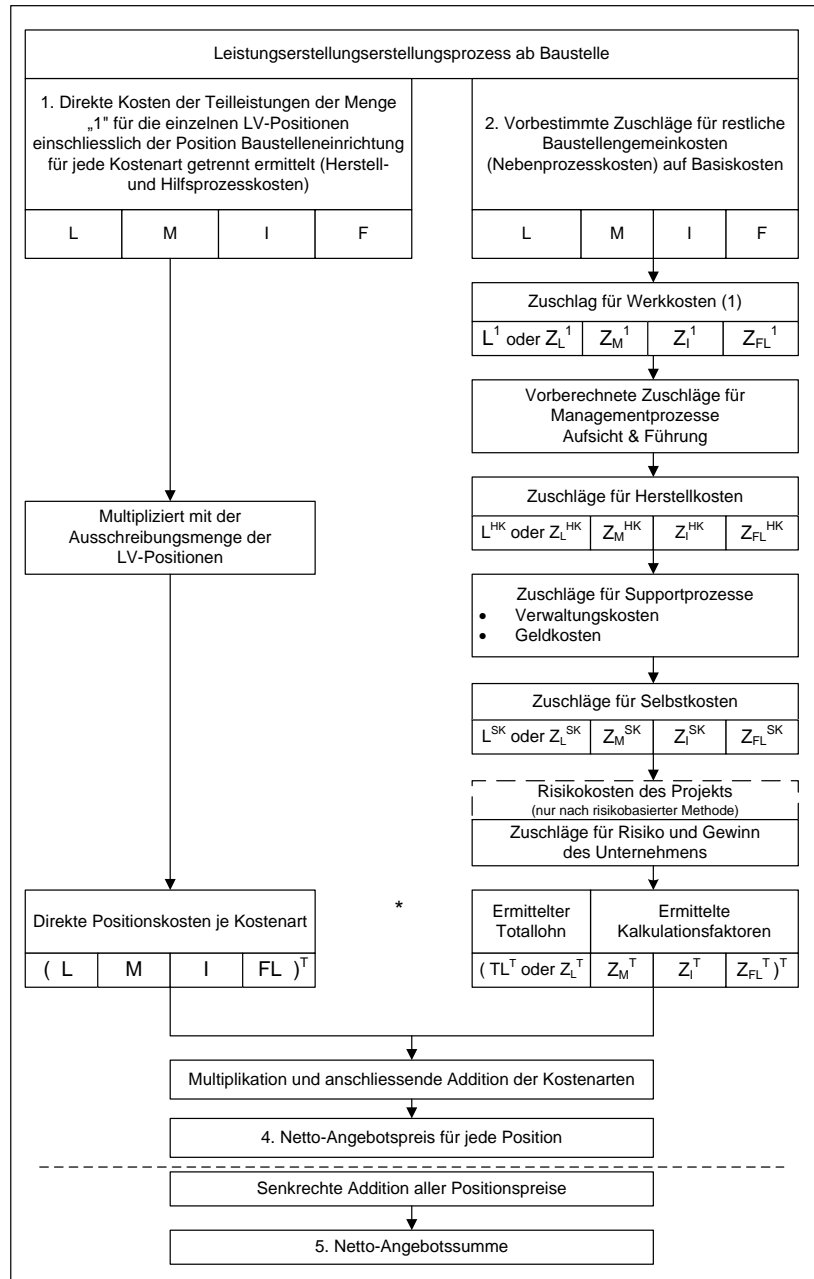
- Kalkulation mit vorbestimmten Zuschlägen
- Kalkulation über die Angebotssumme
- Prozesskostenkalkulation

Der Schweizerische Baumeisterverband (SBV) empfiehlt in seinen Veröffentlichungen das Verfahren der Kalkulation mit vorbestimmten Zuschlägen (siehe auch Bild 36). Bei diesem Verfahren werden die Kosten des Herstellprozesses und der Hilfsprozesse, soweit Leistungsverzeichnispositionen für die Baustelleneinrichtung ausgewiesen sind, untergliedert in Arbeitsgänge und Tätigkeiten direkt ermittelt.

Die Kosten der Nebenprozesse der Herstell- und Hilfsprozesse, der Managementprozesse der Aufsicht und Führung sowie der Supportprozesse werden über vorbestimmte Zuschläge für die indirekten Kosten der Baustelle und des Unternehmens berücksichtigt.

Die Kalkulation mit vorbestimmten Zuschlägen ist insbesondere für die Kalkulation von Projekten mit ähnlicher Struktur, d.h. mit vergleichbaren Bauaufgaben und Baumassen, vergleichbarem Auftragsvolumen sowie vergleichbaren Baustelleneinrichtungen geeignet. Dies trifft in der Regel gerade für die Bauaufgaben kleiner und mittelständischer Bauunternehmen zu.

Die Kalkulation mit vorbestimmten Zuschlägen stellt sich als geeignet heraus, wenn die Kosten der Baustelleneinrichtung in separaten Leistungsverzeichnispositionen ausgewiesen werden. Dann werden die indirekten Kosten der Baustelle nicht über z.B. mittlere Zuschläge für alle Baustellen berücksichtigt, sondern detailliert als einzelne Leistungsverzeichnisposition mit einmaligen und zeitabhängigen Kosten für die gesamte Baustelleneinrichtung ermittelt. Dadurch sind nur noch geringfügige Kosten aus Kleinverbrauchsmengen etc. als so genannte Baustellengemeinkosten über Zuschläge auf die direkten Kosten der Teilleistungen umzulegen. In diesem Fall ist die Kalkulation mit vorbestimmten Zuschlägen gleichwertig mit der Kalkulation über die Angebotssumme.



**Bild 36: Ablauf der Kalkulation mit vorbestimmten Zuschlägen nach Girmscheid [1]**

Für komplexe Bauaufgaben des Hoch- und Tiefbaus sowie speziell für die inventarintensiven Arbeiten des Untertagebaus ist die Kalkulation über die Angebotssumme als geeignet anzusehen, da sie die Kosten der Herstell-, Hilfs- sowie Managementprozesse projektspezifisch verursachergemäss erfasst und dadurch eine projektspezifische Zuschlagsbildung ermöglicht.



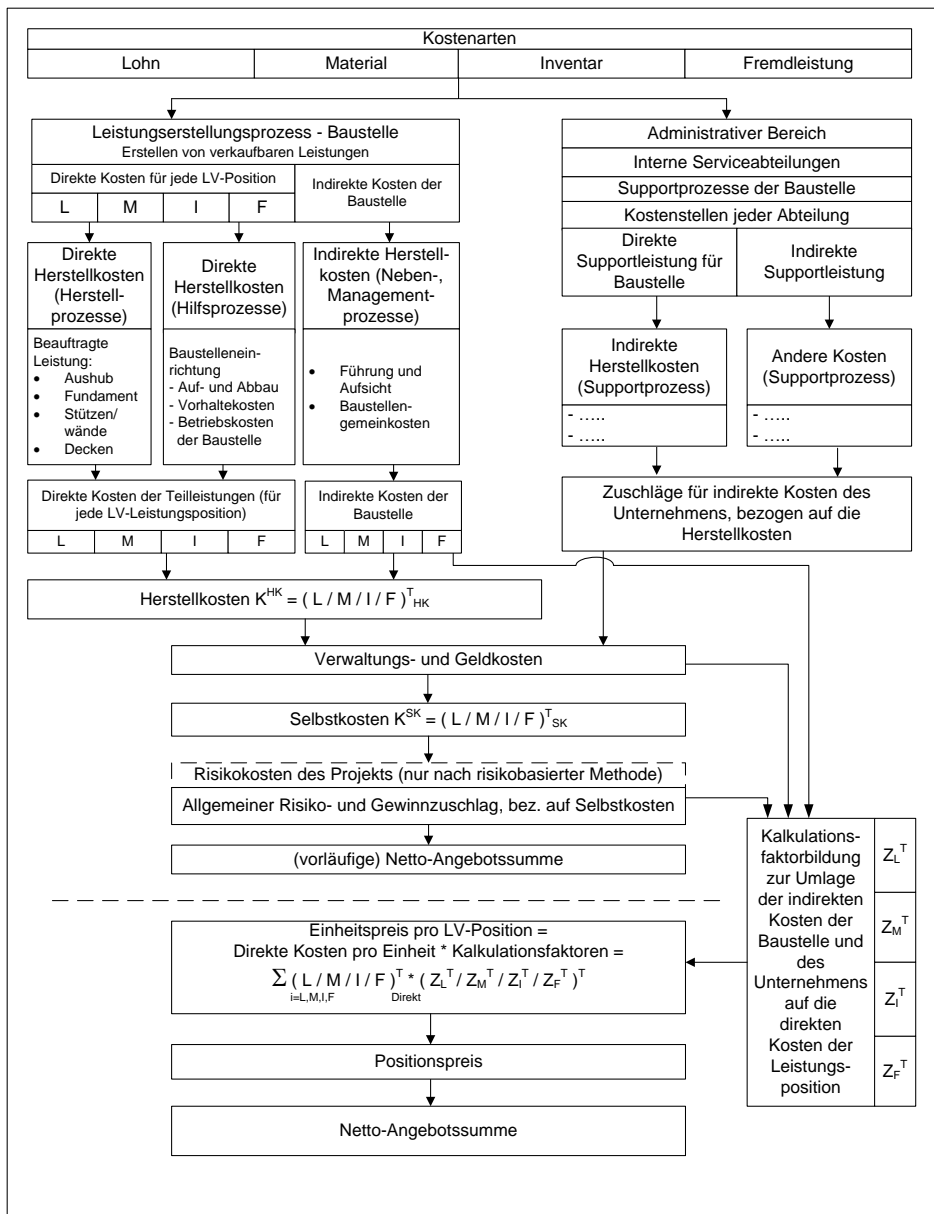
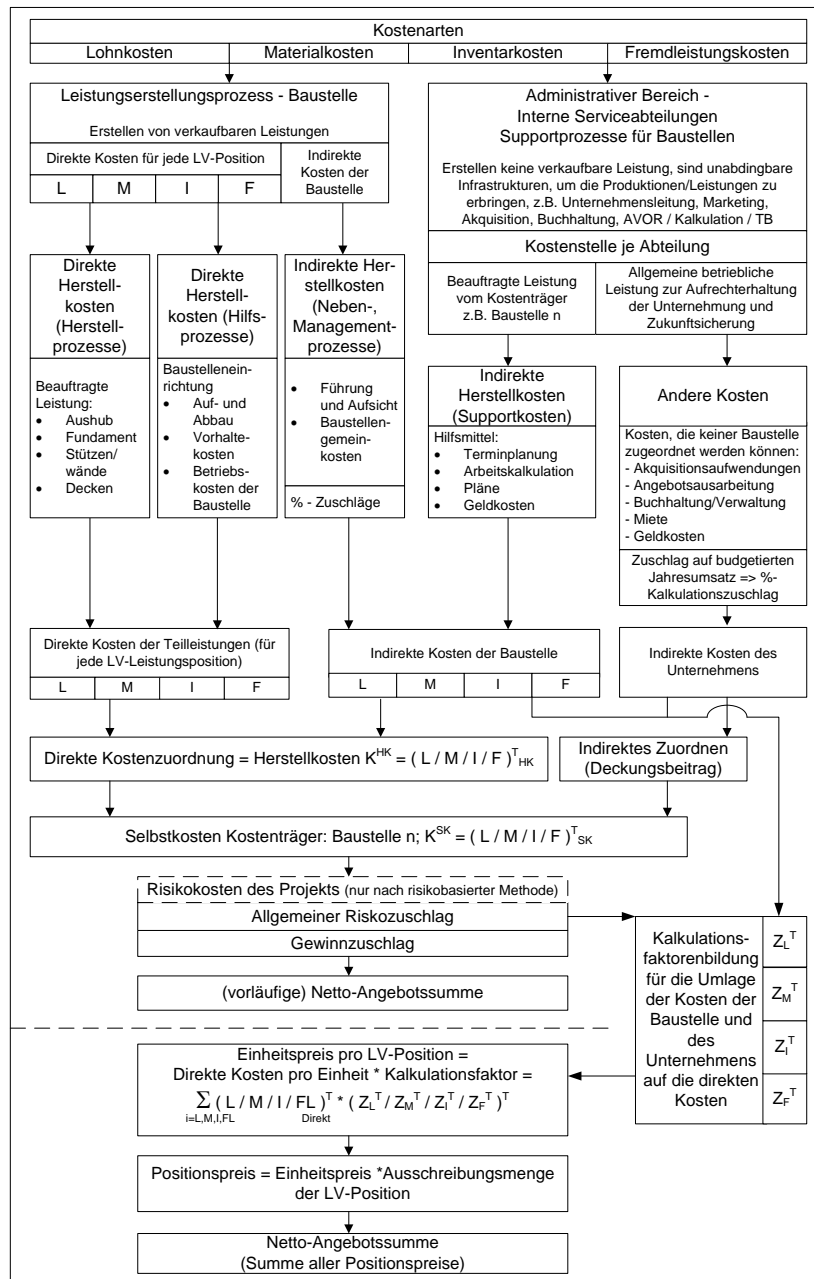


Bild 37: Ablauf der Kalkulation über die Angebotssumme nach Girmscheid [1]

Das Verfahren der Kalkulation über die Angebotssumme ist der Kalkulation mit vorbestimmten Zuschlägen dann überlegen und kostenverursachergemässer, wenn die Baustelleneinrichtung nicht in separaten Positionen des Leistungsverzeichnisses ausgewiesen wird, wie es oft in deutschen Ausschreibungen der Fall ist. In solchen Fällen betrachtet der Bauherr die Hilfsprozesse der Baustelleneinrichtung als rein unternehmerische Angelegenheit und fokussiert seine Ausschreibung nur auf Bauwerksleistungen.

Die Prozesskostenkalkulation berücksichtigt alle verursacherabhängigen Herstell-, Hilfs-, Management- und Supportprozesskosten. Neben den direkten Kosten der Herstell- und Hilfsprozesse, untergliedert in die direkten Kosten der Teilleistungen, werden die Kosten des Managementprozesses zur Aufsicht und Führung der Baustelle als indirekte Kosten der Baustelle, und die messbaren und abgrenzbaren Kosten der Supportprozesse, die von der Aufbauorganisation der Stammorganisation bezogen werden, als indirekte Kosten der Unternehmen ermittelt.



**Bild 38: Ablauf der Kalkulation als Prozesskostenkalkulation nach Girmscheid [1]**

Ziel dieses Ansatzes ist es, die Kostengenauigkeit einer Kalkulation zu erhöhen und den internen Leistungsbezug der Baustelle von der Arbeitsvorbereitung, dem Technischen Büro und der Kalkulation für die Arbeitskalkulation und das Controlling

in seinem Umfang und mit seinen internen Kosten projektspezifisch auszuweisen. Dies erfolgt mittels der Orientierung an den Prozessen eines Bauunternehmens. Ausschlaggebend ist, wer Besteller und wer Lieferant welcher Leistung innerhalb des Unternehmens ist. Die Prozesskostenrechnung operiert auf der Basis einer innerbetrieblichen Leistungsverrechnung und soll die innerbetriebliche Kosten- und Leistungstransparenz der Kostenstellen sicherstellen. Zur Preisbildung werden auch die prozessorientierten, weitgehend verursachergemäss ermittelten indirekten Kosten der Baustelle und des Unternehmens über Zuschläge den direkten Kosten der Teilleistungen zugeschlagen.

### **5.6.2 Direkte Kosten Lohn**

Auf einer Baustelle werden die Leistungen von einer Vielzahl an Arbeitnehmern mit unterschiedlichen Lohnklassen ausgeführt. Es ist daher für eine kostengenaue Kalkulation erforderlich, den mittleren Grundlohn einer typischen Equipe zu bilden. Der durchschnittliche Grundlohn ergibt sich aus den beteiligten Arbeitern und ihren Stundenlöhnen. Er kann gemäss Girmscheid [1] auf verschiedene Unternehmensbereiche bezogen werden:

- Betriebsmittellohn (Mittel aus den im Betrieb operativ an der Leistungserstellung auf Baustellen beschäftigten Personen)
- Baustellenmittellohn (Mittel aus den auf der Baustelle operativ an der Leistungserstellung beschäftigten Personen)
- Gruppenmittellohn (Mittel aus den in einer Gruppe operativ beschäftigten Personen, z.B. bei Betonarbeiten)

Im Rahmen des Systemvergleichs von Schalungen ist es am sinnvollsten, den jeweiligen Gruppenmittellohn zu ermitteln. Somit kann auch, bei Bedarf, die unterschiedliche Gruppengestaltung bei verschiedenen Schalungssystemen hinsichtlich der Komplexität der Anwendung berücksichtigt werden. Einfache Schalungssysteme können dann von Gruppen verwendet werden, die einen durchschnittlich geringeren Qualifikationsstand haben. Der Gruppenmittellohn ist in diesem Fall etwas geringer als der Gruppenmittellohn von qualifizierteren Gruppen für komplexere Schalungssysteme.

Zu den direkten Kosten Lohn (*DKL*) gehören gemäss dem Schweizer Baumeisterverband:

- Grundlohn (Gruppenmittelohn)
- Zuschläge und Prämien
- Lohnnebenkosten
- Zulangen und Spesen

Mit den direkten Kosten Lohn (*DKL*) ist dann in Verbindung mit dem relevanten Gesamtlohnstundenverbrauch die Bestimmung der relevanten Lohnkosten möglich.

$$C_{L,rel} = DKL \cdot L_{Std} =$$

$$= DKL \cdot \left[ L_{Std,SchVor} + (\eta_{L_{Std},A} + \eta_{L_{Std},E} + (n-3)) \cdot \left( \sum_{k^D} L_{Std,MP:i,T_k} + \sum_{k^W} L_{Std,MP:i,T_k} \right) + L_{Std,SchNach} \right]$$

$C_{L,rel}$	= Relevante ( <i>rel</i> ) Lohnkosten ( <i>L</i> )	[CHF]
$L_{Std}$	= Relevanter Gesamtlohnstundenverbrauch ( <i>Std</i> )	[h]
$DKL$	= Direkte Kosten Lohn ( <i>DKL</i> )	[CHF / h]

## 6 Inventarkosten

Bei der Ermittlung der Inventarkosten werden im Hinblick auf das Entscheidungsmodell für die Schalungssystemauswahl nur die Kosten berücksichtigt, die sich bei der Wahl von unterschiedlichen Schalungssystemen verändern.

Weiter ist es notwendig, die auftretenden Kosten in zwei Kategorien einzuordnen. Die Anzahl der Produktionsmittel der einen Kategorie sind unabhängig von der in der Arbeitsgruppenbildung ermittelten Arbeitskräfteanzahl, die Anzahl der Produktionsmittel der anderen Kategorie können von der Arbeitskräfteanzahl beeinflusst werden (Tabelle 7).

**Tabelle 7: Differenzierung von Inventar**

Produktionsmittel, deren Anzahl von der Arbeitsgruppenwahl <u>unabhängig</u> ist $\Omega_t$	Produktionsmittel, deren Anzahl von der Arbeitsgruppenwahl <u>abhängig</u> ist $\Omega_{AK}$
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schalungssysteme</li> <li>• Bauhilfsmaterial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Umsetzwagen</li> <li>• Umsetzgabeln</li> <li>• Kran</li> </ul>

Bei der Kategorie abhängig von der Arbeitsgruppenwahl kann entweder die Arbeitskräfteanzahl oder aber die Equipenanzahl entscheidend werden. Letztere ist ausschlaggebend, wenn man bei der Verwendung eines TLS mit einer Equipe für das Umsetzen arbeitet. In diesem Fall wird auch nur ein Umsetzwagen benötigt. Werden jedoch zwei Equipen eingesetzt, jeweils eine Equipe pro Etage, werden auch zwei Umsetzwagen benötigt.

Die gesamte Arbeitskräfteanzahl wird dann berücksichtigt, wenn die Entscheidung über die Anzahl der Kräne ansteht. Bei der Wahl von mehr als einem Kran muss dann beim Deckentischumsetzen entschieden werden, wie viele Umsetzgabeln vorgehalten werden sollen. Die Anzahl der Umsetzgabeln hängt dann direkt ab von der Anzahl der Equipen für Montage und Justage auf Ebene i+1.

Die Gesamtzahl dieser Produktionsmittel lässt sich folgendermassen darstellen:

$$\{\underline{\Omega}\} = \{\underline{\Omega}_t\} + \{\underline{\Omega}_{AK}\} = (\Omega_t^1, \Omega_t^2, \Omega_t^3, \dots) + (\Omega_{AK}^1, \Omega_{AK}^2, \Omega_{AK}^3, \dots)$$

$\Omega$  = Bauproduktionsmittel

$\Omega_t$  = Bauproduktionsmittel, deren Anzahl unabhängig von der Arbeitsgruppenwahl ist

$\Omega_{AK}$  = Bauproduktionsmittel, deren Anzahl abhängig von der Arbeitsgruppenwahl ist

Für jedes Produktionsmittel entstehen im Regelfall folgende Ausgaben:

$A_{\Omega}^{Transakt}$	= Transaktionskosten bei Marktbezug der Produktionssysteme (Anbahnung, Vereinbarung, Kontrolle etc.)	[CHF]
$A_{\Omega}^{Plan}$	= Kosten der spezifischen AVOR-Leistungen	[CHF]
$A_{\Omega}^{Transp}$	= Transportkosten zur und von der Baustelle	[CHF]
$A_{\Omega}^{Rüst}$	= Kosten für die projektspezifische Vorbereitung des Systems wie z. B. Aufbau, Montage etc.	[CHF]
$A_{\Omega}^{Verlust}$	= Kosten für beschädigtes Gerät/Bauhilfsmaterialien	[CHF]
$A_{\Omega,t}^{Fix}$	= Aufsichts- bzw. Allgemeinkosten pro Vorhaltezeit $t$	[CHF]
$A_{\Omega,t}^{AVS/Miete}$	= Interner AVS oder externer Mietsatz pro Vorhaltezeit $t$	[CHF]
$A_{\Omega,t}^{R\&R}$	= Revisions- und Reparaturkosten pro Vorhaltezeit $t$	[CHF]
$A_{\Omega,t}^{Betrieb}$	= Betriebskosten der Produktionseinrichtung bezogen auf die Betriebszeit $t$ und/oder auf Flächeneinheiten	[CHF]

Dabei muss zwischen den Ausgaben differenziert werden, die pro Projekt einmal anfallen ( $A_{\Omega}^{Transakt}$ ,  $A_{\Omega}^{Plan}$ ,  $A_{\Omega}^{Transp}$ ,  $A_{\Omega}^{Rüst}$ ,  $A_{\Omega}^{Verlust}$ ) und denjenigen, die abhängig von der Projektdauer sind ( $A_{\Omega,t}^{Fix}$ ,  $A_{\Omega,t}^{AVS/Miete}$ ,  $A_{\Omega,t}^{R\&R}$ ,  $A_{\Omega,t}^{Betrieb}$ ) und daher mit dem Index  $t$  gekennzeichnet werden.

Die gesamten relevanten Inventarkosten ergeben dann:

$$C_{I,rel} = \sum_{\Omega,rel} \sum_{\varepsilon_1} (A_{\Omega}^{\varepsilon_1}) \text{ mit } \varepsilon_1 = \left\{ \varepsilon_1 \mid \varepsilon_1 = \begin{matrix} \text{Transakt} \\ \text{Plan} \\ \text{Transp} \\ \text{Rüst} \\ \text{Verlust} \end{matrix} \right\} +$$

$$+ \sum_{\Omega,rel} \sum_{\varepsilon_2} (A_{\Omega}^{\varepsilon_2} \cdot t_{\Omega}) \Big|_{t_{\Omega,S}}^{t_{\Omega,E}} \text{ mit } \varepsilon_2 = \left\{ \varepsilon_2 \mid \varepsilon_2 = \begin{matrix} \text{Fix} \\ \text{AVS / Miete} \\ \text{R \& R} \\ \text{Betrieb} \end{matrix} \right\}$$

$C_{I,rel}$	= Relevante ( <i>rel</i> ) Inventarkosten ( <i>I</i> )	[CHF]
$\Omega,rel$	= Relevante ( <i>rel</i> ) Bauproduktionsmittel $\Omega$	[CHF]
$A_{\Omega}^{\varepsilon_1}$	= Ausgaben, die pro Einsatz nur einmalig auftreten	[CHF]
$A_{\Omega}^{\varepsilon_2}$	= Ausgaben, die abhängig von der Vorhaltdauer auftreten	[CHF / Tag]
$t_{\Omega}$	= Vorhaltdauer des Bauproduktionsmittels $\Omega$	[Tag]
$t_{\Omega,S}$	= Start ( <i>S</i> ) der Vorhaltdauer des Bauproduktionsmittels $\Omega$	[Tag]
$t_{\Omega,E}$	= Ende ( <i>E</i> ) der Vorhaltdauer des Bauproduktionsmittels $\Omega$	[Tag]

Die Einschränkung auf die relevanten Bauproduktionsmittel  $\Omega,rel$  ermöglicht eine schlanke bzw. aufwandsreduzierte Berechnung. Mit dieser Einschränkung werden Bauproduktionsmittel, die durch die Systemauswahl nicht beeinflusst werden, ignoriert. Bauproduktionsmittel wie Bagger oder LKW für den Aushub werden als nicht relevante Bauproduktionsmittel angesehen.

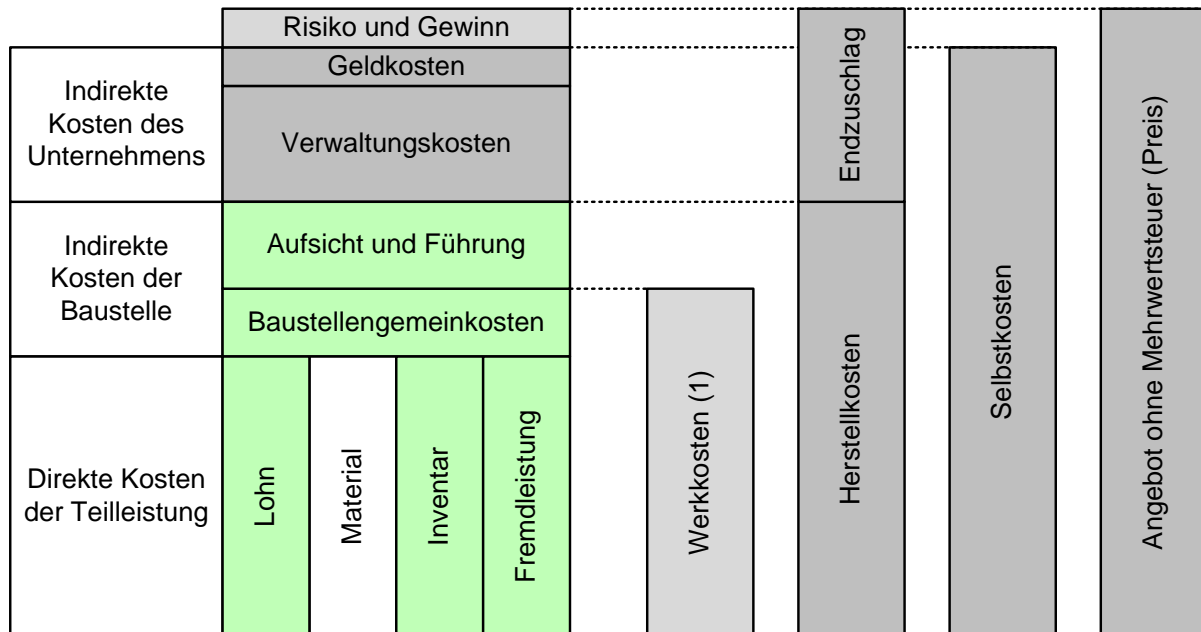
Die Vorhaltdauer der Bauproduktionsmittel  $t_{\Omega}$  muss für jedes relevante Bauproduktionsmittel ermittelt werden. Start und Ende der Vorhaltdauer wird definiert als der Zeitpunkt des Antransports zur bzw. des Abtransports von der Baustelle.

Zur Entscheidungsfindung bezüglich der Bereitstellungsvariante (Miete oder Besitz) wird hier auf den Forschungsbericht Teil 3 und auf Girmscheid [2] hingewiesen. Für weitere diesbezügliche Betrachtungen im Rahmen des Forschungsberichts Teil 9 wird deshalb verzichtet.

## 7 Projektspezifische komparative Kostenanalyse verschiedener Bauverfahren

### 7.1 Ermittlung der relevanten Gesamtkosten

Um verschiedene Schalungssysteme kostenmässig miteinander vergleichen zu können, ist es nicht notwendig, sämtliche Kosten für ein Bauprojekt zu ermitteln.



**Bild 39: Stufen der Zurechnung der indirekten Kosten im Vorkalkulationsschema des SBV [4] S.9**

Vielmehr ist es ausreichend, die Kosten zu bestimmen, die sich durch die Systemauswahl ändern können. Diese sind im Vorkalkulationsschema des SBV (Bild 39) mit einer grünen Hinterlegung dargestellt.

Hinsichtlich Ihrer Zuordnung können die veränderlichen Kostenanteile folgendermassen eingeteilt werden:

- **Direkte Kosten der Teilleistung:**  
Die direkt von der Systemauswahl abhängigen Kosten (Lohnstundenverbrauch, Inventarkosten und möglicherweise Fremdleistungen) werden verändert
- **Indirekte Kosten der Baustelle:**  
Die durch die Systemauswahl veränderte Bauzeit resultiert in einer Veränderung der Kosten für bauzeitabhängige Aufwendungen (Baustelleneinrichtung, Aufsicht und Führung)



Materialkosten umfassen die Kosten für Materialien, Halbfertig- und Fertigteile, die Bestand des Bauwerks werden, also an oder im Bauwerk verbleiben. Von der Schalungssystemwahl sind die Materialkosten unabhängig, müssen daher beim Kostenvergleich nicht berücksichtigt werden.

Fremdleistungskosten sind bei der Analyse nur für den Fall zu berücksichtigen, wenn Subunternehmer für die Schalungsarbeiten eingesetzt werden. Die Fremdleistungskosten bei externen Bewehrungskolonnen ändern sich durch die Systemwahl im Regelfall nicht. Eine Ausnahme stellt nur der Einsatz einer SCP dar, da dort die Bewehrungsarbeiten, insbesondere die Bewehrung der Wände, durch die Systemwahl beeinflusst werden können.

Zur Kostenanalyse ist es nicht erforderlich, die gesamten Lohn- und Inventarkosten zu ermitteln. Nur die analyserlevanten Anteile dieser Kostenkategorien müssen festgestellt und verglichen werden. Analyserrelevante Anteile in diesem Zusammenhang bedeuten, dass nur Kosten betrachtet werden, die sich durch die Systemwahl ändern können. Die Untersuchung des Arbeitszeitverbrauchs und des Inventareinsatzes für Arbeiten wie Baugrube, Fassade etc. ist daher unerheblich.

Die für die Kostenanalyse relevanten Kosten setzen sich somit aus den relevanten direkten Kosten der Teilleistungen und den zeitabhängigen indirekten Kosten der Baustelle zusammen:

$$C_{rel}^{\chi} = C_{dir,rel}^{\chi} + C_{ind}^{\chi} \cdot t_{ind}^{\chi}$$

$C_{rel}^{\chi}$  = Relevante (*rel*) Gesamtkosten beim Einsatz des Schalungssystems  $\chi$  [CHF]

$C_{dir,rel}^{\chi}$  = Relevante (*rel*) direkte Kosten (*dir*) beim Einsatz des Schalungssystems  $\chi$  [CHF]

$C_{ind}^{\chi}$  = Zeitabhängige indirekte Kosten (*ind*) beim Einsatz des Schalungssystems  $\chi$  [CHF]

$t_{ind}^{\chi}$  = Bezugszeitraum für die Ermittlung der zeitabhängigen indirekten Kosten (*ind*) beim Einsatz des Schalungssystems  $\chi$  [Tag]

Im Detail setzen sich die relevanten direkten Kosten der Teilleistung aus den relevanten Lohn-, Inventar- und möglicherweise auch den Fremdleistungskosten zusammen:

$$C_{dir,rel}^{\chi} = C_{L,rel}^{\chi} + C_{I,rel}^{\chi} + C_{FL,rel}^{\chi}$$

$C_{dir,rel}^{\chi}$  = Relevante (*rel*) direkte Kosten (*dir*) beim Einsatz des Schalungssystems  $\chi$  [CHF]

$C_{L,rel}^{\chi}$  = Relevante (*rel*) Lohnkosten (*L*) beim Einsatz des Schalungssystems  $\chi$  [CHF]

$C_{I,rel}^{\chi}$  = Relevante (*rel*) Inventarkosten (*I*) beim Einsatz des Schalungssystems  $\chi$  [CHF]

$C_{FL,rel}^{\chi}$  = Relevante (*rel*) Fremdleistungskosten (*FL*) beim Einsatz des Schalungssystems  $\chi$  [CHF]

Die zeitabhängigen indirekten Kosten der Baustelle bestehen aus den folgenden zwei Bestandteilen:

$$C_{ind}^{\chi} = C_{BGK}^{\chi} + C_{AuF}^{\chi}$$

$C_{ind}^{\chi}$  = Zeitabhängige indirekte Kosten (*ind*) beim Einsatz des Schalungssystems  $\chi$  [CHF]

$C_{BGK}^{\chi}$  = Baustellengemeinkosten (*BGK*) beim Einsatz des Schalungssystems  $\chi$  [CHF]

$C_{AuF}^{\chi}$  = Kosten für Aufsicht und Führung (*AuF*) beim Einsatz des Schalungssystems  $\chi$  [CHF]

Es ist nun möglich, die relevanten Gesamtkosten für die Analyse zu ermitteln um diese dann mit den relevanten Gesamtkosten beim Einsatz anderer Schalungssysteme zu vergleichen:

$$C_{rel}^{\chi} = C_{L,rel}^{\chi} + C_{I,rel}^{\chi} + C_{FL,rel}^{\chi} + (C_{BGK}^{\chi} + C_{AuF}^{\chi}) \cdot t_{ind}^{\chi}$$

$C_{rel}^{\chi}$  = Relevante (*rel*) Gesamtkosten beim Einsatz des Schalungssystems  $\chi$  [CHF]

## 7.2 Kostenvergleich verschiedener Bauverfahren

Für diejenigen Schalungssysteme, die die Prüfung der Anwendbarkeit positiv bestanden haben, werden mit der Weg-Zeit-Analyse und der Logistik-Interaktionen-Analyse der Lohnstundenverbrauch und die Inventarkosten ermittelt. Um das kostengünstigste Schalungssystem auszuwählen werden dann die Endergebnisse für die verschiedenen Schalungssysteme miteinander verglichen. Auf Basis des ökonomischen Minimalprinzips werden die geringsten Gesamtkosten bei gleichzeitiger Erfüllung der terminlichen und sonstigen Randbedingungen gesucht:

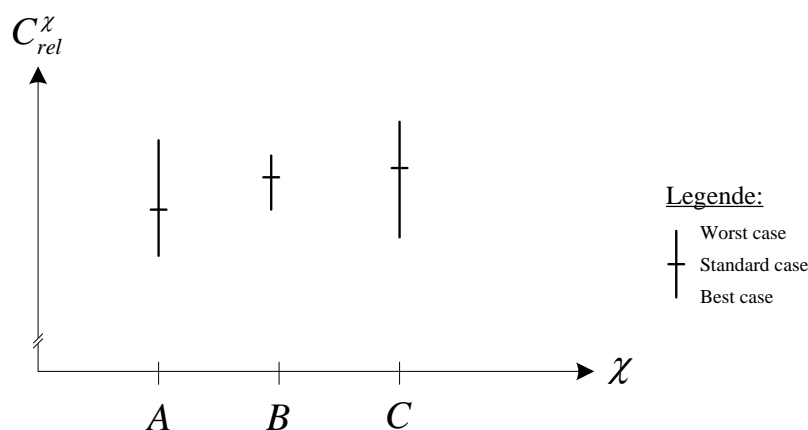
$$C_{rel}^{min} = \text{Min} \left\{ C_{rel}^{\chi} \right\}_{\{\chi=\{A,B,C,\dots\}\}}$$

$C_{rel}^{min}$  = Geringste (*min*) relevante (*rel*) Gesamtkosten [CHF]

$C_{rel}^{\chi}$  = Relevante (*rel*) Gesamtkosten beim Einsatz des Schalungssystems  $\chi$  [CHF]

## 7.3 Sensitivitätsanalyse

Um die Sicherheit für die Entscheidung weiter zu erhöhen, kann nach dem Abschluss des Kostenvergleichs eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt werden. Dies ist besonders in den Fällen wichtig, in denen aus anderen Randbedingungen Einflüsse auf die Bauzeit zu erwarten sind oder wenn die Endergebnisse des Kostenvergleichs nah beieinander liegen.



**Bild 40: Sensitivitätsanalyse**

Bei einer graphischen Auswertung (siehe Bild 40) der Sensitivitätsanalyse werden für jedes Schalungssystem  $\chi$  die relevanten Gesamtkosten für die drei Fälle worst case, standard case und best case aufgetragen.

Es ist dann die Aufgabe des Analysten diese graphische Darstellung (Bild 40) auszuwerten. Von den Projektrandbedingungen und der zugehörigen Eintrittswahrscheinlichkeit hängt dann das Bewertungsschema ab. Für den Fall Bild 40 könnte man zu folgendem Ergebnis kommen: Schalungssystem C ist hier in jedem Fall die schlechteste Wahl, da sowohl im standard case wie auch im worst case die Kosten am höchsten ausfallen. Schalungssystem A wäre zu wählen, wenn der worst case sehr unwahrscheinlich ist, da der standard case geringere Kosten verursacht im Vergleich zum Schalungssystem B. Ist die Eintrittswahrscheinlichkeit für den worst case hoch, sollte das Schalungssystem B dem Schalungssystem A vorgezogen werden.

## **8 Fazit und Ausblick**

Durch die in diesem Forschungsbericht dargestellten Teilmodelle ist es nun möglich, die im Forschungsbericht Teil 8 ermittelten Daten aus den Weg-Zeit-Beziehungen weiter zu bearbeiten. Das Ergebnis reflektiert die projektspezifischen Eigenschaften und offeriert eine verlässliche Entscheidungshilfe bei der Auswahl des optimalen Schalungssystems.

Die in diesem Forschungsbericht vorgestellten Teilmodelle wurden speziell dahingehend entwickelt, dass die Berechnungen später mit PC-Unterstützung erfolgen können. Dies führt zwar in manchen Fällen zu einer Erhöhung des Rechenaufwandes, dadurch dass aber die Berechnungen auf eine Automatisierung hin ausgerichtet wurden, wird die tatsächliche Rechendauer verringert.

Als nächster Schritt ist nun die Umsetzung von Teilmodellen in PC-Lösungen anzugehen. Diese Teilmodelle müssen dann in einem Gesamtmodell zusammengefasst werden. Parallel zur Umsetzung in eine PC-Lösung sind Feldversuche notwendig, die die in diesem Forschungsbericht dargestellten Grundrechenwerte bestimmen können.

## 9 Verzeichnisse

### 9.1 Abbildungsverzeichnis

Bild 1: Schalungs-Auswahl-Prozess-Modell mit Teilmodellen .....	1034
Bild 2: Detailliertes Schalungs-Auswahl-Prozess-Modell mit Teilmodellen .....	1036
Bild 3: Proportionaler Zusammenhang zwischen Arbeitseffizienz und realer Elementarprozessdauer .....	1042
Bild 4: Veränderung der Arbeitseffizienz beim Deckentisch Rest-Einschalen .....	1043
Bild 5: Veränderung der Arbeitseffizienz beim Deckentisch Vorbereiten .....	1044
Bild 6: Veränderung der Arbeitseffizienz beim Ausschal-Umsetzen eines Umsetzwagens (leer) ....	1046
Bild 7: Cyclone Analyse für das Umsetzen und Einschalen von Deckentischen .....	1048
Bild 8: Die vier Grundelemente des Cyclone-Modells vgl.[3] .....	1049
Bild 9: Teil einer Auswertung der Umsetzvorgänge .....	1050
Bild 10: Arbeitskräfteeinsatz .....	1061
Bild 11: Arbeitskräfteeinsatz optimiert .....	1062
Bild 12: Arbeitskräfteeinsatz bei variabler Arbeitseffizienz .....	1064
Bild 13: Arbeitseffizienz Einschalen und Bewehren Deckentische .....	1065
Bild 14: Arbeitskräfteeinsatz bei variabler Arbeitseffizienz (optimiert) .....	1065
Bild 15: Beispiel für Anordnungsbeziehungen .....	1067
Bild 16: Cyclone-Analyse für invariable Equipenkombination (Deckentische) .....	1068
Bild 17: Cyclone-Analyse für variable Equipenkombination (Deckentische) .....	1068
Bild 18: Beispiel - Arbeitskräfteeinsatzplanung .....	1073
Bild 19: optimierte Arbeitskräfteeinsatzplanung .....	1074
Bild 20: Variable Arbeitskräfteanzahl beim Einschalen von Systemträgerschalungen .....	1075
Bild 21: Baufortschritt .....	1076
Bild 22: Ablaufplanung Erstellung Gipskarton-Wand .....	1079
Bild 23: Ablaufplan Rahmenschalung .....	1082
Bild 24: Ablaufplan Rahmenschalung (Variante) .....	1083
Bild 25: Gegenüberstellung Arbeitseffizienz korrespondierender Prozess - Transportprozess .....	1086
Bild 26: Detailbetrachtung TP und KP bei Variation der Arbeitskräfte .....	1089
Bild 27: Ablaufplan Schalen und Ausbau .....	1092
Bild 28: Kranbelegung unter Berücksichtigung der Arbeitskräftevariation .....	1093
Bild 29: Kranauslastung mit Summenlinie .....	1094
Bild 30: Arbeitskräfteanzahl für Elementarprozess k=Einschalen .....	1096
Bild 31: Konstanter Lohnstundenverbrauch .....	1097
Bild 32: Abnehmender Lohnstundenverbrauch .....	1098
Bild 33: Variabler Lohnstundenverbrauch .....	1098
Bild 34: Lineare Lohnstundenverbrauchszunahme .....	1098
Bild 35: Stufen der Zurechnung der indirekten Kosten im Vorkalkulationsschema des SBV [4] .....	1107
Bild 36: Ablauf der Kalkulation mit vorbestimmten Zuschlägen nach Girmscheid [1] .....	1109
Bild 37: Ablauf der Kalkulation über die Angebotssumme nach Girmscheid [1] .....	1110
Bild 38: Ablauf der Kalkulation als Prozesskostenkalkulation nach Girmscheid [1] .....	1111
Bild 39: Stufen der Zurechnung der indirekten Kosten im Vorkalkulationsschema des SBV [4] S.9	1117
Bild 40: Sensitivitätsanalyse .....	1120

## 9.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Bewertung des Wartezeitenkoeffizienten (Ausschal- und Einschal-Umsetzen) .....	1053
Tabelle 2: Bewertung des Wartezeitenkoeffizienten (Einschalen) .....	1054
Tabelle 3: Inputdaten für eine Wartezeitenkoeffizientenanalyse.....	1055
Tabelle 4: Beispiel für Outputdaten einer Wartezeitenkoeffizientenanalyse .....	1055
Tabelle 5: Outputdaten für die Wartezeitenkoeffizientenanalyse von Bild 17 .....	1069
Tabelle 6: Differenzierung der Kranhübe .....	1077
Tabelle 7: Differenzierung von Inventar .....	1114

### 9.3 Literaturverzeichnis

- [1] *G. Girmscheid*: Kostenkalkulation und Preisbildung in Bauunternehmen : prozessorientierte, risikobasierte Ermittlung von Angebotspreisen, Hep, Baufachverl., Bern, 2004.
- [2] *G. Girmscheid*: Systemauswahl und Bereitstellungsvariante von Bauproduktionseinrichtungen – Entscheidungsmodell, Bauingenieur 83 (3/2008) (2008) 136-146.
- [3] *D.W. Halpin, R.W. Woodhead, R. Gareis*: Planung und Kontrolle von Bauproduktionsprozessen, Springer, Berlin u.a., 1979.
- [4] *SBV*: Vorkalkulation des Schweizerischen Baumeisterverbandes, 1996.







# **Prozessbasierte Entscheidungsmodelle für die Auswahl projektspezifischer Schalungssysteme**

**Forschungsbericht Teil 10**

**Anhang zu Teil 3: Zeitstudien bei Stahlbetonskelettrohbau – Schalen, Bewehren, Betonieren**

**Erstellt von: Baumgartner Franziska  
Gschwend Sibylle  
Huber René  
Muheim Daniel**



## Inhaltsverzeichnis – Teil 10

1	Messprotokolle HIT-Neubau .....	1131
1.1	Wandrahmenschalung .....	1131
1.2	Deckenschalung .....	1149
1.3	Wandarmierung .....	1159
1.4	Deckenarmierung .....	1178
1.5	Betonieren der Wand mit Kran .....	1188
1.6	Betonieren der Decke mit Kran .....	1194
2	Messprotokolle BZ Härkingen .....	1202
2.1	Deckenschalung .....	1202
2.2	Wandarmierung .....	1222
2.3	Bodenplattenarmierung .....	1232
2.4	Betonieren der Bodenplatte mit Pumpe .....	1256



# **1 Messprotokolle HIT-Neubau**

## **1.1 Wandrahmenschalung**

### **1.1.1 Messung vom 02.06.2006**

Datum: 02.06.2006			Aufnehmer: Daniel													Prozessittel: Wandrahmenschalung						
Zeit: 7.00 - 8.00 Uhr			Wetter: starker Regen													Position: Erdgeschoss Etappe 3						
Ort: ETH-Neubau			Temperatur: 7 °C													Tätigkeiten im näheren Umfeld:						
	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	
Elementarprozess																						
Transport Elemente mit Kran	2.1																					
Ränder reinigen + Öl aufspritzen	2.2																		1	1	1	1
Elemente mit Klammern verbinden (Boden)	2.3																					
Umdrehen der Schalung mittels Kran	2.4																					
Schalhaut reinigen + Öl aufspritzen	2.5																					
Transport mit Kran und Einbau	2.6																					
Justierung	2.7																					
Sprisse stellen	2.8																					
Stabanker einrichten	2.9																					
Verbinden mit Nachbarschalung	2.10																					
Aussparungen ausschalen	2.11		2	2	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	1	2	2	2	3	3	3	3
Wand ausschalen	2.12																					
Schalttafel und Balken zuschneiden	2.13																					
Schalttafel / Breiter befestigen	2.14																					
Abdichten von Wandschalung	2.15																					
Fertigstützen aufstellen	7.1																					
Abstandhalter einbringen und befestigen	3.4																					
Eisen zuschneiden	3.8																					
Betonierbühne aufstellen	4.11																					
Messen (Achsen einzeichnen)	9.2																					
Arbeitsort aufräumen	9.3																					
Organisieren	9.4		2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1
Material holen	9.5	3	1											1								
Laser aufstellen und einrichten	9.1																					
Pause persönlich	6.1						1			1												
Pause ablaufbedingt	6.2																					
Kran ...	1															1						
Kran ...	2																					
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)																						

Datum: 02.06.2006			Prozessittel: Wandrahmenschalung																		
Zeit: 8.00 - 9.00 Uhr			Position: Erdgeschoss Etappe 3																		
Ort: ETH-Neubau			Tätigkeiten im näheren Umfeld:																		
Aufnehmer: Daniel			12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57			
Wetter: stark bewölkt																					
Temperatur: 7 °C																					
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57
Transport Elemente mit Kran	2.1																				
Ränder reinigen + Öl aufspritzen	2.2																				
Elemente mit Klammern verbinden (Boden)	2.3																				
Umdrehen der Schalung mittels Kran	2.4																				
Schalhaut reinigen + Öl aufspritzen	2.5																				
Transport mit Kran und Einbau	2.6																				
Justierung	2.7																				
Spriessse stellen	2.8																				
Stabanker einrichten	2.9																				
Verbinden mit Nachbarschalung	2.10																				
Aussparungen ausschalen	2.11	2	3	2	2	2	2	3	2	2	1	2	3	2	2	1	2	2	3	2	1
Wand ausschalen	2.12																				
Schaltafeln und Balken zuschneiden	2.13																				
Schaltafeln / Bretter befestigen	2.14																				
Abdichten von Wandschalung	2.15																				
Fertigstützen aufstellen	7.1																				
Abstandhalter einbringen und befestigen	3.4																				
Eisen zuschneiden	3.8																				
Betonierbühne aufstellen	4.11																				
Messen (Achsen einzeichnen)	9.2															1					
Arbeitsort aufräumen	9.3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	2
Organisieren	9.4		1	1	1						1	1	1	1	1		1				1
Material holen	9.5						1	1	1												
Laser aufstellen und einrichten	9.1																				
Pause persönlich	6.1									2	1					1					1
Pause ablaufbedingt	6.2	1	2								1						1				1
Kran ...	1	1	1	1			1	1	1								1			1	1
Kran ...	2		1					1	1	1										1	1
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)			1	1	1	1															2



Datum: 02.06.2006			Aufnehmer: Daniel															Prozessittel: Wandrahmenschalung				
Zeit: 9.20 - 10.20 Uhr			Wetter: starker Regen															Position: Erdgeschoss Etappe 3				
Ort: ETH-Neubau			Temperatur: 7 °C															Tätigkeiten im näheren Umfeld:				
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	
Transport Elemente mit Kran	2.1																					
Ränder reinigen + Öl aufspritzen	2.2																					
Elemente mit Klammern verbinden (Boden)	2.3																					
Umdrehen der Schalung mittels Kran	2.4																					
Schalhaut reinigen + Öl aufspritzen	2.5																					
Transport mit Kran und Einbau	2.6																					
Justierung	2.7																					
Spriessse stellen	2.8																					
Stabanker einrichten	2.9																					
Verbinden mit Nachbarschalung	2.10																					
Aussparungen ausschalen	2.11	2	2	3	1	1	1	1				1					2	1	2	2	2	
Wand ausschalen	2.12																					
Schaltafeln und Balken zuschneiden	2.13							1							1					1		
Schaltafeln / Bretter befestigen	2.14																					
Abdichten von Wandschalung	2.15																					
Fertigstützen aufstellen	7.1																					
Abstandhalter einbringen und befestigen	3.4																					
Eisen zuschneiden	3.8																					
Betonierbühne aufstellen	4.11																					
Messen (Achsen einzeichnen)	9.2																1	1				
Arbeitsort aufräumen	9.3	1	2	1	2	2	3	2	1	3	2	2	2	1	1	1	1	1				
Organisieren	9.4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	
Material holen	9.5																					
Laser aufstellen und einrichten	9.1																					
Pause persönlich	6.1											1										
Pause ablaufbedingt	6.2	1							1			2		1	1		1					
Kran ...	1								1													
Kran ...	2																1					
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)								3														

Datum: 02.06.2006			Prozessittel: Wandrahmenschalung																			
Zeit: 10.20 - 11.20 Uhr			Position: Erdgeschoss Etappe 3, Etappe 2																			
Ort: ETH-Neubau			Tätigkeiten im näheren Umfeld:																			
Aufnehmer: Daniel			15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57					
Wetter: stark bewölkt			12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57				
Temperatur: 10 °C			9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57			
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	
Transport Elemente mit Kran	2.1					2	2				1									1		
Ränder reinigen + Öl aufspritzen	2.2									1												1
Elemente mit Klammern verbinden (Boden)	2.3																					2
Umdrehen der Schalung mittels Kran	2.4							2														
Schalhaut reinigen + Öl aufspritzen	2.5								1						1						1	
Transport mit Kran und Einbau	2.6									2						2						2
Justierung	2.7						2							1								
Sprieße stellen	2.8																					
Stabanker einrichten	2.9										1	1	1				2	1				
Verbinden mit Nachbarschalung	2.10																					
Aussparungen ausschalen	2.11	2	2	2	1	2	2	2	2	1										1		
Wand ausschalen	2.12																					
Schaltafeln und Balken zuschneiden	2.13	1			1	1																1
Schaltafeln / Bretter befestigen	2.14					1																
Abdichten von Wandschalung	2.15																					
Fertigstützen aufstellen	7.1																					
Abstandhalter einbringen und befestigen	3.4																					
Eisen zuschneiden	3.8																					
Betonierbühne aufstellen	4.11																					
Messen (Achsen einzeichnen)	9.2																				1	
Arbeitsort aufräumen	9.3		1	1	1	2	1	2	2	2	4	1	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2
Organisieren	9.4					1	2				1									1		
Material holen	9.5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	3	1	2	3	2	1		
Laser aufstellen und einrichten	9.1																					
Pause persönlich	6.1			1	1																1	1
Pause ablaufbedingt	6.2								1	1						1						1
Kran ...	1																					1
Kran ...	2						1	1	1	1	1	1	1	1								1
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)		4		5																		1

Datum: 02.06.2006		Aufnehmer: Daniel														Prozessittel: Wandrahmenschalung													
Zeit: 11.20 - 13.20 Uhr		Wetter: bewölkt														Position: Erdgeschoss Etappe 3, Etappe 2													
Ort: ETH-Neubau		Temperatur: 10 °C														Tätigkeiten im näheren Umfeld:													
	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57								
Elementarprozess	2.1																												
Transport Elemente mit Kran	2.2																												
Ränder reinigen + Öl aufspritzen	2.3																												
Elemente mit Klammern verbinden (Boden)	2.4																												
Umdrehen der Schalung mittels Kran	2.5			1	1								2																
Schalhaut reinigen + Öl aufspritzen	2.6	2				2								3	2														
Transport mit Kran und Einbau	2.7		1				1										1												
Justierung	2.8																	1											
Sprieße stellen	2.9	1	1	2	2	1	1	2	1	2	2						2	2											
Stabanker einrichten	2.10																												
Verbinden mit Nachbarschalung	2.11																												
Aussparungen ausschalen	2.12																												
Wand ausschalen	2.13	1			1	2	1	1		1																			
Schaltafeln und Balken zuschneiden	2.14																												
Schaltafeln / Bretter befestigen	2.15																												
Abdichten von Wandschalung	7.1																												
Fertigstützen aufstellen	3.4									1																			
Abstandhalter einbringen und befestigen	3.8																												
Eisen zuschneiden	4.11																												
Betonierbühne aufstellen	9.2								1	2	1	4	3	3	2	4	2	3	3	4	4	4							
Messen (Achsen einzeichnen)	9.3	2	3	2	3	1	2	2	1	1		1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1							
Arbeitsort aufräumen	9.4	1	1	1			1	2	1	1			1		1		1	1											
Organisieren	9.5	1	1				1		1	1	1						1												
Material holen	9.1																												
Laser aufstellen und einrichten	6.1	1				1	2			1		1								1		1							
Pause persönlich	6.2				1			1				2			1	1		1	1	4	2	2							
Pause ablaufbedingt	1	1	1	1	1	1							1	1	1	1						1							
Kran ...	2																												
Kran ...												1			6							1							
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)																													

Datum: 02.06.2006		Aufnehmer: Daniel												Prozessmittel: Wandrahmenschalung											
Zeit: 13.20 - 14.20 Uhr		Wetter: bewölkt												Position: Erdgeschoss Etappe 3. Etappe 2											
Ort: ETH-Neubau		Temperatur: 12 °C												Tätigkeiten im näheren Umfeld:											
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57				
Transport Elemente mit Kran	2.1		2			1		1				1		1											
Ränder reinigen + Öl aufspritzen	2.2																1		1						
Elemente mit Klammern verbinden (Boden)	2.3																								
Umdrehen der Schalung mittels Kran	2.4																								
Schalhaut reinigen + Öl aufspritzen	2.5		1					1																	
Transport mit Kran und Einbau	2.6			3	1		1			3	2		2		3										
Justierung	2.7																1								
Spriese stellen	2.8																1		1						
Stabanker einrichten	2.9				1	1	1	2	1				1			2	1	1	1	1					
Verbinden mit Nachbarschalung	2.10																								
Aussparungen ausschalen	2.11																	1							
Wand ausschalen	2.12																								
Schalltafel und Balken zuschneiden	2.13																								
Schalltafel / Bretter befestigen	2.14																								
Abdichten von Wandschalung	2.15																								
Fertigstützen aufstellen	7.1																								
Abstandhalter einbringen und befestigen	3.4																								
Eisen zuschneiden	3.8																								
Betonierbühne aufstellen	4.11																								
Messen (Achsen einzeichnen)	9.2	2	2	3	4	3	2	2	3	3	4	3	1	1	1	2	2	3	1	1	1				
Arbeitsort aufräumen	9.3		2						1	1				1											
Organisieren	9.4							1					2	1	1	2	2	1	1	1	2				
Material holen	9.5	2		1		2	2		1			1	1		1	2									
Laser aufstellen und einrichten	9.1																	1	1	2	1				
Pause persönlich	6.1	1																2		1	1				
Pause ablaufbedingt	6.2	2			1		1	1			1	2			2	2		1	2	2	3				
Kran ...	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
Kran ...	2																								
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)																					1	1			

Datum: 02.06.2006		Aufnehmer: Daniel												Prozessittel: Wandrahmenschalung							
Zeit: 14.20 - 15.20 Uhr		Wetter: bewölkt												Position: Erdgeschoss Etappe 3. Etappe 2							
Ort: ETH-Neubau		Temperatur: 12 °C												Tätigkeiten im näheren Umfeld:							
	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57
Elementarprozess																					
Transport Elemente mit Kran	2.1				1	1	1														
Ränder reinigen + Öl aufspritzen	2.2																				
Elemente mit Klammern verbinden (Boden)	2.3																				
Umdrehen der Schalung mittels Kran	2.4																				
Schalhaut reinigen + Öl aufspritzen	2.5	2	1	2																	
Transport mit Kran und Einbau	2.6						3														
Justierung	2.7								2												
Spiesse stellen	2.8								1	1											
Stabanker einrichten	2.9	1	2	1	1	2		2						1							
Verbinden mit Nachbarschalung	2.10																				
Aussparungen ausschalen	2.11																				
Wand ausschalen	2.12																				
Schalltafel und Balken zuschneiden	2.13																				
Schalltafel / Bretter befestigen	2.14																				
Abdichten von Wandschalung	2.15																				
Fertigstützen aufstellen	7.1																				
Abstandhalter einbringen und befestigen	3.4								1	1	1	1	1	1	1	2					
Eisen zuschneiden	3.8																				
Betonierbühne aufstellen	4.11													2	1	1	1				
Messen (Achsen einzeichnen)	9.2	4	3	1	3	2	3	4	3	4	2	2	3	2							
Arbeitsort aufräumen	9.3					2															
Organisieren	9.4				1		1	1				1			2	2					
Material holen	9.5		1	4		1	1	1	1					1	1	1	1	1	1	3	3
Laser aufstellen und einrichten	9.1																				
Pause persönlich	6.1										2	1	1	1							
Pause ablaufbedingt	6.2	1			1		2	1	1		3	2	1	1	1	1	1	2			
Kran ...	1	1	1	1	1	1	1						1	1	1	1	1	1	1	1	1
Kran ...	2					1								1	1	1	1	1	1	1	1
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)											1	1	1							7	

Datum: 02.06.2006		Aufnehmer: Daniel		Prozessittel: Wandrahmenschalung																		
Zeit: 15.20 - 16.20 Uhr		Wetter: bewölkt		Position: Erdgeschoss Etappe 3																		
Ort: ETH-Neubau		Temperatur: 12 °C		Tätigkeiten im näheren Umfeld:																		
	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	
Elementarprozess																						
Transport Elemente mit Kran	2.1																					
Ränder reinigen + Öl aufspritzen	2.2																					
Elemente mit Klammern verbinden (Boden)	2.3																					
Umdrehen der Schalung mittels Kran	2.4																					
Schalhaut reinigen + Öl aufspritzen	2.5																					
Transport mit Kran und Einbau	2.6																					
Justierung	2.7																					
Spriese stellen	2.8																					
Stabanker einrichten	2.9																					
Verbinden mit Nachbarschalung	2.10																					
Aussparungen ausschalen	2.11																					
Wand ausschalen	2.12																					
Schalltafel und Balken zuschneiden	2.13										2											
Schalltafel / Bretter befestigen	2.14																					
Abdichten von Wandschalung	2.15																					
Fertigstützen aufstellen	7.1	2			2	2		2	4	2		4	3	4	4							
Abstandhalter einbringen und befestigen	3.4		1																			
Eisen zuschneiden	3.8																					
Betonierbühne aufstellen	4.11																					
Messen (Achsen einzeichnen)	9.2						1															
Arbeitsort aufräumen	9.3				1																	
Organisieren	9.4						2															
Material holen	9.5	2	1	1	2	1	1	2					1			1	1	1	1	1		
Laser aufstellen und einrichten	9.1																					
Pause persönlich	6.1			1	1	1			2													1
Pause ablaufbedingt	6.2	1	2	1																		
Kran ...	1										1											
Kran ...	2	1	1																			
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)																8						

Datum: 02.06.2006			Aufnehmer: Daniel										Prozessittel: Wandrahmenschalung										
Zeit: 16.20 - 17.00 Uhr			Wetter: bewölkt										Position: Erdgeschoss Etappe 3										
Ort: ETH-Neubau			Temperatur: 12 °C										Tätigkeiten im näheren Umfeld:										
	Nr.		0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	
Elementarprozess																							
Transport Elemente mit Kran	2.1																						
Ränder reinigen + Öl aufspritzen	2.2																						
Elemente mit Klammern verbinden (Boden)	2.3																						
Umdrehen der Schalung mittels Kran	2.4																						
Schalhaut reinigen + Öl aufspritzen	2.5																						
Transport mit Kran und Einbau	2.6																						
Justierung	2.7																						
Spiesse stellen	2.8																						
Stabanker einrichten	2.9																						
Verbinden mit Nachbarschalung	2.10																						
Aussparungen ausschalen	2.11																						
Wand ausschalen	2.12																						
Schalltafeln und Balken zuschneiden	2.13																						
Schalltafeln / Bretter befestigen	2.14																						
Abdichten von Wandschalung	2.15																						
Fertigstützen aufstellen	7.1	1	1	1	1	1	1			1	1	1	1	1	1	1							
Abstandhalter einbringen und befestigen	3.4																						
Eisen zuschneiden	3.8																						
Betonierbühne aufstellen	4.11																						
Messen (Achsen einzeichnen)	9.2																						
Arbeitsort aufräumen	9.3																						
Organisieren	9.4																						
Material holen	9.5							1															
Laser aufstellen und einrichten	9.1																						
Pause persönlich	6.1								1														
Pause ablaufbedingt	6.2																						
Kran ...	1																						
Kran ...	2																						
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)																							9

### **1.1.2 Messung vom 08.06.2006**



Datum: 08.06.2006		Aufnehmer: Sibylle		Prozessmittel: Wandrahmenschalung																	
Zeit: 07:00		Wetter: sonnig, wolkenlos		Position: Kern links, 3. Etappe																	
Ort: ETH HIT		Temperatur:		Tätigkeiten im näheren Umfeld:																	
Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	
Elementarprozess																					
2.1																					
Transport Elemente mit Kran																					
2.2																					
Ränder reinigen + Öl aufspritzen																					
2.3																					
Elemente mit Klammern verbinden (Boden)																					
2.4																					
Umdrehen der Schalung mittels Kran																					
2.5	2																				
Schalhaut reinigen + Öl aufspritzen																					
2.6		2	1	1	1																
Transport mit Kran und Einbau																					
2.7										1											
Justierung																					
2.8																					
Sprieße stellen																					
2.9																					
Stabanker einrichten																					
2.10			1	1	1																
Verbinden mit Nachbarschalung																					
2.11																					
Aussparungen ausschalen																					
2.12	2	2	2	2	2	2	4	3	2		1	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2
Wand ausschalen																					
2.13																					
Schaltafeln und Balken zuschneiden																					
2.14																					
Schaltafeln / Bretter befestigen																					
2.15																					
Abdichten von Wandschalung																					
Messen (Achsen einzeichnen)	9.2																				
9.3								1	1	3											
Arbeitsort aufräumen																					
9.4										1	1	1	1								
Organisieren																					
9.5																					
Material holen																					
9.6																					
Laser aufstellen und einrichten																					
6.1																					
Pause persönlich																					
6.2								1	1		2										1
Pause ablaufbedingt																					
Kran 1								1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Kran 2																					
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)																					

Datum: 08.06.2006		Aufnehmer: Sibylle		Prozessmittel: Wandrahmenschalung																		
Zeit: 08:00		Wetter: sonnig, wolkenlos		Position:																		
Ort: ETH HIT		Temperatur:		Tätigkeiten im näheren Umfeld:																		
	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	
Elementarprozess	2.1																					
Transport Elemente mit Kran	2.1																					
Ränder reinigen + Öl aufspritzen	2.2																					
Elemente mit Klammern verbinden (Boden)	2.3																					
Umdrehen der Schalung mittels Kran	2.4																					
Schalhaut reinigen + Öl aufspritzen	2.5																					
Transport mit Kran und Einbau	2.6													2	2							
Justierung	2.7																					
Spiesse stellen	2.8																					
Stabanker einrichten	2.9																					
Verbinden mit Nachbarschalung	2.10																					
Aussparungen ausschalen	2.11	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1											
Wand ausschalen	2.12	1	1	2								1	2				2	2	2	2	2	1
Schalltafel und Balken zuschneiden	2.13											1	1	1		1	1	1	1	1	1	
Schalltafel / Bretter befestigen	2.14						1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	
Abdichten von Wandschalung	2.15																					
Messen (Achsen einzeichnen)	9.2														1							
Arbeitsort aufräumen	9.3	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1											
Organisieren	9.4							1	1	1												
Material holen	9.5						1			1						1						2
Laser aufstellen und einrichten	9.6																					
Pause persönlich	6.1																				1	
Pause ablaufbedingt	6.2				1	1						1				2						1
Kran 1		1	1									1	1	1			1	1	1	1		
Kran 2																						
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)												1										

Datum: 08.06.2006		Aufnehmer: Sibylle		Prozessmittel: Wandrahmenschalung																		
Zeit: 09:00		Wetter: sonnig, wolkenlos		Position:																		
Ort: ETH HIT		Temperatur:		Tätigkeiten im näheren Umfeld:																		
	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	
Elementarprozess	2.1																					
Transport Elemente mit Kran	2.1																					
Ränder reinigen + Öl aufspritzen	2.2																		2			
Elemente mit Klammern verbinden (Boden)	2.3																					
Umdrehen der Schalung mittels Kran	2.4																					
Schalhaut reinigen + Öl aufspritzen	2.5																					
Transport mit Kran und Einbau	2.6																				2	
Justierung	2.7																					
Spiesse stellen	2.8																					2
Stabanker einrichten	2.9														1							
Verbinden mit Nachbarschalung	2.10																					
Aussparungen ausschalen	2.11										1	1	1									
Wand ausschalen	2.12								1													
Schalltafel und Balken zuschneiden	2.13										1											
Schalltafel / Bretter befestigen	2.14									1											1	1
Abdichten von Wandschalung	2.15																					
Messen (Achsen einzeichnen)	9.2												1	1	1							
Arbeitsort aufräumen	9.3																					
Organisieren	9.4											1										
Material holen	9.5																					
Laser aufstellen und einrichten	9.6																					
Pause persönlich	6.1																					
Pause ablaufbedingt	6.2																					
Kran 1																						
Kran 2																						
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)		1	1	1	1	1	1	1														

Datum: 08.06.2006		Aufnehmer: Sibylle		Prozessmittel: Wandrahmenschalung																			
Zeit: 10:00		Wetter: sonnig, wolkenlos		Position:																			
Ort: ETH HIT		Temperatur:		Tätigkeiten im näheren Umfeld:																			
				0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57
Elementarprozess	Nr.																						
Transport Elemente mit Kran	2.1																				1	1	
Ränder reinigen + Öl aufspritzen	2.2																				1		
Elemente mit Klammern verbinden (Boden)	2.3																					1	1
Umdrehen der Schalung mittels Kran	2.4																						
Schalhaut reinigen + Öl aufspritzen	2.5				1																		
Transport mit Kran und Einbau	2.6							1															
Justierung	2.7			2				1		1													
Spiessse stellen	2.8				1				1														
Stabanker einrichten	2.9																						
Verbinden mit Nachbarschalung	2.10																						
Aussparungen ausschalen	2.11																						
Wand ausschalen	2.12				2		1																
Schalltafel und Balken zuschneiden	2.13			1				1				2											
Schalltafel / Bretter befestigen	2.14						1			1	1		1										
Abdichten von Wandschalung	2.15																						
Messen (Achsen einzeichnen)	9.2								1	1	2												
Arbeitsort aufräumen	9.3					1								1							2	2	
Organisieren	9.4											1	1										1
Material holen	9.5					1	1		1														
Laser aufstellen und einrichten	9.6																						
Pause persönlich	6.1																						
Pause ablaufbedingt	6.2																						
Kran 1					1	1		1						1	1	1	1	1			1	1	
Kran 2																							
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)						3												4				5	5

Datum: 08.06.2006		Aufnehmer: Sibylle		Prozessittel: Wandrahmenschalung																			
Zeit: 11:00		Wetter: sonnig, wolkenlos		Position:																			
Ort: ETH HIT		Temperatur:		Tätigkeiten im näheren Umfeld:																			
		Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	
Elementarprozess		2.1								1					1								
Transport Elemente mit Kran		2.2	1																				
Ränder reinigen + Öl aufspritzen		2.3																					
Elemente mit Klammern verbinden (Boden)		2.4		1																			
Umdrehen der Schalung mittels Kran		2.5			1	1						1			1			1					
Schalhaut reinigen + Öl aufspritzen		2.6								1			1			2							
Transport mit Kran und Einbau		2.7		1																			
Justierung		2.8													1	1							
Spiessse stellen		2.9			1	2	2	2	1	1	1	2	1	2	1	1	2	1	1	2	1	2	1
Stabanker einrichten		2.10											1										1
Verbinden mit Nachbarschalung		2.11		1																			
Aussparungen ausschalen		2.12																					
Wand ausschalen		2.13	1				1		1	1	1												
Schalltafel und Balken zuschneiden		2.14																					
Schalltafel / Bretter befestigen		2.15																					
Abdichten von Wandschalung																							
Messen (Achsen einzeichnen)		9.2																					
Arbeitsort aufräumen		9.3								1											1	3	
Organisieren		9.4																					
Material holen		9.5	1				1											1					
Laser aufstellen und einrichten		9.6																					
Pause persönlich		6.1																					
Pause ablaufbedingt		6.2																			1		
Kran 1				1						1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Kran 2																							
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)					6	6	6	6	6														7

Datum: 08.06.2006		Aufnehmer: Sibylle		Prozessmittel: Wandrahmenschalung																	
Zeit: 13:00		Wetter: sonnig, wolkenlos		Position:																	
Ort: ETH HIT		Temperatur:		Tätigkeiten im näheren Umfeld:																	
		0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57
Elementarprozess	Nr.																				
Transport Elemente mit Kran	2.1		1		1													1			
Ränder reinigen + Öl aufspritzen	2.2				1																1
Elemente mit Klammern verbinden (Boden)	2.3																				
Umdrehen der Schalung mittels Kran	2.4																				
Schalhaut reinigen + Öl aufspritzen	2.5	1																			
Transport mit Kran und Einbau	2.6						1														
Justierung	2.7																				
Spiesse stellen	2.8			1											1						
Stabanker einrichten	2.9	1	1	2	1	1	1	1	1		1								2	1	
Verbinden mit Nachbarschalung	2.10					1							1								
Aussparungen ausschalen	2.11																				
Wand ausschalen	2.12																				
Schalltafel und Balken zuschneiden	2.13								1												
Schalltafel / Bretter befestigen	2.14									1	2										
Abdichten von Wandschalung	2.15						1														
Bezonierbühne einrichten	5.11											1	2	2	2	2	1				
Messen (Achsen einzeichnen)	9.2		1	1												1					
Arbeitsort aufräumen	9.3			1					1								2	2			
Organisieren	9.4				1					1	1						1	1			
Material holen	9.5						1	1								1				1	
Laser aufstellen und einrichten	9.6																				
Pause persönlich	6.1																				
Pause ablaufbedingt	6.2						1		1												1
Kran 1				1	1	1		1													
Kran 2												1	1	1	1						
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)									8	8	8										

Datum: 08.06.2006		Aufnehmer: Sibylle		Prozessittel: Wandrahmenschalung																			
Zeit: 14:00		Wetter: sonnig, wolkenlos		Position:																			
Ort: ETH HIT		Temperatur:		Tätigkeiten im näheren Umfeld:																			
		Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	
Elementarprozess		2.1		1					1	1			1	1	1					1		1	57
Transport Elemente mit Kran		2.2		2																			
Ränder reinigen + Öl aufspritzen		2.3																					
Elemente mit Klammern verbinden (Boden)		2.4																					
Umdrehen der Schalung mittels Kran		2.5			2	1		1		1			1			1							
Schalhaut reinigen + Öl aufspritzen		2.6			2																		
Transport mit Kran und Einbau		2.7																					
Justierung		2.8						1															
Sprisse stellen		2.9		1		1	1	1	1	2		2	1		1	1	2	1	1	1	1	1	1
Stabanker einrichten		2.10												1			1						
Verbinden mit Nachbarschalung		2.11																					
Aussparungen ausschalen		2.12																					
Wand ausschalen		2.13																					
Schalltafel und Balken zuschneiden		2.14																					
Schalltafel / Bretter befestigen		2.15																					
Abdichten von Wandschalung																							
Messen (Achsen einzeichnen)		9.2							1														
Arbeitsort aufräumen		9.3				1																	1
Organisieren		9.4																					
Material holen		9.5									1												
Laser aufstellen und einrichten		9.6																					
Pause persönlich		6.1																					1
Pause ablaufbedingt		6.2						1			1												2
Kran 1																							
Kran 2			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)																							

## **1.2 Deckenschalung**

### **1.2.1 Messung vom 29.05.2006**



Datum: 29.05.06		Aufnehmer: Daniel, Sibylla		Prozessmittel:		Deckentische														
Zeit: 7.00 - 8.00 Uhr		Weiter: regnerisch		Position:		Decke Erdgeschoss														
Ort: ETH-HIT		Temperatur: 15 °C		Tätigkeiten im näheren Umfeld:		keine														
Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57
Elementarprozess																				
Gerüstbock zusammenbauen	1.1																			
Spriesshöhe vorbereiten	1.2		1																	
Gerüstbock transportieren	1.3			1							1									
Deckentische transportieren	1.4																			
Spriessköpfe befestigen	1.5																			
Deckent. auf Gerüst./Spriesse stellen++verbinden	1.6																			
Deckentisch+Gerüstbock transportieren	1.7																			
Deckentisch richtig platzieren (hämmern, schieben)	1.8		2	3	2	2	2								2					1
Genauere Höhe der (Gerüst-)Spriesse einstellen	1.9																			
Schalttafel transportieren (für Passstreifen)	1.10																			
Passstreifen oder Balken zuschneiden	1.11																			
Passstreifen / Klammern befestigen	1.12					1	1													
Träger für konv. Deckenschalung hinlegen	1.13																			
Geländer, Balkenelemente aufstellen	1.14																			
Balken für Gerüstbock hinlegen + stützen	1.15														2					
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																			
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2												1		2					
Arbeitsort aufräumen, Organisieren; Material holen	8.3 - 8.5	4	4																	
Anzahl Deckentische (Spriesse, Gerüstbock)																				
Pause persönlich	6.1																			
Pause ablaubbedingt	6.2																			
Kran ...	1																			
Kran ...	2																			
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)																				

Datum: 29.05.06		Aufnehmer: Daniel, Sibylle		Prozesszeit:																		
Zeit: 8:00 - 9:00 Uhr		Weiter: bewölkt, nass		Position: Decke Erdgeschoss																		
Ort: ETH-HIT		Temperatur: 15 °C		Tätigkeiten im näheren Umfeld: Stromarbeiten																		
		Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57
Elementarprozess																						
Gerüstbock zusammenbauen		1.1																				
Spresshöhe vorbereiten		1.2																				
Gerüstbock transportieren		1.3																				1
Deckentische transportieren		1.4																				
Spressköpfe befestigen		1.5																				
Deckent. auf Gerüst./Spreesse stellen+verbinden		1.6									1											
Deckentisch+Gerüstbock transportieren		1.7																				
Deckentisch richtig platzieren (hämmern, schieben)		1.8		2	1			2	2	2												
Genauere Höhe der (Gerüst-)Spreesse einstellen		1.9											1									
Schalttafel transportieren (für Passstreifen)		1.10																				
Passstreifen oder Balken zuschneiden		1.11					1	1					1									
Passstreifen / Klammern befestigen		1.12					1									1	1					
Träger für konv. Deckenschalung hinlegen		1.13																				
Geländer, Balkenelemente aufstellen		1.14																				
Balken für Gerüstbock hinlegen + stützen		1.15					1			2	1	1										1
Lasert aufstellen und einrichten		8.1																				
Messen (Achsen einzeichnen)		8.2																				
Arbeitsort aufräumen, Organisieren; Material holen		8.3 - 8.5																				
Anzahl Deckentische (Spreesse, Gerüstbock)																						
Pause persönlich		6.1																				
Pause ablaufbedingt		6.2																				
Kran ...		1																				
Kran ...		2																				
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)																						

Datum: 29.05.06				Aufnehmer: Daniel, Sbylle											Prozessmittel:						
Zeit: 9:00 Uhr- 10:20 Uhr				Weiter: stark bewölkt, nass											Position:						
Ort: ETH-HIT				Temperatur: 15 °C											Tätigkeiten im näheren Umfeld:						
				Decke Erdgeschoss											Wand einschalen						
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57
Gerüstbock zusammenbauen	1.1																				
Sprösshöhe vorbereiten	1.2																				
Gerüstbock transportieren	1.3																				
Deckentische transportieren	1.4		1	1	3																
Sprössköpfe befestigen	1.5																				
Deckent. auf Gerüst./Sprösse stellen++verbinden	1.6		1																		2
Deckentisch+Gerüstbock transportieren	1.7	3																			
Deckentisch richtig platzieren (hämmern, schieben)	1.8						2							1							
Genauere Höhe der (Gerüst-)Sprösse einstellen	1.9						2	3	1	2					2			1	1	2	
Schalttafel transportieren (für Passstreifen)	1.10																				
Passstreifen oder Balken zuschneiden	1.11						1					1	1	1		1					1
Passstreifen / Klammern befestigen	1.12																				
Träger für konv. Deckenschalung hinlegen	1.13																				
Geländer, Balkenelemente aufstellen	1.14																	1			
Balken für Gerüstbock hinlegen + stützen	1.15											3		2		1		2			
Laseraufstellen und einrichten	8.1																				
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2	1	1	3		1					1		2		1	1	1				1
Arbeitsort aufräumen, Organisieren; Material holen	8.3 - 8.5	1	1	3		1					1		2		1	1	1				1
Anzahl Deckentische (Sprösse, Gerüstbock)		1	1	1																	
Pause persönlich	6.1				1	2															
Pause ablaubbedingt	6.2		1			1	3		1	3			1		1		2				2
Kran ...	1																				
Kran ...	2	1	1	1													1				
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)		1	3	3	4																

Datum: 29.05.06		Aufnehmer: Daniel, Sbylle																				
Zeit: 10.20 - 11.20 Uhr		Weiter: starker Regen																				
Ort: ETH-HIT		Temperatur: 15 °C																				
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	
Gerüstbock zusammenbauen	1.1																					
Spriesshöhe vorbereiten	1.2																					
Gerüstbock transportieren	1.3																					
Deckentische transportieren	1.4																					
Spriessköpfe befestigen	1.5																					
Deckent. auf Gerüst./Spriesse stellen++verbinden	1.6	1																				
Deckentisch+Gerüstbock transportieren	1.7				1																	
Deckentisch richtig platzieren (hämmern, schieben)	1.8																					
Genauere Höhe der (Gerüst-)Spriesse einstellen	1.9		2	2																		
Schalttafel transportieren (für Passstreifen)	1.10																					
Passstreifen / Klammern befestigen	1.11			1		1	1	1	1	1	2											
Träger für konv. Deckenschalung hinlegen	1.12																					
Geländer, Balkenelemente aufstellen	1.13																					
Balken für Gerüstbock hinlegen + stützen	1.14						1	1	1	1		2	2	1	4	3	2	1	1	1	1	1
	1.15																					
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																					
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2		2	1	3	1																
Arbeitsort aufräumen, Organisieren; Material holen	8.3 - 8.5		2	1	3	1																
Anzahl Deckentische (Spriesse, Gerüstbock)																						
Pause persönlich	6.1	3				1						1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1
Pause ablaubebedingt	6.2						1	1														
Kran ...	1																					
Kran ...	2																					
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)																						

Datum:		29.05.06		Aufnehmer:		Daniel, Sibylla		Prozessmittel:		Deckentische												
Zeit:		11.20 - 13.20 Uhr		Weiter:		starker Regen		Position:		Decke Erdgeschoss												
Ort:		ETH-HIT		Temperatur:		15 °C		Tätigkeiten im näheren Umfeld:		keine												
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	
Gerüstbock zusammenbauen	1.1																					
Spresshöhe vorbereiten	1.2																					
Gerüstbock transportieren	1.3																					
Deckentische transportieren	1.4																					
Spressköpfe befestigen	1.5																					
Deckent. auf Gerüstb./Spreesse stellen++verbinden	1.6																					
Deckentisch+Gerüstbock transportieren	1.7	3	3																			
Deckentisch richtig platzieren (hämmern, schieben)	1.8			2	1			2								2	2	2				
Genauere Höhe der (Gerüst-)Spreesse einstellen	1.9										1				1							
Schalttafel transportieren (für Passstreifen)	1.10																					
Passstreifen oder Balken zuschneiden	1.11										1											
Passstreifen / Klammern befestigen	1.12										1				1							
Träger für konv. Deckenschalung hinlegen	1.13																					
Geländer, Balkenelemente aufstellen	1.14																					
Balken für Gerüstbock hinlegen + stützen	1.15																					2
Laser aufstellen und einrichten	8.1																					
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																					
Arbeitsort aufräumen, Organisieren; Material holen	8.3 - 8.5			2		1	1	1	1			1			1							2
Anzahl Deckentische (Spreesse, Gerüstbock)		1		3																		
Pause persönlich	6.1													2								
Pause ablaubbedingt	6.2					2	1								1							
Kran ...	1																					
Kran ...	2	1	1																			
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)		1		6			7							8					9			

Datum: 29.05.06																						
Zeit: 13.20 - 14.20 Uhr																						
Ort: ETH-HIT																						
Aufnehmer: Daniel, Sibylla																						
Weiter: regnerisch																						
Temperatur: 15 °C																						
Prozessmittel:																						
Position: Decke Erdgeschoss																						
Tätigkeiten im näheren Umfeld: keine																						
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	
Gerüstbock zusammenbauen	1.1																					
Sprösshöhe vorbereiten	1.2																					
Gerüstbock transportieren	1.3																					
Deckentische transportieren	1.4																					
Sprössköpfe befestigen	1.5																					
Deckent. auf Gerüst./Sprösse stellen+verbinden	1.6																					
Deckentisch+Gerüstbock transportieren	1.7																					
Deckentisch richtig platzieren (hämmern, schieben)	1.8																					
Genauere Höhe der (Gerüst-)Sprösse einstellen	1.9																					
Schalttafel transportieren (für Passstreifen)	1.10																					
Passstreifen / Klammern befestigen	1.11																1					
Passstreifen / Klammern befestigen	1.12																					
Träger für konv. Deckenschalung hinlegen	1.13																					
Geländer, Balkenelemente aufstellen	1.14		2	2	3																	
Balken für Gerüstbock hinlegen + stützen	1.15																					
Lasertafel aufstellen und einrichten	8.1																					
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2							2		2	2	2	2	2	2					2	2	
Arbeitsort aufräumen, Organisieren; Material holen	8.3 - 8.5					2	1		1													
Anzahl Deckentische (Sprösse, Gerüstbock)																						
Pause persönlich	6.1						1		1													
Pause ablaufbedingt	6.2																					
Kran ...	1																					
Kran ...	2																				1	
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)																					10	

Datum: 29.05.06		Aufnehmer: Daniel, Sibylle												Prozessmittel:							
Zeit: 14.20 - 15.20 Uhr		Weiter: regnerisch												Position:							
Ort: ETH-HIT		Temperatur: 15 °C												Tätigkeiten im näheren Umfeld:							
														Deckentische							
														Decke Erdgeschoss							
														keine							
	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57
Elementarprozess																					
Gerüstbock zusammenbauen	1.1																				
Spriesshöhe vorbereiten	1.2																				
Gerüstbock transportieren	1.3																				
Deckentische transportieren	1.4																				
Spriessköpfe befestigen	1.5																				
Deckent. auf Gerüst./Spriesse stellen++verbinden	1.6																				
Deckentisch+Gerüstbock transportieren	1.7																				
Deckentisch richtig platzieren (hämmern, schieben)	1.8																				
Genauere Höhe der (Gerüst-)Spriesse einstellen	1.9																				
Schalttafel transportieren (für Passstreifen)	1.10																				
Passstreifen / Klammern befestigen	1.11																				
Träger für konv. Deckenschalung hinlegen	1.12								2	2		2									
Geländer, Balkenelemente aufstellen	1.13																				
Balken für Gerüstbock hinlegen + stützen	1.14																				
	1.15																				
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																				
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2	2	2	2	2	2	1														
Arbeitsort aufräumen, Organisieren; Material holen	8.3 - 8.5							1					2			1	1				
Anzahl Deckentische (Spriesse, Gerüstbock)																					
Pause persönlich	6.1							1			1				1						
Pause ablaubbedingt	6.2						1				1										
Kran ...	1																				
Kran ...	2																				
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)																					

Datum: 29.05.06		Aufnehmer: Daniel, Sibylla																			
Zeit: 15.20 - 16.20 Uhr		Weiter: bedeckt, nass																			
Ort: ETH-HIT		Temperatur: 15 °C																			
	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57
Elementarprozess																					
Gerüstbock zusammenbauen	1.1																				
Spresshöhe vorbereiten	1.2																				
Gerüstbock transportieren	1.3																				
Deckentische transportieren	1.4																				
Spressköpfe befestigen	1.5																				
Deckent. auf Gerüst./Spreesse stellen++verbinden	1.6																				
Deckentisch+Gerüstbock transportieren	1.7																				
Deckentisch richtig platzieren (hämmern, schieben)	1.8																				
Genauere Höhe der (Gerüst-)Spreesse einstellen	1.9						2	2													
Schalttafel transportieren (für Passstreifen)	1.10																				
Passstreifen / Klammern befestigen	1.11																				
Passstreifen / Klammern befestigen	1.12																				
Träger für konv. Deckenschalung hinlegen	1.13								2	1		1	2	1	2						
Geländer, Balkenelemente aufstellen	1.14		2	2	1	1															
Balken für Gerüstbock hinlegen + stützen	1.15																				
Laser aufstellen und einrichten	8.1																				
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																				
Arbeitsort aufräumen, Organisieren; Material holen	8.3 - 8.5				1	1				1	2					2	2	2	2	1	1
Anzahl Deckentische (Spreesse, Gerüstbock)																					
Pause persönlich	6.1																			1	1
Pause ablaubebedingt	6.2			1								1									
Kran ...	1																				
Kran ...	2						1	1													
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)												11									



Datum: 29.05.06		Aufnehmer: Daniel, Sibylle		Prozessmittel:																		
Zeit: 16.20 - 17.00 Uhr		Weiter: regnerisch		Position:																		
Ort: ETH-HIT		Temperatur: 15 °C		Tätigkeiten im näheren Umfeld: Betonierarbeiten mit Kran (Wand)																		
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	
Gerüstbock zusammenbauen	1.1																					
Sprösshöhe vorbereiten	1.2																					
Gerüstbock transportieren	1.3																					
Deckentische transportieren	1.4																					
Sprössköpfe befestigen	1.5																					
Deckent. auf Gerüst./Sprösse stellen++verbinden	1.6																					
Deckentisch+Gerüstbock transportieren	1.7																					
Deckentisch richtig platzieren (hämmern, schieben)	1.8																					
Genauere Höhe der (Gerüst-)Sprösse einstellen	1.9																					
Schalttafel transportieren (für Passstreifen)	1.10																					
Passstreifen oder Balken zuschneiden	1.11																					
Passstreifen / Klammern befestigen	1.12																					
Träger für konv. Deckenschalung hinlegen	1.13																					
Geländer, Balkenelemente aufstellen	1.14																					
Balken für Gerüstbock hinlegen + stützen	1.15																					
Laser aufstellen und einrichten	8.1																					
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																					
Arbeitsort aufräumen, Organisieren; Material holen	8.3 - 8.5	2	2	1	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	1						
Anzahl Deckentische (Sprösse, Gerüstbock)																						
Pause persönlich	6.1							1														
Pause ablaufbedingt	6.2			1																		
Kran ...	1			1	1																	
Kran ...	2																					
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)																						

## **1.3 Wandarmierung**

### **1.3.1 Messung vom 30.05.2006**

Datum: 30.05.2006		Aufnehmer: Sibylle		Prozessmittel: Armieren Kernwand																		
Zeit: 7:30		Wetter: bedeckt, kein Regen		Position:																		
Ort: ETH-Neubau HIT		Temperatur:		Tätigkeiten im näheren Umfeld:																		
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	
Ausmessen / Einzeichnen	3.1		1	1		1																
Eisen sortieren, abzählen, vorbereiten für Transpo	3.2							1	1							1						
Eisentransport	3.3					1	1								1							
Eisen zuschneiden	3.4																					
Abstandhalter einbringen und befestigen	3.5																					
Abstandsteine klopfen	3.6																					
Eisen einlegen	3.7										1	1								1	1	
Eisen ausrichten	3.8																					
Eisen rausbiegen	3.9																					
Eisen befestigen	3.10		1	1									1	1								1
Bewehrungsbühne einrichten	3.11																					
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																					
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																					
Arbeitsort aufräumen	8.3																					
Organisieren	8.4																					
Material holen	8.5																					
Pause persönlich	6.1																					
Pause ablaufbedingt	6.2																					
Kran ...																						
Kran ...																						
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)			1	1	1	1, 2	1, 2															

Datum: 30.05.2006		Aufnehmer: Sibylle		Prozessittel: Armieren Kernwand																		
Zeit: 8:30		Wetter: bedeckt, kein Regen		Position:																		
Ort: ETH-Neubau HIT		Temperatur:		Tätigkeiten im näheren Umfeld:																		
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	
Ausmessen / Einzeichnen	3.1																					
Eisen sortieren, abzählen, vorbereiten für Transpo	3.2																					
Eisentransport	3.3		1																			
Eisen zuschneiden	3.4																					
Abstandhalter einbringen und befestigen	3.5																					
Abstandsteine klopfen	3.6																					
Eisen einlegen	3.7		1					1	1										1			
Eisen ausrichten	3.8																					
Eisen rausbiegen	3.9																					
Eisen befestigen	3.10				1	1	1	1	1		1									1	1	1
Bewehrungsbühne einrichten	3.11																					
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																					
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																					
Arbeitsort aufräumen	8.3																					
Organisieren	8.4																					
Material holen	8.5																					
Pause persönlich	6.1																					
Pause ablaufbedingt	6.2																					
Kran ...																						
Kran ...																						
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)																						

Datum: 30.05.2006		Aufnehmer: Sibylle		Prozessittel: Armieren Kernwand																		
Zeit: 9:30		Wetter: bewölkt		Position:																		
Ort: ETH-Neubau HIT		Temperatur:		Tätigkeiten im näheren Umfeld:																		
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	
Ausmessen / Einzeichnen	3.1																					
Eisen sortieren, abzählen, vorbereiten für Transpo	3.2																					
Eisentransport	3.3										1						1					
Eisen zuschneiden	3.4																					
Abstandhalter einbringen und befestigen	3.5																					
Abstandsteine klopfen	3.6																					
Eisen einlegen	3.7					1	1									1						
Eisen ausrichten	3.8																					
Eisen rausbiegen	3.9																					
Eisen befestigen	3.10	1	1		1	1	1	1	1	1		1		1	1	1	1	1	1			
Bewehrungsbühne einrichten	3.11																					
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																					
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																					
Arbeitsort aufräumen	8.3																					
Organisieren	8.4																					
Material holen	8.5																					
Pause persönlich	6.1																					
Pause ablaufbedingt	6.2																					
Kran ...																					1	1
Kran ...																						
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)																						

Datum: 30.05.2006		Aufnehmer: Sibylle											Prozessmittel: Armieren Kernwand										
Zeit: 10:30		Wetter: bewölkt, kurze Schauer											Position:										
Ort: ETH-Neubau HIT		Temperatur:											Tätigkeiten im näheren Umfeld:										
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57		
Ausmessen / Einzeichnen	3.1																						
Eisen sortieren, abzählen, vorbereiten für Transpo	3.2																						
Eisentransport	3.3					1					1												
Eisen zuschneiden	3.4																						
Abstandhalter einbringen und befestigen	3.5																						
Abstandsteine klopfen	3.6																						
Eisen einlegen	3.7	1					1																
Eisen ausrichten	3.8																						
Eisen rausbiegen	3.9																						
Eisen befestigen	3.10		1	1	1			1				1	1			1	1	1			1		
Bewehrungsbühne einrichten	3.11																						
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																						
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																						
Arbeitsort aufräumen	8.3																						
Organisieren	8.4					1															1		
Material holen	8.5																						
Pause persönlich	6.1													1									
Pause ablaufbedingt	6.2																						
Kran ...																							
Kran ...																							
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)							2																

Datum: 30.05.2006			Aufnehmer: Sibylle											Prozessittel: Armieren Kernwand								
Zeit: 11:30			Wetter: bedeckt, kein Regen											Position:								
Ort: ETH-Neubau HIT			Temperatur:											Tätigkeiten im näheren Umfeld:								
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	
Ausmessen / Einzeichnen	3.1																					
Eisen sortieren, abzählen, vorbereiten für Transpo	3.2																					
Eisentransport	3.3				1																	
Eisen zuschneiden	3.4																					
Abstandhalter einbringen und befestigen	3.5																					
Abstandsteine klopfen	3.6																					
Eisen einlegen	3.7						1															
Eisen ausrichten	3.8																					
Eisen rausbiegen	3.9																					
Eisen befestigen	3.10	1	1	1				1	1													
Bewehrungsbühne einrichten	3.11																					
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																					
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																					
Arbeitsort aufräumen	8.3									1	1											
Organisieren	8.4																					
Material holen	8.5									1												
Pause persönlich	6.1																					
Pause ablaufbedingt	6.2																					
Kran ...																						
Kran ...																						
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)						2																4

Datum: 30.05.2006		Aufnehmer: Sibylle											Prozessittel: Armieren Kernwand									
Zeit: 13:00		Wetter: bewölkt, sonnig											Position:									
Ort: ETH-Neubau HIT		Temperatur: 13 Grad											Tätigkeiten im näheren Umfeld:									
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	
Ausmessen / Einzeichnen	3.1																					
Eisen sortieren, abzählen, vorbereiten für Transpo	3.2																					
Eisentransport	3.3			1																		
Eisen zuschneiden	3.4																					
Abstandhalter einbringen und befestigen	3.5																					
Abstandsteine klopfen	3.6																					
Eisen einlegen	3.7					1												1		1		
Eisen ausrichten	3.8																					
Eisen rausbiegen	3.9																					
Eisen befestigen	3.10						1		1		1				1		1					
Bewehrungsbühne einrichten	3.11		1		1																	
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																					
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																					
Arbeitsort aufräumen	8.3																					
Organisieren	8.4																					
Material holen	8.5																					
Pause persönlich	6.1																					
Pause ablaufbedingt	6.2																			1		1
Kran ...																						
Kran ...																						
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)									5	5	5	5								6		6



Datum: 30.05.2006		Aufnehmer: Sibylle		Prozessittel: Armieren Kernwand																		
Zeit: 14:00		Wetter: sonnig, kurze Regen		Position:																		
Ort: ETH-Neubau HIT		Temperatur: 13 Grad		Tätigkeiten im näheren Umfeld:																		
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	
Ausmessen / Einzeichnen	3.1																					
Eisen sortieren, abzählen, vorbereiten für Transpo	3.2																					
Eisentransport	3.3		1									1							1			1
Eisen zuschneiden	3.4																					
Abstandhalter einbringen und befestigen	3.5																					
Abstandsteine klopfen	3.6																					
Eisen einlegen	3.7			1				1	1		1		1									
Eisen ausrichten	3.8																					
Eisen rausbiegen	3.9																					
Eisen befestigen	3.10								1							1	1	1			1	
Bewehrungsbühne einrichten	3.11																					
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																					
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																					
Arbeitsort aufräumen	8.3																					
Organisieren	8.4											1										
Material holen	8.5																					
Pause persönlich	6.1																					
Pause ablaufbedingt	6.2		1							1	1											
Kran ...																						
Kran ...																						
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)			6																		2	2

Datum: 30.05.2006		Aufnehmer: Sibylle		Prozessittel: Armieren Kernwand																	
Zeit: 15:00		Wetter: bedeckt, kein Regen		Position:																	
Ort: ETH-Neubau HIT		Temperatur:		Tätigkeiten im näheren Umfeld:																	
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57
Ausmessen / Einzeichnen	3.1																				
Eisen sortieren, abzählen, vorbereiten für Transpo	3.2																				
Eisentransport	3.3													1							
Eisen zuschneiden	3.4																				
Abstandhalter einbringen und befestigen	3.5																				
Abstandsteine klopfen	3.6																				
Eisen einlegen	3.7					1											1				
Eisen ausrichten	3.8																				
Eisen rausbiegen	3.9																				
Eisen befestigen	3.10						1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bewehrungsbühne einrichten	3.11								1												
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																				
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																				
Arbeitsort aufräumen	8.3																				1
Organisieren	8.4																				
Material holen	8.5																				
Pause persönlich	6.1																				
Pause ablaufbedingt	6.2																				
Kran ...																					
Kran ...																					
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)		7	7	7	7	7								2							8

Datum: 30.05.2006		Aufnehmer: Sibylle		Prozessittel: Armieren Kernwand																		
Zeit: 16:00		Wetter: bedeckt, kein Regen		Position:																		
Ort: ETH-Neubau HIT		Temperatur:		Tätigkeiten im näheren Umfeld:																		
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	
Ausmessen / Einzeichnen	3.1																					
Eisen sortieren, abzählen, vorbereiten für Transpo	3.2																					
Eisentransport	3.3		1	1																		
Eisen zuschneiden	3.4																					
Abstandhalter einbringen und befestigen	3.5																					
Abstandsteine klopfen	3.6																					
Eisen einlegen	3.7		1			1																
Eisen ausrichten	3.8																					
Eisen rausbiegen	3.9																					
Eisen befestigen	3.10					1		1														
Bewehrungsbühne einrichten	3.11																					
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																					
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																					
Arbeitsort aufräumen	8.3																					
Organisieren	8.4		1								1											
Material holen	8.5								1													
Pause persönlich	6.1																					
Pause ablaufbedingt	6.2																					
Kran ...																						
Kran ...																						
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)		9	2	2								10										

### **1.3.2 Messung vom 02.06.2006**

Datum: 02.06.2006		Aufnehmer: Sibylle		Prozessittel: Armieren Kernwand																	
Zeit: 7:00		Wetter: starker Regen, Regen		Position:																	
Ort: ETH-Neubau HIT		Temperatur: 7 Grad		Tätigkeiten im näheren Umfeld:																	
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57
Ausmessen / Einzeichnen	3.1																				
Eisen sortieren, abzählen, vorbereiten für Transpo	3.2																				
Eisentransport	3.3										1	1	1	1				1			
Eisen zuschneiden	3.4																				
Abstandhalter einbringen und befestigen	3.5																				
Abstandsteine klopfen	3.6																				
Eisen einlegen	3.7										1	1	1	1	1			1	1	1	1
Eisen ausrichten	3.8																				
Eisen rausbiegen	3.9																				
Eisen befestigen	3.10														1	1	2	2	1	1	1
Bewehrungsbühne einrichten	3.11																				
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																				
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																				
Arbeitsort aufräumen	8.3																				
Organisieren	8.4										1										
Material holen	8.5															1					
Pause persönlich	6.1																				
Pause ablaufbedingt	6.2																				
Kran ...																					
Kran ...																					
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)										1		2,3	2,3	2,3	3	3	3	3	3	3	3

Datum: 02.06.2006		Aufnehmer: Sibylle		Prozessmittel: Armieren Kernwand																		
Zeit: 8:00		Wetter: Regen		Position:																		
Ort: ETH-Neubau HIT		Temperatur:		Tätigkeiten im näheren Umfeld:																		
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	
Ausmessen / Einzeichnen	3.1																					
Eisen sortieren, abzählen, vorbereiten für Transpo	3.2																					
Eisentransport	3.3			1							1		1	1			2	2	1			
Eisen zuschneiden	3.4						1															
Abstandhalter einbringen und befestigen	3.5																					
Abstandsteine klopfen	3.6																					
Eisen einlegen	3.7				2			1		1										2	1	
Eisen ausrichten	3.8																					
Eisen rausbiegen	3.9																					
Eisen befestigen	3.10	2	2	1		1	1	1	2	1	1	1			2	2						1
Bewehrungsbühne einrichten	3.11																					
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																					
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																					
Arbeitsort aufräumen	8.3																					
Organisieren	8.4																					
Material holen	8.5						1															
Pause persönlich	6.1																					
Pause ablaufbedingt	6.2													1								1
Kran ...																						
Kran ...													1	1			1				1	1
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)		3	3	2,3	3	3	3	3	3	3	2,3											

Datum: 02.06.2006		Aufnehmer: Sibylle		Prozessmittel: Armieren Kernwand																	
Zeit: 9:00		Wetter: regen		Position:																	
Ort: ETH-Neubau HIT		Temperatur: 7 Grad		Tätigkeiten im näheren Umfeld:																	
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57
Ausmessen / Einzeichnen	3.1																				
Eisen sortieren, abzählen, vorbereiten für Transpo	3.2																				
Eisentransport	3.3							2	1											2	
Eisen zuschneiden	3.4																				
Abstandhalter einbringen und befestigen	3.5																				
Abstandsteine klopfen	3.6																				
Eisen einlegen	3.7							1	1	1	2	2	1	2	1	1	1	1	2		1
Eisen ausrichten	3.8																				
Eisen rausbiegen	3.9																				
Eisen befestigen	3.10								1	2	1	1	2	2	2	2	2				2
Bewehrungsbühne einrichten	3.11																1				
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																				
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																				
Arbeitsort aufräumen	8.3																1				
Organisieren	8.4																		1		
Material holen	8.5													1						1	
Pause persönlich	6.1																				
Pause ablaufbedingt	6.2																				
Kran ...																					
Kran ...																					1
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Datum: 02.06.2006		Aufnehmer: Sibylle		Prozessittel: Armieren Kernwand																		
Zeit: 10:00		Wetter: bewölkt, kein Regen		Position:																		
Ort: ETH-Neubau HIT		Temperatur: 8 Grad		Tätigkeiten im näheren Umfeld:																		
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	
Ausmessen / Einzeichnen	3.1																					
Eisen sortieren, abzählen, vorbereiten für Transpo	3.2		1																			
Eisentransport	3.3	1		1	1	1	1	1	1	1	1			1	2	1			1			
Eisen zuschneiden	3.4																					
Abstandhalter einbringen und befestigen	3.5																1	1	1	1	2	
Abstandsteine klopfen	3.6																					
Eisen einlegen	3.7	1	1	1	1	2			1	1			1	1						1		
Eisen ausrichten	3.8																					
Eisen rausbiegen	3.9																					
Eisen befestigen	3.10		1			2	2	2	1	1	2	3	2	2	1		2	2	1	1	2	
Bewehrungsbühne einrichten	3.11	1													1	1	1					
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																					
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																					
Arbeitsort aufräumen	8.3																					
Organisieren	8.4																					
Material holen	8.5																					
Pause persönlich	6.1		1	1																		
Pause ablaufbedingt	6.2																			1		
Kran ...																						
Kran ...																						
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)		2		2	2	2	2	2	2	2	2						4	4	4	4	4	4



Datum:		02.06.2006		Aufnehmer:		Sibylle		Prozessmittel: Armieren Kernwand														
Zeit:		11:00		Wetter:		bewölkt, kein Regen		Position:														
Ort:		ETH-Neubau HIT		Tätigkeiten im näheren Umfeld:																		
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	
Ausmessen / Einzeichnen	3.1																					
Eisen sortieren, abzählen, vorbereiten für Transpo	3.2										1				1							
Eisentransport	3.3										1				1							
Eisen zuschneiden	3.4																					
Abstandhalter einbringen und befestigen	3.5	1	1	1															1		2	
Abstandsteine klopfen	3.6																					
Eisen einlegen	3.7		1	1	1				1			1	1	1					1	2	2	1
Eisen ausrichten	3.8																					
Eisen rausbiegen	3.9																					
Eisen befestigen	3.10	3	2	3	2	1	1	1					1	2	1	2	1	1				
Bewehrungsbühne einrichten	3.11										1											
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																					
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																					
Arbeitsort aufräumen	8.3						2	1														
Organisieren	8.4								2	1	1											
Material holen	8.5								1					1								
Pause persönlich	6.1					2		1	2													
Pause ablaufbedingt	6.2																					
Kran ...																						
Kran ...																	1					
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)		4	4	4	4	5	6	6			2,7	2,7	7	7	2,7	2,7	7	7	7	7	7	7

Datum: 30.05.2006		Aufnehmer: Sibylle											Prozessittel: Armieren Kernwand											
Zeit: 13:00		Wetter: bewölkt, sonnig											Position:											
Ort: ETH-Neubau HIT		Temperatur: 13 Grad											Tätigkeiten im näheren Umfeld:											
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57			
Ausmessen / Einzeichnen	3.1																							
Eisen sortieren, abzählen, vorbereiten für Transpo	3.2																							
Eisentransport	3.3	2	1	1	1	2							1	1	1	1						1		
Eisen zuschneiden	3.4																							
Abstandhalter einbringen und befestigen	3.5																							
Abstandsteine klopfen	3.6																							
Eisen einlegen	3.7		2	1	1	1	4	4	1	2	1		1	1	1	1	1	1	2	1				
Eisen ausrichten	3.8																							
Eisen rausbiegen	3.9																							
Eisen befestigen	3.10	1		1		1			2	1	2	1		1	1	1	1	1	1	2	2			
Bewehrungsbühne einrichten	3.11																							
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																							
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																							
Arbeitsort aufräumen	8.3																							
Organisieren	8.4																							
Material holen	8.5											1	1											
Pause persönlich	6.1													1	1									
Pause ablaufbedingt	6.2											1				1								
Kran ...																								
Kran ...																								
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)		8																						2

Datum: 02.06.2006		Aufnehmer: Sibylle											Prozessittel: Armieren Kernwand										
Zeit: 14:00		Wetter: sonnig, bewölkt											Position:										
Ort: ETH-Neubau HIT		Temperatur: 13 Grad											Tätigkeiten im näheren Umfeld:										
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57		
Ausmessen / Einzeichnen	3.1																						
Eisen sortieren, abzählen, vorbereiten für Transpo	3.2																						
Eisentransport	3.3		1	1							1			1									
Eisen zuschneiden	3.4																						
Abstandhalter einbringen und befestigen	3.5																						
Abstandsteine klopfen	3.6																						
Eisen einlegen	3.7	1	2		2	3		2	2		1	2	2	1	1	2	1	1	1	1	2		
Eisen ausrichten	3.8																						
Eisen rausbiegen	3.9																						
Eisen befestigen	3.10	2		2	1		3	1		3	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2			
Bewehrungsbühne einrichten	3.11																						
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																						
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																						
Arbeitsort aufräumen	8.3															1							
Organisieren	8.4																						
Material holen	8.5														1								
Pause persönlich	6.1																						
Pause ablaufbedingt	6.2								1								1				1		
Kran ...																							
Kran ...			1	1	1	1		1															
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)											2			2									

Datum: 02.06.2006		Aufnehmer: Sibylle		Prozessittel: Armieren Kernwand																		
Zeit: 15:00		Wetter: bewölkt		Position:																		
Ort: ETH-Neubau HIT		Temperatur: 10 Grad		Tätigkeiten im näheren Umfeld:																		
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	
Ausmessen / Einzeichnen	3.1																					
Eisen sortieren, abzählen, vorbereiten für Transpo	3.2																					
Eisentransport	3.3	1	1			1	1	1			1											
Eisen zuschneiden	3.4																					
Abstandhalter einbringen und befestigen	3.5																					
Abstandsteine klopfen	3.6																					
Eisen einlegen	3.7	1	2	2		1	1		2			1		1	1	1						
Eisen ausrichten	3.8																					
Eisen rausbiegen	3.9																					
Eisen befestigen	3.10	1	1	1	1	2	1	1	2		1	1	2	1	1	1	1	2	1			
Bewehrungsbühne einrichten	3.11		1																			
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																					
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																					
Arbeitsort aufräumen	8.3								1													
Organisieren	8.4																				1	
Material holen	8.5																					
Pause persönlich	6.1									1	1	1					1					
Pause ablaufbedingt	6.2																					
Kran ...																						
Kran ...																						
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)		2	2			2	2	2			2	10									11	

## **1.4 Deckenarmierung**

### **1.4.1 Messung vom 30.05.2006**

Datum: 30.05.06			Aufnehmer: Daniel			Prozessitel: Armieren																
Zeit: 7.00 Uhr - 8.00 Uhr			Wetter: wechselhaft			Position: Erdgeschossdecke Etappe 2																
Ort: ETH-HIT			Temperatur: 10 °C			Tätigkeiten im näheren Umfeld: Aussparungen																
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	
Ausmessen / Einzeichnen	3.1																					
Eisen sortieren, abzählen, vorbereiten für Transpo	3.2				1						1											
Eisentransport	3.3			2	1	2	1	1	1						1		1					
Eisen zuschneiden	3.4																					
Abstandhalter einbringen und befestigen	3.5																					1
Abstandsteine klopfen	3.6																					
Eisen einlegen	3.7											1	2	2			1		2	2	2	1
Eisen ausrichten	3.8																					
Eisen rausbiegen	3.9																					
Eisen befestigen	3.10																					
Bewehrungsbühne einrichten	3.11																					
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																					
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																					
Arbeitsort aufräumen	8.3																					
Organisieren	8.4	2	2	2												1	1	1	1	1	2	1
Material holen	8.5															1						1
Pause persönlich	6.1									1	1						2	1	1	1	1	1
Pause ablaufbedingt	6.2							1										2	1	1	1	1
Kran ...																						
Kran ...																						
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)																						

Datum: 30.05.06		Aufnehmer: Daniel											Prozessittel: Armieren										
Zeit: 8.00 Uhr - 9.00 Uhr		Wetter: wechselhaft											Position: Erdgeschossdecke Etappe 2										
Ort: ETH-HIT		Temperatur: 10 °C											Tätigkeiten im näheren Umfeld: Aussparungen										
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57		
Ausmessen / Einzeichnen	3.1							1															
Eisen sortieren, abzählen, vorbereiten für Transpo	3.2				1										1								
Eisentransport	3.3				1	1	1	1	2	1	1		2		2		1						
Eisen zuschneiden	3.4																						
Abstandhalter einbringen und befestigen	3.5	1	1	1	1	1											1				1		
Abstandsteine klopfen	3.6																						
Eisen einlegen	3.7	2	1	2	2	1	3	3	3	3	2	2						2	2	2	2		
Eisen ausrichten	3.8																						
Eisen rausbiegen	3.9																						
Eisen befestigen	3.10												2	2	2	1	1	1	2	2	1		
Bewehrungsbühne einrichten	3.11																						
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																						
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																						
Arbeitsort aufräumen	8.3																						
Organisieren	8.4		1	1	1	1	1	1				1	1	1		1							
Material holen	8.5																						
Pause persönlich	6.1		1						1	1	1			2		1	1				1		
Pause ablaufbedingt	6.2	2	1	1	1	1		1	2	1	1	2			2	1	2	1	1	1	1		
Kran ...																							
Kran ...					1	1	1	1	1	1	1							1	1	1	1		
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)		2	2	2		3						3						4			7		

Datum: 30.05.06		Aufnehmer: Daniel											Prozessittel: Armieren										
Zeit: 9.20 Uhr - 10.20 Uhr		Wetter: wechselhaft											Position: Erdgeschossdecke Etappe 2										
Ort: ETH-HIT		Temperatur: 10 °C											Tätigkeiten im näheren Umfeld: Aussparungen										
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57		
Ausmessen / Einzeichnen	3.1					1		1					1										
Eisen sortieren, abzählen, vorbereiten für Transpo	3.2	1												1						1			
Eisentransport	3.3	2	1	1	2	1		1	1	1	3	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1		
Eisen zuschneiden	3.4																						
Abstandhalter einbringen und befestigen	3.5							1				1											
Abstandsteine klopfen	3.6																						
Eisen einlegen	3.7						1	1	2	2			1	1	1	1	2	2	2	2	2		
Eisen ausrichten	3.8																						
Eisen rausbiegen	3.9																						
Eisen befestigen	3.10	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	1	1	1	1	1	2	2	2	2		
Bewehrungsbühne einrichten	3.11																						
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																						
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																						
Arbeitsort aufräumen	8.3																						
Organisieren	8.4				1	1						1	2	1	1	1	1	1	1	1	1		
Material holen	8.5					1	1	1					1								1		
Pause persönlich	6.1							1					1					1	1	1	2		
Pause ablaufbedingt	6.2		1	1			2			1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Kran ...																							
Kran ...		1	1	1	1	1									1	1							
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)						5	5	5															



Datum: 30.05.06		Aufnehmer: Daniel											Prozessittel: Armieren										
Zeit: 10:20 Uhr - 11:20 Uhr		Wetter: wechselhaft											Position: Erdgeschossdecke Etappe 2										
Ort: ETH-HIT		Temperatur: 10 °C											Tätigkeiten im näheren Umfeld: Aussparungen										
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57		
Ausmessen / Einzeichnen	3.1				1																		
Eisen sortieren, abzählen, vorbereiten für Transpo	3.2										1							1	1				
Eisentransport	3.3				1				2	2	1		3	1					1				
Eisen zuschneiden	3.4																						
Abstandhalter einbringen und befestigen	3.5						1	1	1	1	2												
Abstandsteine klopfen	3.6																						
Eisen einlegen	3.7	2			2	2	2		2	2		2	3	1	1	1	1			1			
Eisen ausrichten	3.8																						
Eisen rausbiegen	3.9																						
Eisen befestigen	3.10	1			1	1	1	1	1	1			1	2	2	1	3	2	2	2	2		
Bewehrungsbühne einrichten	3.11																						
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																						
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																						
Arbeitsort aufräumen	8.3																						
Organisieren	8.4	1				1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1			1	1		
Material holen	8.5					1	1								1					1	1		
Pause persönlich	6.1															1	1	1	1				
Pause ablaufbedingt	6.2	1					2								2	1					1		
Kran ...																							
Kran ...													1										
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)																							

Datum: 30.05.06		Aufnehmer: Daniel												Prozessittel: Armieren											
Zeit: 11:20 Uhr - 13:20 Uhr		Wetter: wechselhaft												Position: Erdgeschossdecke Etappe 2											
Ort: ETH-HIT		Temperatur: 10 °C												Tätigkeiten im näheren Umfeld: Aussparungen											
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57				
Ausmessen / Einzeichnen	3.1																								
Eisen sortieren, abzählen, vorbereiten für Transpo	3.2																			1					
Eisentransport	3.3						1	2			1		1		1		2	1	1	2	1				
Eisen zuschneiden	3.4																								
Abstandhalter einbringen und befestigen	3.5																1								
Abstandsteine klopfen	3.6																								
Eisen einlegen	3.7			2	1	2	1													1					
Eisen ausrichten	3.8																								
Eisen rausbiegen	3.9																								
Eisen befestigen	3.10	2	1	3	3	2	4	2	3	2	4	3	3	3	4	2	2	2	2		2				
Bewehrungsbühne einrichten	3.11																								
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																								
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																								
Arbeitsort aufräumen	8.3																								
Organisieren	8.4		1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
Material holen	8.5	1	1			1																			
Pause persönlich	6.1													1											
Pause ablaufbedingt	6.2	2	1	2					1	1		1				2	1	1	1	1	1				
Kran ...			1																						
Kran ...																	1	1	1	1	1				
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)															8		2								

Datum: 30.05.06		Aufnehmer: Daniel											Prozessittel: Armieren										
Zeit: 13:20 Uhr - 14:20 Uhr		Wetter: wechselhaft											Position: Erdgeschossdecke Etappe 2										
Ort: ETH-HIT		Temperatur: 10 °C											Tätigkeiten im näheren Umfeld: Aussparungen, putzen von Schalttafeln										
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57		
Ausmessen / Einzeichnen	3.1																						
Eisen sortieren, abzählen, vorbereiten für Transpo	3.2				1	2	2	1	1	1									1	1			
Eisentransport	3.3	1	1	1	1								1	1			1	1	1	2	2		
Eisen zuschneiden	3.4																						
Abstandhalter einbringen und befestigen	3.5			1				1															
Abstandsteine klopfen	3.6																						
Eisen einlegen	3.7							1								1	1						
Eisen ausrichten	3.8																						
Eisen rausbiegen	3.9																						
Eisen befestigen	3.10	2	2	2	2	2	2	1	3	4			4	3	3	3	2	1	1	1	2		
Bewehrungsbühne einrichten	3.11																						
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																						
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																						
Arbeitsort aufräumen	8.3																						
Organisieren	8.4	1	2	1	1	1									1								
Material holen	8.5								1								1	1		1			
Pause persönlich	6.1						1				4	4							1	1	1		
Pause ablaufbedingt	6.2	1												1	1	1			1	1			
Kran ...													1	1									
Kran ...																							
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)											6					2				4			

Datum: 30.05.06		Aufnehmer: Daniel											Prozessmittel: Armieren										
Zeit: 14.20 - 15.20 Uhr		Wetter: wechselhaft											Position: Erdgeschossdecke Etappe 2										
Ort: ETH-HIT		Temperatur: 10 °C											Tätigkeiten im näheren Umfeld: Aussparungen, putzen von Schalttafeln										
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57		
Ausmessen / Einzeichnen	3.1																						
Eisen sortieren, abzählen, vorbereiten für Transpo	3.2			1								2	1										
Eisentransport	3.3	1	2	1		2		1	2	3				2	3	1	1		1	1	1		
Eisen zuschneiden	3.4																						
Abstandhalter einbringen und befestigen	3.5																						
Abstandsteine klopfen	3.6																						
Eisen einlegen	3.7	1			1	2	2	2	1	1							1						
Eisen ausrichten	3.8																						
Eisen rausbiegen	3.9																						
Eisen befestigen	3.10	1			1	1	2	2	2	2	2	3	3	2	2	1	5	2					
Bewehrungsbühne einrichten	3.11																						
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																						
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																						
Arbeitsort aufräumen	8.3																						
Organisieren	8.4																						
Material holen	8.5	1			2			1	1					1									
Pause persönlich	6.1	2	2		3											1		4	4				
Pause ablaufbedingt	6.2			1			1					1			2			1					
Kran ...																							
Kran ...						1													1	1	1		
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)		9	9	9	9													10	10	10	10		

Datum: 30.05.06		Aufnehmer: Daniel											Prozessittel: Armieren										
Zeit: 15:20 Uhr - 16:20 Uhr		Wetter: wechselhaft											Position: Erdgeschossdecke Etappe 2										
Ort: ETH-HIT		Temperatur: 10 °C											Tätigkeiten im näheren Umfeld: Aussparungen										
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57		
Ausmessen / Einzeichnen	3.1								1														
Eisen sortieren, abzählen, vorbereiten für Transpo	3.2					1							1										
Eisentransport	3.3	1		1			2	1			2			1			2	1		2	1		
Eisen zuschneiden	3.4								1														
Abstandhalter einbringen und befestigen	3.5									1													
Abstandsteine klopfen	3.6																						
Eisen einlegen	3.7	1	3	3	2	1	2	1	1	1	1	2	1	2	2	2	2	2	2	2	1		
Eisen ausrichten	3.8																						
Eisen rausbiegen	3.9																						
Eisen befestigen	3.10	2	1	1	2	2	1	2	2	2	2	2	2	1	2	2	1	1	2	3	1		
Bewehrungsbühne einrichten	3.11																						
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																						
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																						
Arbeitsort aufräumen	8.3																						
Organisieren	8.4	1	1		1	1				1				1	1	1			1				
Material holen	8.5						1	1															
Pause persönlich	6.1																				2		
Pause ablaufbedingt	6.2						1							1					1				
Kran ...																							
Kran ...																							
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)																							

Datum: 30.05.06		Aufnehmer: Daniel		Prozessitel: Armieren																		
Zeit: 16:20 Uhr - 16:25 Uhr		Wetter: wechselhaft		Position: Erdgeschossdecke Etappe 2																		
Ort: ETH-HIT		Temperatur: 10 °C		Tätigkeiten im näheren Umfeld: Aussparungen																		
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	
Ausmessen / Einzeichnen	3.1																					
Eisen sortieren, abzählen, vorbereiten für Transpo	3.2																					
Eisentransport	3.3																					
Eisen zuschneiden	3.4																					
Abstandhalter einbringen und befestigen	3.5																					
Abstandsteine klopfen	3.6																					
Eisen einlegen	3.7	2																				
Eisen ausrichten	3.8																					
Eisen rausbiegen	3.9																					
Eisen befestigen	3.10	1																				
Bewehrungsbühne einrichten	3.11																					
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																					
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																					
Arbeitsort aufräumen	8.3		5																			
Organisieren	8.4	1																				
Material holen	8.5																					
Pause persönlich	6.1																					
Pause ablaufbedingt	6.2	1																				
Kran ...																						
Kran ...																						
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)			11																			

## **1.5 Betonieren der Wand mit Kran**

### **1.5.1 Messung vom 02.06.2006**

Datum: 02.06.2006		Aufnehmer: Daniel		Prozessmittel: Betonieren mit Kran																	
Zeit: 16.00 - 17.00 Uhr		Wetter: bewölkt		Position: Wände Etappe 2																	
Ort: ETH-HIT		Temperatur: 12 °C		Tätigkeiten im näheren Umfeld: keine																	
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57
Betonkübel öffnen und Beton verteilen	5.1		3			2					2						2				2
Vibriernadel bedienen	5.2		1	2			2	1	2	2	2	2						1	1	1	1
Schlauch halten (Vibriernadel)	5.3																			1	
Beton mit Schaufel bearbeiten	5.4																				
Betonhöhe kontrollieren	5.5							1													
Maurerkelle benutzen	5.6																				
Rüttelglätter (vibriert)	5.7																				
Betonoberfläche mit Mittel besprühen	5.8																				
Kabel nachziehen	5.9																				
Betonierbühne einrichten	5.10																				
Deckenschalung / Bewehrung benetzen	5.11																				
Lasertafel aufstellen und einrichten	8.1																				
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																				
Arbeitsort aufräumen	8.3																				
Organisieren	8.4																				
Material holen	8.5																				
Pause persönlich	6.1																				
Pause ablaufbedingt	6.2	3		2	3	4		2	2			2	4	4	4	4	2	4	3	2	1
Kran ...	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Kran ...	2																				
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)													1	1	1						



Datum: 02.06.2006		Aufnehmer: Daniel											Prozessmittel: Betonieren mit Kran									
Zeit: 17.00 - 17.45 Uhr		Wetter: sonnig											Position: Wände Etappe 2									
Ort: ETH-HIT		Temperatur: 14 °C											Tätigkeiten im näheren Umfeld: keine									
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	
Betonkübel öffnen und Beton verteilen	5.1	2		2		2		2		2		2	2	2								
Vibriernadel bedienen	5.2	1	2	1		2	1	2	2	2	2	1	1	1								
Schlauch halten (Vibriermade)	5.3																					
Beton mit Schaufel bearbeiten	5.4																					
Betonhöhe kontrollieren	5.5																					
Mauerkelle benützen	5.6																					
Rüttelglätter (vibriert)	5.7																					
Betonoberfläche mit Mittel besprühen	5.8																					
Kabel nachziehen	5.9																					
Betonierbühne einrichten	5.10																					
Deckenschalung / Bewehrung betetzen	5.11																					
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																					
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																					
Arbeitsort aufräumen	8.3													2	4	4						
Organisieren	8.4																					
Material holen	8.5																					
Pause persönlich	6.1																					
Pause ablaufbedingt	6.2		1	1	4		3		2													
Kran ...	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
Kran ...	2																					
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)								2	2	2	2	2	2	2	3	3						

## **1.5.2 Messung vom 08.06.2006**

Datum: 08.06.2006		Aufnehmer: Sibylle												Prozessmittel: Betonieren mit Kran											
Zeit: 14.45 - 15.45 Uhr		Wetter: sonnig												Position: Wände Etappe 3											
Ort: ETH-Neubau		Temperatur: 12 °C												Tätigkeiten im näheren Umfeld: keine											
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57				
Betonkübel öffnen und Beton verteilen	5.1		3			2		2			3		2		2		2	1	2	1	2				
Vibriernadel bedienen	5.2			1	1	1	1	1	1	1		1	1	2	1	1	2	1	2	1	1				
Schlauch halten (Vibriernadel)	5.3																1								
Beton mit Schaufel bearbeiten	5.4			1	1	2			2												1				
Betonhöhe kontrollieren	5.5																								
Maurerkelle benutzen	5.6																								
Rüttelglätter (vibriert)	5.7																								
Betonoberfläche mit Mittel besprühen	5.8																								
Kabel nachziehen	5.9																								
Betonierbühne einrichten	5.10																								
Deckenschalung / Bewehrung befeuchten	5.11																								
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																								
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																								
Arbeitsort aufräumen	8.3																								
Organisieren	8.4																								
Material holen	8.5																								
Pause persönlich	6.1																				1				
Pause ablaufbedingt	6.2			2	1				1	2		2		1											
Kran ...	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
Kran ...	2																								
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)		1																2							

Datum: 08.06.2006		Aufnehmer: Sibylle											Prozessittel: Betonieren mit Kran										
Zeit: 15.45 - 15.54 Uhr		Wetter: sonnig											Position: Wände Etappe 3										
Ort: ETH-Neubau		Temperatur: 12 °C											Tätigkeiten im näheren Umfeld: keine										
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57		
Betonkübel öffnen und Beton verteilen	5.1																						
Vibriernadel bedienen	5.2																						
Schlauch halten (Vibriermade)	5.3																						
Beton mit Schaufel bearbeiten	5.4																						
Betonhöhe kontrollieren	5.5																						
Mauerkelle benützen	5.6																						
Rüttelglätter (vibriert)	5.7																						
Betonoberfläche mit Mittel besprühen	5.8																						
Kabel nachziehen	5.9																						
Betonierbühne einrichten	5.10																						
Deckenschalung / Bewehrung betetzen	5.11																						
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																						
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																						
Arbeitsort aufräumen	8.3	1	1	3																			
Organisieren	8.4																						
Material holen	8.5																						
Pause persönlich	6.1																						
Pause ablaufbedingt	6.2	1	1																				
Kran ...	1	1	1																				
Kran ...	2																						
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)																							

## **1.6 Betonieren der Decke mit Kran**

### **1.6.1 Messung vom 08.06.2006**

Datum: 08.06.2006		Aufnehmer: Daniel		Prozessmittel: Betonieren Kran																			
Zeit: 8.00 - 9.00 Uhr		Wetter: sonnig		Position: Decke Erdgeschoss, Etappe 1																			
Ort: ETH-HIT		Temperatur: 15 °C		Tätigkeiten im näheren Umfeld: keine																			
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57		
Betonkübel öffnen und Beton verteilen	5.1	2							1									1					
Vibriernadel bedienen	5.2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	
Schlauch halten (Vibriernadel)	5.3																						
Beton mit Schaufel bearbeiten	5.4						1	1	1		1	1		1		1	1		1				
Betonhöhe kontrollieren	5.5									1													
Maurerkelle benutzen	5.6										1			1									
Rüttelglätter (vibriert)	5.7										1			1		1	1	1	1	1	1	1	
Betonoberfläche mit Mittel besprühen	5.8																						
Kabel nachziehen	5.9															1							
Betonierbühne einrichten	5.10																						
Deckenschalung / Bewehrung befeuchten	5.11																						
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																						
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																						
Arbeitsort aufräumen	8.3																						
Organisieren	8.4																					1	
Material holen	8.5											1		1	1								
Pause persönlich	6.1																			1			1
Pause ablaufbedingt	6.2		2	2	2	2	1	1	1														
Kran ...	1																						
Kran ...	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)																							

Datum: 08.06.2006		Aufnehmer: Daniel											Prozessmittel: Betonieren Kran										
Zeit: 9.00 - 10.00 Uhr		Wetter: sonnig											Position: Decke Erdgeschoss, Etappe 1										
Ort: ETH-HIT		Temperatur: 18 °C											Tätigkeiten im näheren Umfeld: keine										
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57		
Betonkübel öffnen und Beton verteilen	5.1			1				1	1	1	2	1	2					1			1		
Vibriernadel bedienen	5.2	2	3	3	3	3	2	3	3			2	2	3	2	3	3	1	3	3	2		
Schlauch halten (Vibriermade)	5.3																						
Beton mit Schaufel bearbeiten	5.4		1		1	1	2						2	2	1	2	1	2	1	2	1		
Betonhöhe kontrollieren	5.5									1													
Mauerkelle benützen	5.6	1				1		1						1							1		
Rüttelglätter (vibriert)	5.7			1	1	1	1	1	1				1	1	1	1		1	1	1	1		
Betonoberfläche mit Mittel besprühen	5.8																						
Kabel nachziehen	5.9							1			1	1					2	1					
Betonierbühne einrichten	5.10																						
Deckenschalung / Bewehrung betetzen	5.11			1			1																
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																						
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																						
Arbeitsort aufräumen	8.3							1	1	2	1	1											
Organisieren	8.4								1	1											2		
Material holen	8.5			1									1										
Pause persönlich	6.1	1																			2		
Pause ablaufbedingt	6.2	2	1		1	1	1	1	1			1	1	1	1	1	1	2	2				
Kran ...	1																						
Kran ...	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)																							

Datum: 08.06.2006		Aufnehmer: Daniel		Prozessmittel: Betonieren Kran																	
Zeit: 10.00 - 11.00 Uhr		Wetter: sonnig		Position: Decke Erdgeschoss, Etappe 1																	
Ort: ETH-HIT		Temperatur: 20 °C		Tätigkeiten im näheren Umfeld: keine																	
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57
Betonkübel öffnen und Beton verteilen	5.1	1	1						1			1	1	1							
Vibriernadel bedienen	5.2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Schlauch halten (Vibriermade)	5.3																				
Beton mit Schaufel bearbeiten	5.4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2					2					1
Betonhöhe kontrollieren	5.5																				
Mauerkelle benützen	5.6					1		1	1	2		2	1		1						
Rüttelglätter (vibriert)	5.7			1	1	1					1		1	1	1	1	1	1	1	1	1
Betonoberfläche mit Mittel besprühen	5.8								1						1		1	1	1	1	1
Kabel nachziehen	5.9	1					2									1					1
Betonierbühne einrichten	5.10																				
Deckenschalung / Bewehrung betetzen	5.11		1		1	1	1	1	1						1		1	1	1	1	1
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																				
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																				
Arbeitsort aufräumen	8.3													1		1				1	
Organisieren	8.4																				
Material holen	8.5				1											1				1	
Pause persönlich	6.1			1							1										
Pause ablaufbedingt	6.2			2	2	1	1	3			1		1	2	1			2	2		2
Kran ...	1																				
Kran ...	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)																					



Datum: 08.06.2006		Aufnehmer: Daniel											Prozessmittel: Betonieren Kran										
Zeit: 11.00 - 12.00 Uhr		Wetter: sonnig											Position: Decke Erdgeschoss, Etappe 1										
Ort: ETH-HIT		Temperatur: 20 °C											Tätigkeiten im näheren Umfeld: keine										
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57		
Betonkübel öffnen und Beton verteilen	5.1		1			1			1		2												
Vibriernadel bedienen	5.2	3	2	3	3	3	2	3	3	3	2	2	3	3	3	3	2	3	3	3	3		
Schlauch halten (Vibriermade)	5.3																						
Beton mit Schaufel bearbeiten	5.4			2									1		1	1		1		1	1		
Betonhöhe kontrollieren	5.5							1															
Mauerkelle benützen	5.6	1								1							1	1					
Rüttelglätter (vibriert)	5.7	1		1	1	1						1	1										
Betonoberfläche mit Mittel besprühen	5.8			1			1								1						1		
Kabel nachziehen	5.9				1	1	1	1	1	1	1	1											
Betonierbühne einrichten	5.10																						
Deckenschalung / Bewehrung betetzen	5.11												1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																						
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																						
Arbeitsort aufräumen	8.3																1						
Organisieren	8.4					1	2																
Material holen	8.5		2				1						1										
Pause persönlich	6.1																						
Pause ablaufbedingt	6.2	2	2		2		1	1	3	1	2	1		1			2	1	1	1	1		
Kran ...	1																						
Kran ...	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)		3																					

Datum: 08.06.2006		Aufnehmer: Daniel		Prozessmittel: Betonieren Kran																		
Zeit: 12.00 - 13.00 Uhr		Wetter: sonnig		Position: Decke Erdgeschoss, Etappe 1																		
Ort: ETH-HIT		Temperatur: 20 °C		Tätigkeiten im näheren Umfeld: keine																		
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	
Betonkübel öffnen und Beton verteilen	5.1				1																	
Vibriernadel bedienen	5.2	2	3	3	2	3	2	3	3	3	1	2	2	3	3	2	3	3	3	1	2	
Schlauch halten (Vibriermade)	5.3																					
Beton mit Schaufel bearbeiten	5.4		1				1	2	2	2	1	1			1	1						
Betonhöhe kontrollieren	5.5																					
Mauerkelle benützen	5.6					1	1	1	1	1	1	1			1		1	1				
Rüttelglätter (vibriert)	5.7	1		1	1				1						1							
Betonoberfläche mit Mittel besprühen	5.8															1						
Kabel nachziehen	5.9															1			1	2	1	
Betonierbühne einrichten	5.10																					
Deckenschalung / Bewehrung betetzen	5.11	1	1								1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																					
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																					
Arbeitsort aufräumen	8.3																					
Organisieren	8.4																					
Material holen	8.5			1			1									1						
Pause persönlich	6.1																					
Pause ablaufbedingt	6.2	2	1	1	2	2					2	1	2	1	1	1	1	1	1	2	3	
Kran ...	1																					
Kran ...	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)											4											

Datum: 08.06.2006		Aufnehmer: Daniel											Prozessmittel: Betonieren Kran										
Zeit: 13:00 - 14:00 Uhr		Wetter: sonnig											Position: Decke Erdgeschoss, Etappe 1										
Ort: ETH-HIT		Temperatur: 20 °C											Tätigkeiten im näheren Umfeld: keine										
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57		
Betonkübel öffnen und Beton verteilen	5.1					1	1	1	1	1						1						1	
Vibriernadel bedienen	5.2	2	2	2	1	1	2	2	3	3	2	2	3	3	1	3	2	3	2	2	2	2	
Schlauch halten (Vibriermade)	5.3																						
Beton mit Schaufel bearbeiten	5.4						1	1	1	1	2			1				1			1	1	
Betonhöhe kontrollieren	5.5												1										
Mauerkelle benützen	5.6						1		1										1	1	1	1	
Rüttelglätter (vibriert)	5.7					1				1	1	1	1		1	1							
Betonoberfläche mit Mittel besprühen	5.8																1	1	1	1	1	1	
Kabel nachziehen	5.9				2	1	2		1						1	1							
Betonierbühne einrichten	5.10																						
Deckenschalung / Bewehrung betetzen	5.11		1	1											1	1							
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																						
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																						
Arbeitsort aufräumen	8.3																						
Organisieren	8.4	1		1	1							1	1										
Material holen	8.5				1		1				1					1							
Pause persönlich	6.1						1																
Pause ablaufbedingt	6.2	3	3	1	1	1			1	1	1		1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	
Kran ...	1						1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Kran ...	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1													
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)					5				6	7													

Datum: 08.06.2006		Aufnehmer: Daniel											Prozessmittel: Betonieren Kran										
Zeit: 14.00 - 14.55 Uhr		Wetter: sonnig											Position: Decke Erdgeschoss, Etappe 1										
Ort: ETH-HIT		Temperatur: 20 °C											Tätigkeiten im näheren Umfeld: keine										
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57		
Betonkübel öffnen und Beton verteilen	5.1								1														
Vibriernadel bedienen	5.2	3	3	2	2	3	1	2	1	2	2	2	3	2									
Schlauch halten (Vibriermade)	5.3																						
Beton mit Schaufel bearbeiten	5.4		1		1			1				1	1	2									
Betonhöhe kontrollieren	5.5																						
Mauerkelle benützen	5.6			1		1			1						1	1	1						
Rüttelglätter (vibriert)	5.7			1	1	1	1					1	1	1	1	1							
Betonoberfläche mit Mittel besprühen	5.8														1	1		1	1				
Kabel nachziehen	5.9																						
Betonierbühne einrichten	5.10																						
Deckenschalung / Bewehrung betetzen	5.11				1		1								1								
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																						
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																						
Arbeitsort aufräumen	8.3		1						1	1	1	1	1	1	4	4	3	6	4				
Organisieren	8.4												1			1	1						
Material holen	8.5																						
Pause persönlich	6.1				1												1						
Pause ablaufbedingt	6.2	3	2	2		1	3	3	5	2	4	3	1										
Kran ...	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1									
Kran ...	2																						
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)														8							9		

## **2 Messprotokolle BZ Härkingen**

### **2.1 Deckenschalung**

#### **2.1.1 Messung vom 31.05.2006**

		Datum: 31.05.2005				Aufnehmer: Dani und René						Prozessmittel:				Deckentische					
Zeit: 7.00 - 8.00 Uhr		Ort: BZ Härkingen		Wetter: regnerisch						Position: Westlich des Hochregallagers, EG-Decke				Tätigkeiten im näheren Umfeld: keine							
				Temperatur: 5 °C																	
Nr.		0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57
1.1	Elementarprozess																				
1.2	Gerüstbock zusammenbauen																				
1.3	Spriesshöhe vorbereiten																				
1.4	Gerüstbock transportieren												3								
1.5	Deckentische transportieren										1										
1.6	Spriessköpfe befestigen						1	1				2									1
1.7	Deckentisch auf Gerüstb./Spriess stellen+verbinden													2	1						
1.8	Deckentisch richtig platzieren (hämmern, schieben)							1	1												
1.9	Genaue Höhe der (Gerüst-)Spriess einstellen													2				1	1	1	1
1.10	Schalltafel transportieren (für Passstreifen)																		1	1	1
1.11	Passstreifen oder Balken zuschneiden																				1
1.12	Passstreifen / Klammern befestigen																				
1.13	Träger für konv. Deckenschalung hinlegen						1	1	1												1
1.14	Geländer, Balkenelemente aufstellen																				
1.15	Balken für Gerüstbock hinlegen + stützen																				
8.1	Lasier aufstellen und einrichten									1					1	2	1				
8.2	Messen (Achsen einzeichnen)																				2
8.3	Arbeitsort aufräumen									1											1
8.4	Organisieren						1	1	1	1		1			1					1	1
8.5	Material holen						1	1	1	1	2				1					1	1
Anzahl Deckentische (Spriess, Gerüstbock)																					
Pause persönlich																					
Pause ablaufbedingt																					
Kran ...																					
Kran ...																					
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)		1																			

Datum: 31.05.2005 Zeit: 8.00 - 9.00 Uhr Ort: BZ Härkingen		Aufnehmer: Dani und René Wetter: regnerisch Temperatur: 5 °C											Prozessmittel: Position: Westlich des Hochregallagers, EG-Decke Tätigkeiten im näheren Umfeld: keine									
		0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	
Elementarprozess	Nr.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
		Gerüstbock zusammenbauen	1.1																			
Sprisshöhe vorbereiten	1.2																					
Gerüstbock transportieren	1.3																					
Deckentische transportieren	1.4																					
Sprissköpfe befestigen	1.5																					2
Deckentisch auf Gerüstb./Sprisse stellen+verbinden	1.6																					
Deckentisch+Gerüstbock transportieren	1.7																					
Deckentisch richtig platzieren (hämmern, schieben)	1.8																					1
Genauere Höhe der (Gerüst-)Sprisse einstellen	1.9																					1
Schalltafel transportieren (für Passstreifen)	1.10																					1
Passstreifen oder Balken zuschneiden	1.11																					1
Passstreifen / Klemmern befestigen	1.12																					1
Träger für konv. Deckenschalung hinlegen	1.13																					1
Geländer, Balkenelemente aufstellen	1.14																					
Balken für Gerüstbock hinlegen + stützen	1.15																					
Lasier aufstellen und einrichten	8.1																					
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																					2
Arbeitsort aufräumen	8.3	1				2			3	1												
Organisieren	8.4	1									2				1							1
Material holen	8.5			2		2	1	1	3					2	1	1						1
<b>Anzahl Deckentische (Sprisse, Gerüstbock)</b>																						
Pause persönlich	6.1									1												1
Pause ablaufbedingt	6.2						2				2				1							2
Kran ...	3		1				1															1
Kran ...																						
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)																						2

	Datum: 31.05.2005					Aufnehmer: Dani und René											Prozessmittel:	Deckentische						
	Zeit: 9,00 - 10,00 Uhr					Wetter: regnerisch											Position:	Westlich des Hochregallagers, EG-Decke						
	Ort: BZ Härkingen					Temperatur: 5 °C											Tätigkeiten im näheren Umfeld:	keine						
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57			
Gerüstbock zusammenbauen	1.1					3																1		
Sprisshöhe vorbereiten	1.2																							
Gerüstbock transportieren	1.3																							
Deckentische transportieren	1.4	1		1	1		3	2																
Sprissköpfe befestigen	1.5		4																					
Deckent. auf Gerüstb./Sprisse stellen+verbinden	1.6	2		4				1																
Deckentisch+Gerüstbock transportieren	1.7								4	2														
Deckentisch richtig platzieren (hämmern, schieben)	1.8																	1						
Genaue Höhe der (Gerüst-)Sprisse einstellen	1.9																		1		1			
Schalltafel transportieren (für Passstreifen)	1.10																							
Passstreifen oder Balken zuschneiden	1.11																				1		1	
Passstreifen / Klammern befestigen	1.12	1	1	1	1	1		1													1		2	
Träger für konv. Deckenschalung hinlegen	1.13																							
Geländer, Balkenelemente aufstellen	1.14																							
Balken für Gerüstbock hinlegen + stützen	1.15																							
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																							
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																			1				
Arbeitsort aufräumen	8.3																							
Organisieren	8.4				2		1	1		1										1	1	1	1	
Material holen	8.5	1				1	1		1	1										2	1	1	1	
Anzahl Deckentische (Sprisse, Gerüstbock)				OS	MS	OS																		
Pause persönlich	6.1																							
Pause ablaufbedingt	6.2																							
Kran ...	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1												1		
Kran ...																								
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)											3													



Datum: 31.05.2005		Aufnehmer: Dani und René												Prozessmittel:							
Zeit: 10.00 - 11.00 Uhr		Wetter: regnerisch												Position:							
Ort: BZ Härkingen		Temperatur: 5 °C												Tätigkeiten im näheren Umfeld:		Deckentische					
		0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57
Nr.	Elementarprozess	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1
1.1	Gerüstbock zusammenbauen												2								
1.2	Sprösshöhe vorbereiten	1																			
1.3	Gerüstbock transportieren																				
1.4	Deckentische transportieren																				
1.5	Sprössköpfe befestigen																				
1.6	Deckent. auf Gerüstb./Sprösse stellen+verbinden															1	1	1			
1.7	Deckentisch+Gerüstbock transportieren																				
1.8	Deckentisch richtig platzieren (hämmern, schieben)						1				1			1						2	
1.9	Genauere Höhe der (Gerüst-)Sprösse einstellen	1					1		2	2	1			1							
1.10	Schalltafel transportieren (für Passstreifen)																				
1.11	Passstreifen oder Balken zuschneiden							1								1				1	1
1.12	Passstreifen / Klammern befestigen	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1										
1.13	Träger für konv. Deckenschalung hinlegen								1												
1.14	Geländer, Balkenelemente aufstellen																				
1.15	Balken für Gerüstbock hinlegen + stützen																				
8.1	Laser aufstellen und einrichten																				
8.2	Messen (Achsen einzeichnen)																				
8.3	Arbeitsort aufräumen																				
8.4	Organisieren	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1										
8.5	Material holen						2									1	1	1		2	1
Anzahl Deckentische (Sprösse, Gerüstbock)																					
6.1	Pause persönlich																				
6.2	Pause ablaufbedingt								1											1	1
3	Kran ...																				
	Kran ...																				
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)																					
													4								5

		Datum: 31.05.2005											Aufnehmer: Dani und René											Prozessittel:										
		Zeit: 11.00 - 12.00 Uhr											Wetter: regnerisch											Position: Westlich des Hochregallagers, EG-Decke										
		Ort: BZ Hürkingen											Temperatur: 5 °C											Tätigkeiten im näheren Umfeld: keine										
Elementarprozess		Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57												
Gerüstbock zusammenbauen	1.1																																	
Spiesshöhe vorbereiten	1.2																																	
Gerüstbock transportieren	1.3																																	
Deckentische transportieren	1.4	1			1	2		2				2	1	1				2																
Spiessköpfe befestigen	1.5			3				2					2	3				2																
Deckent. auf Gerüstb./Spiessse stellen+verbinden	1.6				2			1					2					2																
Deckentisch+Gerüstbock transportieren	1.7																																	
Deckentisch richtig platzieren (hämmern, schieben)	1.8																				1													
Genaue Höhe der (Gerüst-)Spiessse einstellen	1.9																																	
Schalltafel transportieren (für Passstreifen)	1.10																																	
Passstreifen oder Balken zuschneiden	1.11																																	
Passstreifen / Klammern befestigen	1.12	2	1	1			1			1																								
Träger für konv. Deckenschalung hinlegen	1.13																																	
Geländer, Balkenelemente aufstellen	1.14																																	
Balken für Gerüstbock hinlegen + stützen	1.15																																	
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																																	
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2									2											1	1												
Arbeitsort aufräumen	8.3																																	
Organisieren	8.4						1										2	1	2	1	1	1												
Material holen	8.5	1						1		1	1	1				2	1	1	1	1	1	2												
Anzahl Deckentische (Spiessse, Gerüstbock)								OS				OS					OS																	
Pause persönlich	6.1	1			1	1	1			1											2													
Pause ablaufbedingt	6.2	1			1												1				1													
Kran ...	3		1	1	1	1	1	1	1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1													
Kran ...																																		
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)			5																															



Datum:		31.05.2005		Aufnehmer:		Dani und René		Prozessmittel:		Deckentische											
Zeit:		14.00 - 15.00 Uhr		Wetter:		sonnig		Position:		Westlich des Hochregallagers, EG-Decke											
Ort:		BZ Härkingen		Temperatur:		10 °C		Tätigkeiten im näheren Umfeld:		keine											
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57
Gerüstbock zusammenbauen	1.1																				
Sprisshöhe vorbereiten	1.2									1							1	1	1		1
Gerüstbock transportieren	1.3																				
Deckentische transportieren	1.4			1																	
Sprissköpfe befestigen	1.5		3									3		2	2						
Deckent. auf Gerüstb./Sprisse stellen+verbinden	1.6		2	4																	
Deckentisch+Gerüstbock transportieren	1.7					5															
Deckentisch richtig platzieren (hämmern, schieben)	1.8		1			1										1	1				
Genaue Höhe der (Gerüst-)Sprisse einstellen	1.9					1	2														1
Schalltafel transportieren (für Passstreifen)	1.10													1							
Passstreifen oder Balken zuschneiden	1.11								1			1	1								
Passstreifen / Klammern befestigen	1.12		1					1	2		1										
Träger für konv. Deckenschalung hinlegen	1.13																				
Geländer, Balkenelemente aufstellen	1.14																				
Balken für Gerüstbock hinlegen + stützen	1.15																				
Laser aufstellen und einrichten	8.1																				
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2						1														
Arbeitsort aufräumen	8.3							1	1	1											
Organisieren	8.4						1	1	1						1				1	1	
Material holen	8.5						1	1	1		2				1						
Anzahl Deckentische (Sprisse, Gerüstbock)			OS									OS		OS							
Pause persönlich	6.1												1					OS			
Pause ablaufbedingt	6.2		3							1	1					1					2
Kran ...	3		1		1							1	1	1	1					1	1
Kran ...																					
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)																					

Datum:		31.05.2005		Aufnehmer:		Dani und René		Prozessmittel:		Deckentische											
Zeit:		15.00 - 16.00 Uhr		Wetter:		sonnig		Position:		Westlich des Hochregallagers, EG-Decke											
Ort:		BZ Härkingen		Temperatur:		10 °C		Tätigkeiten im näheren Umfeld:		keine											
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57
Gerüstbock zusammenbauen	1.1																				
Sprisshöhe vorbereiten	1.2																				
Gerüstbock transportieren	1.3																				
Deckentische transportieren	1.4															2		1			
Sprissköpfe befestigen	1.5																2				
Deckent. auf Gerüstb./Sprisse stellen+verbinden	1.6																	1	2		
Deckentisch+Gerüstbock transportieren	1.7																			3	
Deckentisch richtig platzieren (hämmern, schieben)	1.8						1		1												1
Genaue Höhe der (Gerüst-)Sprisse einstellen	1.9																				
Schalltafel transportieren (für Passstreifen)	1.10							1													
Passstreifen oder Balken zuschneiden	1.11										1										
Passstreifen / Klammern befestigen	1.12					1	1	1	1	2	1										
Träger für konv. Deckenschalung hinlegen	1.13							1	2	1	1										
Geländer, Balkenelemente aufstellen	1.14																				
Balken für Gerüstbock hinlegen + stützen	1.15																				
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																				
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																				
Arbeitsort aufräumen	8.3	1					1					1	3	1	1	1	1	1	1	1	1
Organisieren	8.4													2	2						
Material holen	8.5	1	1	2	2	1	1							1							2
Anzahl Deckentische (Sprisse, Gerüstbock)																OS					
Pause persönlich	6.1	1	2																		
Pause ablaufbedingt	6.2												1						1		
Kran ...	3							1	1	1	1	1	1			1	1	1	1	1	1
Kran ...																					
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)							6														

Elementarprozess	Nr.	Datum: 31.05.2005												30	33	36	39	42	45	48	51	54	57
		0	3	6	9	12	15	18	21	24	27												
Gerüstbock zusammenbauen	1.1																						
Spiesshöhe vorbereiten	1.2																						
Gerüstbock transportieren	1.3																						
Deckentische transportieren	1.4																						
Spiessköpfe befestigen	1.5																						
Deckent. auf Gerüstb./Spiessse stellen+verbinden	1.6						1																
Deckentisch+Gerüstbock transportieren	1.7																						
Deckentisch richtig platzieren (hämmern, schieben)	1.8																						
Genaue Höhe der (Gerüst-)Spiessse einstellen	1.9						1																
Schalltafel transportieren (für Passstreifen)	1.10																						
Passstreifen oder Balken zuschneiden	1.11																						
Passstreifen / Klammern befestigen	1.12									1		1											
Träger für konv. Deckenschalung hinlegen	1.13																						
Geländer, Balkenelemente aufstellen	1.14																						
Balken für Gerüstbock hinlegen + stützen	1.15																						
Lasert aufstellen und einrichten	8.1									1													
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																						
Arbeitsort aufräumen	8.3		2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	3	2	2	3	2	2	
Organisieren	8.4																						
Material holen	8.5		1	2			1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Anzahl Deckentische (Spiessse, Gerüstbock)																							
Pause persönlich	6.1									1		1		1		1	1	1	1	3			
Pause ablaufbedingt	6.2											1								2	1		
Kran ...	3																			1	1	1	
Kran ...																				1	1	1	
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)																							

Aufnehmer: Dani und René  
 Wetter: sonnig  
 Temperatur: 10 °C

Prozessmittel:  
 Position: Westlich des Hochregallagers, EG-Decke  
 Tätigkeiten im näheren Umfeld: keine

Datum: 31.05.2005  
 Zeit: 16.00 - 17.00 Uhr  
 Ort: BZ Härkingen

## **2.1.2 Messung vom 02.06.2006**

Datum:	02.06.2006																				
	Zeit:	7.00 - 8.00 Uhr																			
		Ort:	BZ Härkingen																		
Aufnehmer:	René																				
	Prozessmittel:	Westlich des Hochregallagers, EG-Decke																			
Position:		Tätigkeiten im näheren Umfeld: keine																			
	Elementarprozess	Tätigkeiten im näheren Umfeld: keine																			
Nr.		0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57
1.1																					
1.2								1													
1.3																					
1.4					2			2													
1.5					3																
1.6									3												
1.7																					
1.8											1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1
1.9																					
1.10																					
1.11																					
1.12																					1
1.13																					
1.14																					
1.15																					
8.1																1					
8.2																					
8.3																					
8.4					1			1		1	1				1				1		
8.5					2																
Anzahl Deckentische (Sprisse, Gerüstbock)								OS													
Pause persönlich																					1
Pause ablaufbedingt																					
Kran ...								1		1											
Kran ...																					
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)																					





Datum: 02.06.2006		Aufnehmer: René		Prozessmittel:		Deckentische																
Zeit: 9.00 - 10.00 Uhr		Wetter: bewölkt		Position:		Westlich des Hochregallagers, EG-Decke																
Ort: BZ Härkingen		Temperatur: 6 Grad		Tätigkeiten im näheren Umfeld:		keine																
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	
Gerüstbock zusammenbauen	1.1																					
Sprisshöhe vorbereiten	1.2																					
Gerüstbock transportieren	1.3																					
Deckentische transportieren	1.4																					
Sprissköpfe befestigen	1.5																					
Deckent. auf Gerüstb./Sprisse stellen+verbinden	1.6																					
Deckentisch+Gerüstbock transportieren	1.7																					
Deckentisch richtig platzieren (hämmern, schieben)	1.8		2																			
Genau Höhe der (Gerüst-)Sprisse einstellen	1.9		2																			
Schalltafel transportieren (für Passstreifen)	1.10																					
Passstreifen oder Balken zuschneiden	1.11																					
Passstreifen / Klammern befestigen	1.12		2																			
Träger für konv. Deckenschalung hinlegen	1.13																					
Geländer, Balkenelemente aufstellen	1.14																					
Balken für Gerüstbock hinlegen + stützen	1.15																					
Laser aufstellen und einrichten	8.1																					
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																					
Arbeitsort aufräumen	8.3																					
Organisieren	8.4		1																			
Material holen	8.5																					
Anzahl Deckentische (Sprisse, Gerüstbock)																						
Pause persönlich	6.1																					
Pause ablaufbedingt	6.2																					
Kran ...	3																					
Kran ...																						
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)																						

### **2.1.3 Messung vom 07.06.2006**

Datum: 07.06.2006		Aufnehmer: René															Deckentische				
Zeit: 7.00 - 8.00 Uhr		Wetter: sonnig															Westlich des Hochregallagers, EG-Decke				
Ort: BZ Härkingen		Temperatur: 10															Position: Tätigkeiten im näheren Umfeld: keine				
	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57
Elementarprozess	1.1																				
Gerüstbock zusammenbauen	1.2																				
Sprisshöhe vorbereiten	1.3																				
Gerüstbock transportieren	1.4																				
Deckentische transportieren	1.5																				
Sprissköpfe befestigen	1.6																				
Deckent. auf Gerüstb./Sprisse stellen+verbinden	1.7				3		3	3	3	3			3	3	3	3	3	3	3	3	3
Deckentisch+Gerüstbock transportieren	1.8																				
Deckentisch richtig platzieren (hämmern, schieben)	1.9					3	1	1	1	1			1	1	1	1	1	1	1	1	1
Genau Höhe der (Gerüst-)Sprisse einstellen	1.10						2	1	1	1		2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Schalltafel transportieren (für Passstreifen)	1.11																				
Passstreifen oder Balken zuschneiden	1.12																				
Passstreifen / Klammern befestigen	1.13																				
Träger für konv. Deckenschalung hinlegen	1.14																				
Geländer, Balkenelemente aufstellen	1.15																				
Balken für Gerüstbock hinlegen + stützen																					
Lasert aufstellen und einrichten	8.1		1	1																	
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2										1				1	1					
Arbeitsort aufräumen	8.3	1	1								1			1	1	1				1	1
Organisieren	8.4	1					1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	2		1	1
Material holen	8.5			1							1		1			1					1
Anzahl Deckentische (Sprisse, Gerüstbock)																					
Pause persönlich	6.1																				
Pause ablaufbedingt	6.2																				
Kran ...	4																				
Kran ...				9.5																	
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)																					

Elementarprozess	Nr.	Datum: 07.06.2006											Prozessmittel:	Deckentische								
		0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30		33	36	39	42	45	48	51	54	57
		Aufnehmer: René Wetter: sonnig Temperatur: 10												Position: Tätigkeiten im näheren Umfeld: keine Westlich des Hochregallagers, EG-Decke								
Zeit: 8.00 - 9.00 Uhr																						
Ort: BZ Härkingen																						
Gerüstbock zusammenbauen	1.1																					
Spriesshöhe vorbereiten	1.2																					
Gerüstbock transportieren	1.3																					
Deckentische transportieren	1.4																					
Spriessköpfe befestigen	1.5																					
Deckent. auf Gerüstb./Spriesse stellen+verbinden	1.6																					
Deckentisch+Gerüstbock transportieren	1.7	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Deckentisch richtig platzieren (hämmern, schieben)	1.8	1																				
Genaue Höhe der (Gerüst-)Spriesse einstellen	1.9																					
Schalltafel transportieren (für Passstreifen)	1.10																					
Passstreifen oder Balken zuschneiden	1.11																					
Passstreifen / Klammern befestigen	1.12																					
Träger für konv. Deckenschalung hinlegen	1.13																					
Geländer, Balkenelemente aufstellen	1.14																					
Balken für Gerüstbock hinlegen + stützen	1.15																					
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																					
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2							1	1													
Arbeitsort aufräumen	8.3	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Organisieren	8.4	1	2	1	1	1	1	2	1	2	2	1	1	1			1					
Material holen	8.5																					
Anzahl Deckentische (Spriesse, Gerüstbock)																						
Pause persönlich	6.1												1									
Pause ablaufbedingt	6.2																					
Kran ...	4																					
Kran ...																						
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)																						

Datum: 07.06.2006		Aufnehmer: René															Prozessmittel:		Deckentische						
Zeit: 9.00 - 10.00 Uhr		Wetter: sonnig															Position:		Westlich des Hochregallagers, EG-Decke						
Ort: BZ Härkingen		Temperatur: 10															Tätigkeiten im näheren Umfeld:		keine						
Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57					
Elementarprozess																									
Gerüstbock zusammenbauen	1.1																								
Spiesshöhe vorbereiten	1.2																								
Gerüstbock transportieren	1.3																								
Deckentische transportieren	1.4																								
Spiessköpfe befestigen	1.5																								
Deckent. auf Gerüstb./Spiresse stellen+verbinden	1.6																								
Deckentisch+Gerüstbock transportieren	1.7	3	3	3	5	4	4	3	6	3	3	3	6	5	4	3	3	3	3	3					
Deckentisch richtig platzieren (hämmern, schieben)	1.8					2	2		1					1	1	2	1								
Genau Höhe der (Gerüst-)Spiresse einstellen	1.9								2	3	1					1									
Schalltafel transportieren (für Passstreifen)	1.10																			1					
Passstreifen oder Balken zuschneiden	1.11																								
Passstreifen / Klammern befestigen	1.12																								
Träger für konv. Deckenschalung hinlegen	1.13																								
Geländer, Balkenelemente aufstellen	1.14																								
Balken für Gerüstbock hinlegen + stützen	1.15																								
Laser aufstellen und einrichten	8.1																								
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2										2								1						
Arbeitsort aufräumen	8.3																								
Organisieren	8.4		2	1				2							1				1	2					
Material holen	8.5			2			1					1					1								
Anzahl Deckentische (Spiresse, Gerüstbock)																									
Pause persönlich	6.1	1																		1					
Pause ablaufbedingt	6.2		1																						
Kran ...	4				1.7	1.7	1.7																		
Kran ...																									
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)																									

Elementarprozess	Nr.	Datum: 07.06.2006															Prozessmittel:	Deckentische																	
		Zeit: 10.00 - 11.00 Uhr																Position:	Westlich des Hochregallagers, EG-Decke																
		Ort: BZ Härkingen																	Tätigkeiten im näheren Umfeld: keine																
Aufnehmer:		René		12		15		18		21		24		27		30		33		36		39		42		45		48		51		54		57	
Wetter:		sonnig																																	
Temperatur:		10																																	
Gerüstbock zusammenbauen	1.1																																		
Spiesshöhe vorbereiten	1.2																																		
Gerüstbock transportieren	1.3																																		
Deckentische transportieren	1.4																																		
Spiessköpfe befestigen	1.5																																		
Deckent. auf Gerüstb./Spiessse stellen+verbinden	1.6																																		
Deckentisch+Gerüstbock transportieren	1.7	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	5		
Deckentisch richtig platzieren (hämmern, schieben)	1.8			2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Genaue Höhe der (Gerüst-)Spiessse einstellen	1.9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Schallafelh transportieren (für Passstreifen)	1.10																																		
Passstreifen oder Balken zuschneiden	1.11	1																																	
Passstreifen / Klammern befestigen	1.12																																		
Träger für konv. Deckenschalung hinlegen	1.13																																		
Geländer, Balkenelemente aufstellen	1.14																																		
Balken für Gerüstbock hinlegen + stützen	1.15																																		
Lasen aufstellen und einrichten	8.1																																		
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																																		
Arbeitsort aufräumen	8.3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Organisieren	8.4																																		
Material holen	8.5																																		
Anzahl Deckentische (Spiessse, Gerüstbock)																																			
Pause persönlich	6.1																																		
Pause ablaufbedingt	6.2																																		
Kran ...	4																																		
Kran ...																																			
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)																																			

Datum:	07.06.2006																				
	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30										
Zeit:	11.00 - 12.00 Uhr																				
Ort:	BZ Hürklingen																				
Aufnehmer:	René																				
Wetter:	sonnig																				
Temperatur:	10																				
Prozessmittel:	Westlich des Hochregallagers, EG-Decke																				
Position:	Tätigkeiten im näheren Umfeld: keine																				
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57
Gerüstbock zusammenbauen	1.1																				
Sprösshöhe vorbereiten	1.2																				
Gerüstbock transportieren	1.3																				
Deckentische transportieren	1.4																				
Sprössköpfe befestigen	1.5																				
Deckent. auf Gerüstb./Sprösse stellen+verbinden	1.6																				
Deckentisch+Gerüstbock transportieren	1.7	3	3	3	6	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	5	4
Deckentisch richtig platzieren (hämmern, schieben)	1.8					3	1					1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Genauze Höhe der (Gerüst-)Sprösse einstellen	1.9	2	1			1					2										2
Schalltafel transportieren (für Passstreifen)	1.10																				
Passstreifen oder Balken zuschneiden	1.11																				
Passstreifen / Klammern befestigen	1.12	1								1					1					1	
Träger für konv. Deckenschalung hinlegen	1.13																				
Geländer, Balkenelemente aufstellen	1.14																				
Balken für Gerüstbock hinlegen + stützen	1.15																				
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																				
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2			2					1												
Arbeitsort aufräumen	8.3										1		1								
Organisieren	8.4		1				1	2				1	1	1	1	1	1				
Material holen	8.5			1				1	2	1											
Anzahl Deckentische (Sprösse, Gerüstbock)						MS		MG										MG	MS		
Pause persönlich	6.1		1																		
Pause ablaufbedingt	6.2																				
Kran ...	4																				
Kran ...																					
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)																					



## **2.2 Wandarmierung**

### **2.2.1 Messung vom 06.06.2006**

Datum: 6.6.06		Aufnehmer: René bewölkt													Prozessmittel: Armieren												
Zeit: 8-9		Temperatur: 10 Grad													Position: Tätigkeiten im näheren Umfeld:												
Ort: BPZ, Härkingen																											
	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57						
Elementarprozess	3.1				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						
Ausmessen / Einzeichnen	3.2	3																									
Eisen sortieren, abzählen, vorbereiten für Transpo	3.3		2			1						2	1	1	2	1	1										
Eisentransport	3.4					1																					
Eisen zuschneiden	3.5	1		1	1																						
Abstandhalter einbringen und befestigen	3.6																										
Abstandsteine klopfen	3.7	1	1	2	2	1	2	3	3	3	2																
Eisen einlegen	3.8																										
Eisen ausrichten	3.9																										
Eisen rausbiegen	3.10		1	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	1						
Eisen befestigen	3.11																										
Bewehrungsbühne einrichten																											
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																										
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																										
Arbeitsort aufräumen	8.3																										
Organisieren	8.4										1																
Material holen	8.5														1	2	1	1	1	3	1						
Pause persönlich	6.1										1																
Pause ablaufbedingt	6.2		1																								
Kran ...																											
Kran ...																											
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)																											

Datum:	6.6.06																				
	Zeit:	9-10																			
Ort:	BPZ, Härkingen																				
			Aufnehmer: René sonnig							Prozessmittel:											
			Wetter: Temperatur: 11 Grad							Position: Tätigkeiten im näheren Umfeld:											
										Armieren Wand (Warenlift)											
	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57
Elementarprozess	3.1																1				
Ausmessen / Einzeichnen	3.2								1				2			2					
Eisen sortieren, abzählen, vorbereiten für Transpo	3.3									1								1			
Eisentransport	3.4																				
Eisen zuschneiden	3.5	1											1	1			1	1	1		
Abstandhalter einbringen und befestigen	3.6																				
Abstandsteine klopfen	3.7	3	1	1	1	1			1	1	1	1			2	1	2	2	2	2	1
Eisen einlegen	3.8																				
Eisen ausrichten	3.9													1							
Eisen rausbiegen	3.10		2	2	3	2			1	1	1	2	1	1	1	1	1	3	1	2	3
Eisen befestigen	3.11						2	3			2			1							
Bewehrungsbühne einrichten																					
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																				
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																				
Arbeitsort aufräumen	8.3																				
Organisieren	8.4	2	1	1		1	2	1	1	1	1	1	2	2	1	1					
Material holen	8.5											1	1	1	1						
Pause persönlich	6.1									1		1									
Pause ablaufbedingt	6.2										1				1						
Kran ...											1										
Kran ...																					
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)																					

Datum: 6.6.06		Aufnehmer: René													Prozessmittel:						
Zeit: 10-11		Wetter: sonnig													Position:						
Ort: BPZ, Härkingen		Temperatur: 12 Grad													Tätigkeiten im näheren Umfeld:						
	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57
Elementarprozess	3.1		1																		
Ausmessen / Einzeichnen	3.2										1		1			2					
Eisen sortieren, abzählen, vorbereiten für Transpo	3.3										1		1	1		2	3	3	2		1
Eisentransport	3.4																				
Eisen zuschneiden	3.5						1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
Abstandhalter einbringen und befestigen	3.6																				
Abstandsteine klopfen	3.7			2	2	3	2	1	2				1	1							1
Eisen einlegen	3.8																				
Eisen ausrichten	3.9																				
Eisen rausbiegen	3.10	4	4	2	2	1	2	3	1	1	1		1	2	2	2	1	2	2	2	2
Eisen befestigen	3.11								1	2	1	2									
Bewehrungsbühne einrichten																					
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																				
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																				
Arbeitsort aufräumen	8.3																				
Organisieren	8.4	1		1								1					1	1	1	1	2
Material holen	8.5				1	1															
Pause persönlich	6.1																				
Pause ablaufbedingt	6.2																				
Kran ...																					
Kran ...																					
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)																					

Datum:	6.6.06																					
	Zeit:	11-12																				
		Ort:	BPZ, Härkingen																			
			Aufnehmer: René leicht bewölkt																			
			Temperatur: 14 Grad																			
			Prozessmittel:																			
			Position:																			
			Tätigkeiten im näheren Umfeld:																			
			Armieren Wand (Warenlift)																			
	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	
Elementarprozess	3.1																					
Ausmessen / Einzeichnen	3.2						1		1													
Eisen sortieren, abzählen, vorbereiten für Transpo	3.3					1					2	1										
Eisentransport	3.4									1												
Eisen zuschneiden	3.5				1											1						1
Abstandhalter einbringen und befestigen	3.6																					
Abstandsteine klopfen	3.7																					
Eisen einlegen	3.8																					
Eisen ausrichten	3.9																					
Eisen rausbiegen	3.10		4	5	4	4	5	5	5	3	3	3	3	2	5	4	5	5	3	2	3	3
Eisen befestigen	3.11		2																			
Bewehrungsbühne einrichten																						
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																					
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																					
Arbeitsort aufräumen	8.3																					
Organisieren	8.4		1	1	1	1	1				1		1	2	1							1
Material holen	8.5		1	1	1	1										1						1
Pause persönlich	6.1																					
Pause ablaufbedingt	6.2																					
Kran ...																						
Kran ...																						
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)																						

Datum: 6.6.06																											
Zeit: 12-13 / 13-14																											
Ort: BPZ, Härkingen																											
Aufnehmer: René																											
Wetter: sonnig																											
Temperatur: 16 Grad																											
Prozessziel: Armieren																											
Position: Wand (Warenlift)																											
Tätigkeiten im näheren Umfeld:																											
Nr.	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57
Elementarprozess																											
Ausmessen / Einzeichnen	3.1																										
Eisen sortieren, abzählen, vorbereiten für Transpo	3.2																										
Eisentransport	3.3																										
Eisen zuschneiden	3.4																										
Abstandhalter einbringen und befestigen	3.5																										
Abstandsteine klopfen	3.6																										
Eisen einlegen	3.7																										
Eisen ausrichten	3.8																										
Eisen rausbiegen	3.9																										
Eisen befestigen	3.10																										
Bewehrungsbühne einrichten	3.11																										
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																										
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																										
Arbeitsort aufräumen	8.3																										
Organisieren	8.4																										
Material holen	8.5																										
Pause persönlich	6.1																										
Pause ablaufbedingt	6.2																										
Kran ...																											
Kran ...																											
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)																											

## **2.2.2 Messung vom 07.06.2006**

Datum: 7.6.06		Aufnehmer: Fränzi		Prozessitel: Armieren																		
Zeit: 9:00		Wetter: schön, windig		Position: Wand																		
Ort: BPZ Härkingen		Temperatur: 10°		Tätigkeiten im näheren Umfeld:																		
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	
Ausmessen / Einzeichnen	3.1										1											
Eisen sortieren, abzählen, vorbereiten für Transpo	3.2	2	1	3																		
Eisentransport	3.3																					
Abstandhalter einbringen und befestigen	3.4																					
Eisen einlegen	3.5				2	2	3	3	3	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3
Eisen befestigen	3.6									2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3
Eisen rausbiegen	3.7																					
Eisen zuschneiden	3.8																					
Bewehrungsbühne einrichten	3.9																					
Schalung für Umrandung																						
Eisen ausrichten																						
Abstandsteine klopfen																						
PVC-Folie Auslegen																						
Kabel																						
Laser aufstellen und einrichten	9.1																					
Messen (Achsen einzeichnen)	9.2																					
Arbeitsort aufräumen	9.3																					
Organisieren	9.4																					
Material holen	9.5																					
Pause persönlich	6.1		1																			
Pause ablaufbedingt	6.2																				1	
Kran ...																						
Kran ...	3																					
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)																						



Datum: 7.6.06		Aufnehmer: Fränzi										Prozessmittel: Armieren										
Zeit: 10:00		Wetter: schön, windig										Position: Wand										
Ort: BPZ Härkingen		Temperatur: 10°										Tätigkeiten im näheren Umfeld:										
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	
Ausmessen / Einzeichnen	3.1																					
Eisen sortieren, abzählen, vorbereiten für Transpo	3.2																					
Eisentransport	3.3																					
Abstandhalter einbringen und befestigen	3.4																					
Eisen einlegen	3.5																					
Eisen befestigen	3.6																					
Eisen rausbiegen	3.7	1	2	3	3	3	3	1	2	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Eisen zuschneiden	3.8																					
Bewehrungsbühne einrichten	3.9																					
Schalung für Umrandung		2	3	1	3	3	2					2										
Eisen ausrichten																						
Abstandsteine klopfen																						
PVC-Folie Auslegen																						
Kabel																						
Laser aufstellen und einrichten	9.1																					
Messen (Achsen einzeichnen)	9.2																					
Arbeitsort aufräumen	9.3																					
Organisieren	9.4						1								2							
Material holen	9.5							1						1		1						
Pause persönlich	6.1																					
Pause ablaufbedingt	6.2							1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Kran ...																						
Kran ...	3																					
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)																						

Datum: 7.6.06		Aufnehmer: Fränzi												Prozessittel: Armieren								
Zeit: 11:00		Wetter: schön, windig												Position: Wand								
Ort: BPZ Härkingen		Temperatur: 10°												Tätigkeiten im näheren Umfeld:								
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	
Ausmessen / Einzeichnen	3.1																					
Eisen sortieren, abzählen, vorbereiten für Transpo	3.2		1					1														
Eisentransport	3.3																					
Abstandhalter einbringen und befestigen	3.4			1																		
Eisen einlegen	3.5							1	1		1	1	1			1						
Eisen befestigen	3.6																					
Eisen rausbiegen	3.7		1			1	1		1	1												
Eisen zuschneiden	3.8																					
Bewehrungsbühne einrichten	3.9																					
Schalung für Umrandung		2	2	2	3	2	2	1	2	1	2	2	1	1	1		1	1				
Eisen ausrichten																						
Abstandsteine klopfen																						
PVC-Folie Auslegen																						
Kabel																						
Laser aufstellen und einrichten	9.1																					
Messen (Achsen einzeichnen)	9.2																					
Arbeitsort aufräumen	9.3															1						
Organisieren	9.4									1												
Material holen	9.5																					
Pause persönlich	6.1																					
Pause ablaufbedingt	6.2																			1		
Kran ...																						
Kran ...	3																					
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)																						

## **2.3 Bodenplattenarmierung**

### **2.3.1 Messung vom 02.06.2006**

Datum: 02.06.06			Aufnehmer: Fränzi			Prozessittel: Armieren															
Zeit: 7.00 Uhr - 8.00 Uhr			Wetter: wechselhaft			Position: Bodenplatte															
Ort: BZ Härkingen			Temperatur: 5 °C			Tätigkeiten im näheren Umfeld: Aushub															
	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57
Elementarprozess																					
Ausmessen / Einzeichnen	3.1														1	1	1				
Eisen sortieren, abzählen, vorbereiten für Transport	3.2												2	1	1	1		1			
Eisentransport	3.3													1	1					1	
Eisen zuschneiden	3.4																				
Abstandhalter einbringen und befestigen	3.5																				
Abstandsteine klopfen	3.6																				
Eisen einlegen	3.7																				2
Eisen ausrichten	3.8																				
Eisen rausbiegen	3.9																				
Eisen befestigen	3.10																				
Bewehrungsbühne einrichten	3.11																				
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																				
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																				
Arbeitsort aufräumen	8.3																				
Organisieren	8.4																				
Material holen	8.5																				
Schalung für Umrandung	2.16																				
PVC-Folie Auslegen	7.2																				
Pause persönlich	6.1																				
Pause ablaufbedingt	6.2																				
Kran ...																					
Kran ...	4																				1
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)																					

Datum: 02.06.06			Aufnehmer: Fränzi													Prozessitel: Armieren					
Zeit: 8.00 Uhr - 9.00 Uhr			Wetter: wechselhaft													Position: Bodenplatte					
Ort: BZ Härkingen			Temperatur: 5 °C													Tätigkeiten im näheren Umfeld: Aushub					
	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57
Elementarprozess																					
Ausmessen / Einzeichnen	3.1	1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Eisen sortieren, abzählen, vorbereiten für Transport	3.2																				
Eisentransport	3.3																				
Eisen zuschneiden	3.4																				
Abstandhalter einbringen und befestigen	3.5																1	1			
Abstandsteine klopfen	3.6																				
Eisen einlegen	3.7	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Eisen ausrichten	3.8																				1
Eisen rausbiegen	3.9																				
Eisen befestigen	3.10														1				1	1	
Bewehrungsbühne einrichten	3.11																				
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																				
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																				
Arbeitsort aufräumen	8.3																				
Organisieren	8.4			2	3																
Material holen	8.5	1												1		1					
Schalung für Umrandung	2.16																				
PVC-Folie Auslegen	7.2		1			2	2	2	2	2	2	2	2	2	1		2	2	2	2	2
Pause persönlich	6.1			1				2			2					2					
Pause ablaufbedingt	6.2												2		1						
Kran ...																					
Kran ...	4																				
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)				2	2								3								4

Datum: 02.06.06			Aufnehmer: Fränzi			Prozessitel: Armieren															
Zeit: 9.00 Uhr - 10.00 Uhr			Wetter: wechselhaft			Position: Bodenplatte															
Ort: BZ Härkingen			Temperatur: 5 °C			Tätigkeiten im näheren Umfeld: Aushub															
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57
Ausmessen / Einzeichnen	3.1	1	1		1						1	1	1	1	1	1	1	1			
Eisen sortieren, abzählen, vorbereiten für Transport	3.2								2	2											
Eisentransport	3.3											1									
Eisen zuschneiden	3.4																				
Abstandhalter einbringen und befestigen	3.5	1																1	1		
Abstandsteine klopfen	3.6																				
Eisen einlegen	3.7	2	2	4	2	2	4	3	4	1			2	2	2	2	2	2	2	2	2
Eisen ausrichten	3.8																				
Eisen rausbiegen	3.9																				
Eisen befestigen	3.10		1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bewehrungsbühne einrichten	3.11																				
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																				
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																				
Arbeitsort aufräumen	8.3																				
Organisieren	8.4																				
Material holen	8.5						2														
Schalung für Umrandung	2.16													1							1
PVC-Folie Auslegen	7.2																				
Pause persönlich	6.1	2																			
Pause ablaufbedingt	6.2											2									
Kran ...																					
Kran ...	4									1	1	1									
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)		3																			



Datum: 02.06.06			Aufnehmer: Fränzi															Prozessitel: Armieren					
Zeit: 11.00 Uhr - 12.00 Uhr			Wetter: wechselhaft															Position: Bodenplatte					
Ort: BZ Härkingen			Temperatur: 5 °C															Tätigkeiten im näheren Umfeld: Aushub					
	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57		
Elementarprozess																							
Ausmessen / Einzeichnen	3.1							1		1	1	1									1		
Eisen sortieren, abzählen, vorbereiten für Transport	3.2	1												1	1						2		
Eisentransport	3.3		2																2				
Eisen zuschneiden	3.4																						
Abstandhalter einbringen und befestigen	3.5																						
Abstandsteine klopfen	3.6																						
Eisen einlegen	3.7			2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2					
Eisen ausrichten	3.8																				1		
Eisen rausbiegen	3.9																						
Eisen befestigen	3.10																						
Bewehrungsbühne einrichten	3.11																						
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																						
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																						
Arbeitsort aufräumen	8.3																						
Organisieren	8.4	1	1																				
Material holen	8.5																						
Schalung für Umrandung	2.16																						
PVC-Folie Auslegen	7.2													2									
Pause persönlich	6.1								1														
Pause ablaufbedingt	6.2	1											1				1	3					
Kran ...																							
Kran ...	4																6	6					
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)																							



Datum: 02.06.06			Aufnehmer: Fränzi			Prozessitel: Armieren																
Zeit: 13.00 Uhr - 14.00 Uhr			Wetter: wechselhaft			Position: Bodenplatte																
Ort: BZ Härkingen			Temperatur: 5 °C			Tätigkeiten im näheren Umfeld: Aushub																
	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	
Elementarprozess																						
Ausmessen / Einzeichnen	3.1																					
Eisen sortieren, abzählen, vorbereiten für Transport	3.2			1						1	1			2								
Eisentransport	3.3																					
Eisen zuschneiden	3.4		1		1	1	1															
Abstandhalter einbringen und befestigen	3.5		2	1	2	2	1	1	1	2	1	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2
Abstandsteine klopfen	3.6								1					1								1
Eisen einlegen	3.7		2	2	2	2	2	3	3			2	3	3	2	2	3					
Eisen ausrichten	3.8																					
Eisen rausbiegen	3.9																					
Eisen befestigen	3.10																					
Bewehrungsbühne einrichten	3.11																					
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																					
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																					
Arbeitsort aufräumen	8.3																					
Organisieren	8.4	1													1	1			1	1	1	1
Material holen	8.5	2								2				2					1	1	1	1
Schalung für Umrandung	2.16																					
PVC-Folie Auslegen	7.2		1																			
Pause persönlich	6.1						1	1			1											
Pause ablaufbedingt	6.2																					
Kran ...																						
Kran ...	4																					
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)																						8

Datum: 02.06.06		Aufnehmer: Fränzi											Prozessitel: Armieren										
Zeit: 14.00 Uhr - 15.00 Uhr		Wetter: wechselhaft											Position: Bodenplatte										
Ort: BZ Härkingen		Temperatur: 5 °C											Tätigkeiten im näheren Umfeld: Aushub										
	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57		
Elementarprozess																							
Ausmessen / Einzeichnen	3.1	2	1	1	1						1				1	1	1					1	
Eisen sortieren, abzählen, vorbereiten für Transport	3.2						3								2								
Eisentransport	3.3							2						2									
Eisen zuschneiden	3.4																						
Abstandhalter einbringen und befestigen	3.5	2	2	1	2	2	1	1	2	2	2	2	1	1	2	2							
Abstandsteine klopfen	3.6				1		1							1									
Eisen einlegen	3.7			2	2	2		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	4	4	4	
Eisen ausrichten	3.8																		1				
Eisen rausbiegen	3.9																						
Eisen befestigen	3.10	1				1					3	3	3	3	4	4	4	4	5	4	4	4	
Bewehrungsbühne einrichten	3.11																						
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																						
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																						
Arbeitsort aufräumen	8.3							1															
Organisieren	8.4						1											1					
Material holen	8.5																						
Schalung für Umrandung	2.16																						
PVC-Folie Auslegen	7.2																						
Pause persönlich	6.1							1											1				
Pause ablaufbedingt	6.2		2							1			1										
Kran ...																							
Kran ...	4																						
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)					9							6					6						

Datum: 02.06.06		Aufnehmer: Fränzi											Prozessitel: Armieren										
Zeit: 15.00 Uhr - 16.00 Uhr		Wetter: wechselhaft											Position: Bodenplatte										
Ort: BZ Härkingen		Temperatur: 5 °C											Tätigkeiten im näheren Umfeld: Aushub										
	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57		
Elementarprozess																							
Ausmessen / Einzeichnen	3.1			1	1																		
Eisen sortieren, abzählen, vorbereiten für Transport	3.2	1			1	1																	
Eisentransport	3.3																						
Eisen zuschneiden	3.4																						
Abstandhalter einbringen und befestigen	3.5																						
Abstandsteine klopfen	3.6																						
Eisen einlegen	3.7		2	2	1	4																	
Eisen ausrichten	3.8					1																	
Eisen rausbiegen	3.9																						
Eisen befestigen	3.10	4	5	2	4	3																	
Bewehrungsbühne einrichten	3.11																						
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																						
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																						
Arbeitsort aufräumen	8.3												1	3									
Organisieren	8.4			1		1																	
Material holen	8.5																						
Schalung für Umrandung	2.16																						
PVC-Folie Auslegen	7.2																						
Pause persönlich	6.1	3																					
Pause ablaufbedingt	6.2	1		3	1																		
Kran ...																							
Kran ...	4																						
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)		6		10																			

### **2.3.2 Messung vom 06.06.2006**

Datum: 06.06.06		Aufnehmer: Fränzi		Prozessmittel: Armieren																	
Zeit: 7.00 Uhr - 8.00 Uhr		Wetter: bewölkt		Position: Bodenplatte																	
Ort: BZ Härkingen		Temperatur: 15 °C		Tätigkeiten im näheren Umfeld:																	
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57
Ausmessen / Einzeichnen	3.1		1			1			1		1		1			1	1	1			
Eisen sortieren, abzählen, vorbereiten für Transpo	3.2																				
Eisentransport	3.3								1						2						
Eisen zuschneiden	3.4																				
Abstandhalter einbringen und befestigen	3.5																				
Abstandsteine klopfen	3.6																				
Eisen einlegen	3.7			2				2	1			2		1	2	2	2	2	2		3
Eisen ausrichten	3.8																1				
Eisen rausbiegen	3.9																				
Eisen befestigen	3.10	3	2			1	2		1	2			2	2		1	2	1	1	2	
Bewehrungsbühne einrichten	3.11																				
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																				
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																				
Arbeitsort aufräumen	8.3																				
Organisieren	8.4				2				1	1	1					1	2				1
Material holen	8.5		2																		
Schalung für Umrandung	2.16											2	2	2	1			1	2	2	2
PVC-Folie Auslegen	7.2																				
Pause persönlich	6.1																				
Pause ablaufbedingt	6.2								3						1					1	
Kran ...																					
Kran ...	4								1												
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)																					

Datum: 06.06.06		Aufnehmer: Fränzi																Prozessmittel: Armieren			
Zeit: 8.00 Uhr - 9.00 Uhr		Wetter: bewölkt																Position: Bodenplatte			
Ort: BZ Härkingen		Temperatur: 15 °C																Tätigkeiten im näheren Umfeld:			
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57
Ausmessen / Einzeichnen	3.1															1	1				
Eisen sortieren, abzählen, vorbereiten für Transpo	3.2														1						
Eisentransport	3.3															1					
Eisen zuschneiden	3.4																				
Abstandhalter einbringen und befestigen	3.5					1															
Abstandsteine klopfen	3.6																				
Eisen einlegen	3.7	2	2	2	3	2	2	1	2	3	2	2	2	2	2	2	2				
Eisen ausrichten	3.8																				1
Eisen rausbiegen	3.9																				
Eisen befestigen	3.10	1	1	1	1	1	2	2	2	1	3	3	3	2	1	1	1	2	3	3	3
Bewehrungsbühne einrichten	3.11																				
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																				
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																				
Arbeitsort aufräumen	8.3																				
Organisieren	8.4	1	1	1	1	1	2	2	2	1	3	3	3	2	1	1	1	2	3	3	3
Material holen	8.5															1	1				
Schalung für Umrandung	2.16	1	2	2	2	2	2	1	1	1				1	2	1	2	2	1	1	1
PVC-Folie Auslegen	7.2																				
Pause persönlich	6.1																	1			1
Pause ablaufbedingt	6.2																				
Kran ...																					
Kran ...	4																				
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)																					

Datum:		06.06.06		Aufnehmer:		Fränzi		Prozessmittel:		Armieren											
Zeit:		10:00 Uhr - 11:00 Uhr		Wetter:		bewölkt		Position:		Bodenplatte											
Ort:		BZ Härkingen		Temperatur:		15 °C		Tätigkeiten im näheren Umfeld:													
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57
Ausmessen / Einzeichnen	3.1	1	1	1																	1
Eisen sortieren, abzählen, vorbereiten für Transpo	3.2										3										
Eisentransport	3.3																				
Eisen zuschneiden	3.4																				
Abstandhalter einbringen und befestigen	3.5																				
Abstandsteine klopfen	3.6																				
Eisen einlegen	3.7				3	3	2	2	2	3		3	3	2	2	2	2	2	2	3	1
Eisen ausrichten	3.8																				
Eisen rausbiegen	3.9																2				
Eisen befestigen	3.10	3	3	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Bewehrungsbühne einrichten	3.11																				
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																				
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																				
Arbeitsort aufräumen	8.3																				
Organisieren	8.4								1						1	1	1				
Material holen	8.5																				
Schalung für Umrandung	2.16	2							2	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	2
PVC-Folie Auslegen	7.2																				
Pause persönlich	6.1			2														1			1
Pause ablaufbedingt	6.2										1										
Kran ...																					
Kran ...	4																				
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)																					

Datum: 06.06.06		Aufnehmer: Fränzi		Prozessmittel: Armieren																		
Zeit: 11:00 Uhr - 12:00 Uhr		Wetter: bewölkt		Position: Bodenplatte																		
Ort: BZ Härkingen		Temperatur: 15 °C		Tätigkeiten im näheren Umfeld:																		
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	
Ausmessen / Einzeichnen	3.1																					
Eisen sortieren, abzählen, vorbereiten für Transpo	3.2						1	3														
Eisentransport	3.3														1	1	1					2
Eisen zuschneiden	3.4																					
Abstandhalter einbringen und befestigen	3.5																					
Abstandsteine klopfen	3.6																					
Eisen einlegen	3.7	3	3	3	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Eisen ausrichten	3.8						1															
Eisen rausbiegen	3.9																					
Eisen befestigen	3.10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bewehrungsbühne einrichten	3.11																					
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																					
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																					
Arbeitsort aufräumen	8.3																					
Organisieren	8.4		1				1				1											
Material holen	8.5		1						1					2	1							
Schalung für Umrandung	2.16	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PVC-Folie Auslegen	7.2																					
Pause persönlich	6.1									1												
Pause ablaufbedingt	6.2																					
Kran ...																						
Kran ...	4																					1
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)																						



Datum: 06.06.06		Aufnehmer: Fränzi		Prozessmittel: Armieren																	
Zeit: 12:00 Uhr - 13:00 Uhr		Wetter: bewölkt		Position: Bodenplatte																	
Ort: BZ Härkingen		Temperatur: 15 °C		Tätigkeiten im näheren Umfeld:																	
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57
Ausmessen / Einzeichnen	3.1																				
Eisen sortieren, abzählen, vorbereiten für Transpo	3.2										1	2									
Eisentransport	3.3								1												
Eisen zuschneiden	3.4																				
Abstandhalter einbringen und befestigen	3.5													1	1	1					
Abstandsteine klopfen	3.6																				
Eisen einlegen	3.7		2	2	2									1		1		1	1	1	1
Eisen ausrichten	3.8																				
Eisen rausbiegen	3.9																				
Eisen befestigen	3.10				1	3	3	2	3	3	3	2	2	1	2	1	3	3	3	3	3
Bewehrungsbühne einrichten	3.11																				
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																				
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																				
Arbeitsort aufräumen	8.3																				
Organisieren	8.4			1				2	1				1		1		1				
Material holen	8.5				1	1		1					1								
Schalung für Umrandung	2.16		2	2	2	1	2	1	2	2	2	2	2					2	2	2	2
PVC-Folie Auslegen	7.2																				
Pause persönlich	6.1																				
Pause ablaufbedingt	6.2																				
Kran ...																					
Kran ...	4									1	1										
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)																					

Datum: 06.06.06		Aufnehmer: Fränzi											Prozessmittel: Armieren									
Zeit: 13:00 Uhr - 14:00 Uhr		Wetter: bewölkt											Position: Bodenplatte									
Ort: BZ Härkingen		Temperatur: 15 °C											Tätigkeiten im näheren Umfeld:									
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	
Ausmessen / Einzeichnen	3.1																					
Eisen sortieren, abzählen, vorbereiten für Transpo	3.2																					
Eisentransport	3.3																					
Eisen zuschneiden	3.4																					
Abstandhalter einbringen und befestigen	3.5																					
Abstandsteine klopfen	3.6																					
Eisen einlegen	3.7	1																				
Eisen ausrichten	3.8																					
Eisen rausbiegen	3.9																					
Eisen befestigen	3.10	3	2	3																		
Bewehrungsbühne einrichten	3.11																					
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																					
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																					
Arbeitsort aufräumen	8.3																					
Organisieren	8.4		2																			
Material holen	8.5																					
Schalung für Umrandung	2.16																					
PVC-Folie Auslegen	7.2																					
Pause persönlich	6.1																					
Pause ablaufbedingt	6.2																					
Kran ...																						
Kran ...	4																					
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)																						

Datum: 06.06.06		Aufnehmer: Fränzi		Prozessittel: Armieren																		
Zeit: 14:00 Uhr - 15:00 Uhr		Wetter: bewölkt		Position: Bodenplatte																		
Ort: BZ Härkingen		Temperatur: 15 °C		Tätigkeiten im näheren Umfeld:																		
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	
Ausmessen / Einzeichnen	3.1																					
Eisen sortieren, abzählen, vorbereiten für Transpo	3.2										2		3	2	2							1
Eisentransport	3.3											2										
Eisen zuschneiden	3.4						1	1														
Abstandhalter einbringen und befestigen	3.5							1	1	1	1	1	1				1	2	1			
Abstandsteine klopfen	3.6																					
Eisen einlegen	3.7					2	2	2	2	4	2	2	2	2	4	2	4	2	4	2	1	
Eisen ausrichten	3.8													1								
Eisen rausbiegen	3.9																					
Eisen befestigen	3.10					3	4	2	2	1	1	1					1	1	1	1	1	1
Bewehrungsbühne einrichten	3.11																					
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																					
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																					
Arbeitsort aufräumen	8.3																					
Organisieren	8.4					2	1	1	1	1										1		
Material holen	8.5								1	1						1						
Schalung für Umrandung	2.16																					
PVC-Folie Auslegen	7.2																					
Pause persönlich	6.1								1											1		
Pause ablaufbedingt	6.2													1		2				1		3
Kran ...																						
Kran ...	4																					
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)																						

Datum: 06.06.06		Aufnehmer: Fränzi		Prozessittel: Armieren																		
Zeit: 15:00 Uhr - 16:00 Uhr		Wetter: bewölkt		Position: Bodenplatte																		
Ort: BZ Härkingen		Temperatur: 15 °C		Tätigkeiten im näheren Umfeld:																		
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	
Ausmessen / Einzeichnen	3.1																					
Eisen sortieren, abzählen, vorbereiten für Transpo	3.2	1	1	2	2												2					
Eisentransport	3.3			2															2			
Eisen zuschneiden	3.4																					
Abstandhalter einbringen und befestigen	3.5	2	2	1	1			1														
Abstandsteine klopfen	3.6																					
Eisen einlegen	3.7	2	2	4	4	2	2	4	4	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Eisen ausrichten	3.8																					
Eisen rausbiegen	3.9																					
Eisen befestigen	3.10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1
Bewehrungsbühne einrichten	3.11																					
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																					
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																					
Arbeitsort aufräumen	8.3																					
Organisieren	8.4					1	1			1												
Material holen	8.5																1					
Schalung für Umrandung	2.16																					
PVC-Folie Auslegen	7.2																					
Pause persönlich	6.1						1								1	1						
Pause ablaufbedingt	6.2						1											1				
Kran ...																						
Kran ...	4					1																1
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)																						

### **2.3.3 Messung vom 07.06.2006**

Datum: 07.06.06		Aufnehmer: Fräzci												Prozessmittel: Armieren											
Zeit: 7.00 Uhr - 8.00 Uhr		Wetter: sonnig, windig												Position: Bodenplatte											
Ort: BZ Härkingen		Temperatur: 10 °C												Tätigkeiten im näheren Umfeld:											
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57				
Ausmessen / Einzeichnen	3.1														1										
Eisen sortieren, abzählen, vorbereiten für Transpo	3.2				3					1			1	1											
Eisentransport	3.3							1			2														
Eisen zuschneiden	3.4																								
Abstandhalter einbringen und befestigen	3.5																								
Abstandsteine klopfen	3.6																								
Eisen einlegen	3.7	3	3	3	3	3	3	3	4	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	2				
Eisen ausrichten	3.8																								
Eisen rausbiegen	3.9																								
Eisen befestigen	3.10								1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
Bewehrungsbühne einrichten	3.11																								
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																								
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																								
Arbeitsort aufräumen	8.3																								
Organisieren	8.4									1															
Material holen	8.5						1									1	1				1				
Schalung für Umrandung	2.16																								
PVC-Folie Auslegen	7.2																								
Pause persönlich	6.1																								
Pause ablaufbedingt	6.2										1	2	1												
Kran ...																									
Kran ...	4							1			1	1	1												
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)										1															

Datum: 07.06.06		Aufnehmer: Fränzi											Prozessittel: Armieren										
Zeit: 9.00 Uhr - 10.00 Uhr		Wetter: sonnig, windig											Position: Bodenplatte										
Ort: BZ Härkingen		Temperatur: 10 °C											Tätigkeiten im näheren Umfeld:										
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57		
Ausmessen / Einzeichnen	3.1																						
Eisen sortieren, abzählen, vorbereiten für Transpo	3.2				1			1	1			1	3							2			
Eisentransport	3.3									1	1												
Eisen zuschneiden	3.4																						
Abstandhalter einbringen und befestigen	3.5																						
Abstandsteine klopfen	3.6																						
Eisen einlegen	3.7	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2		2									
Eisen ausrichten	3.8																						
Eisen rausbiegen	3.9																						
Eisen befestigen	3.10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	2	2	2		
Bewehrungsbühne einrichten	3.11																						
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																						
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																						
Arbeitsort aufräumen	8.3																						
Organisieren	8.4		1		1		1							1	1	1	1				1		
Material holen	8.5																	1					
Schalung für Umrandung	2.16																						
PVC-Folie Auslegen	7.2																						
Pause persönlich	6.1							1															
Pause ablaufbedingt	6.2							1											1		1		
Kran ...																							
Kran ...	4			1					1	1	1	1											
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)																					1		

Datum: 07.06.06		Aufnehmer: Fräzci											Prozessittel: Armieren										
Zeit: 10.00 Uhr - 11.00 Uhr		Wetter: sonnig, windig											Position: Bodenplatte										
Ort: BZ Härkingen		Temperatur: 10 °C											Tätigkeiten im näheren Umfeld:										
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57		
Ausmessen / Einzeichnen	3.1																						
Eisen sortieren, abzählen, vorbereiten für Transpo	3.2																						
Eisentransport	3.3																						
Eisen zuschneiden	3.4																						
Abstandhalter einbringen und befestigen	3.5																						
Abstandsteine klopfen	3.6																						
Eisen einlegen	3.7				2																		
Eisen ausrichten	3.8																						
Eisen rausbiegen	3.9																						
Eisen befestigen	3.10		1																				
Bewehrungsbühne einrichten	3.11																						
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																						
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																						
Arbeitsort aufräumen	8.3																						
Organisieren	8.4		1																				
Material holen	8.5																						
Schalung für Umrandung	2.16																						
PVC-Folie Auslegen	7.2																						
Pause persönlich	6.1		2	1																			
Pause ablaufbedingt	6.2																						
Kran ...																							
Kran ...	4																						
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)																							



Datum: 07.06.06				Aufnehmer: Fräzi					Prozessittel: Armieren												
				Zeit: 11:00 Uhr - 12:00 Uhr					Position: Bodenplatte												
Ort: BZ Härkingen				Wetter: sonnig, windig					Tätigkeiten im näheren Umfeld:												
Temperatur: 10 °C				9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57
Ausmessen / Einzeichnen	3.1																				
Eisen sortieren, abzählen, vorbereiten für Transpo	3.2																				
Eisentransport	3.3																				
Eisen zuschneiden	3.4																				
Abstandhalter einbringen und befestigen	3.5																				
Abstandsteine klopfen	3.6																				
Eisen einlegen	3.7													2	2	2	2	2	2	2	2
Eisen ausrichten	3.8																				
Eisen rausbiegen	3.9																				
Eisen befestigen	3.10																	1	1	1	1
Bewehrungsbühne einrichten	3.11																				
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																				
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																				
Arbeitsort aufräumen	8.3																				
Organisieren	8.4																				
Material holen	8.5																				
Schalung für Umrandung	2.16																				
PVC-Folie Auslegen	7.2																				
Pause persönlich	6.1																				
Pause ablaufbedingt	6.2																				
Kran ...																					
Kran ...	4																				
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)																					

Datum: 07.06.06		Aufnehmer: Fräzci												Prozessittel: Armieren								
Zeit: 12:00 Uhr - 13:00 Uhr		Wetter: sonnig, windig												Position: Bodenplatte								
Ort: BZ Härkingen		Temperatur: 10 °C												Tätigkeiten im näheren Umfeld:								
Elementarprozess	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	
Ausmessen / Einzeichnen	3.1																					
Eisen sortieren, abzählen, vorbereiten für Transpo	3.2																					
Eisentransport	3.3																					
Eisen zuschneiden	3.4																					
Abstandhalter einbringen und befestigen	3.5																					
Abstandsteine klopfen	3.6																					
Eisen einlegen	3.7		2	2																		
Eisen ausrichten	3.8																					
Eisen rausbiegen	3.9																					
Eisen befestigen	3.10		1	1	2																	
Bewehrungsbühne einrichten	3.11																					
Lasert aufstellen und einrichten	8.1																					
Messen (Achsen einzeichnen)	8.2																					
Arbeitsort aufräumen	8.3																					
Organisieren	8.4																					
Material holen	8.5																					
Schalung für Umrandung	2.16																					
PVC-Folie Auslegen	7.2																					
Pause persönlich	6.1																					
Pause ablaufbedingt	6.2				2																	
Kran ...																						
Kran ...	4																					
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)																						

## **2.4 Betonieren der Bodenplatte mit Pumpe**

### **2.4.1 Messung vom 30.05.2006**

Datum: 30.5.06			Aufnehmer: Fräzci, René			Prozessmittel: Betonieren Pumpe															
Zeit: 7:00			Wetter: bewölkt			Position: Bodenplatte															
Ort: BPZ Härkingen			Temperatur: 10°			Tätigkeiten im näheren Umfeld:															
Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	
Elementarprozess																					
Betonförerschlauch führen	4.1					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Vibriernadel bedienen	4.2					1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Schlauch halten (Vibriernadel)	4.3								1	1	1										
Beton mit Schaufel bearbeiten	4.4						4	2		1											
Betonhöhe kontrollieren	4.5							1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Maurerkelle benutzen	4.6							1	1												
Rüttelglätter (vibriert)	4.7									1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1
Betontasche (Übergang manuell vibrieren)	4.8														1	1	1	1	1	1	2
Kabel nachziehen	4.9																				
Betonpumpe bedienen	4.10					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Betonierbühne einrichten	4.11																				
Deckenschalung / Bewehrung bezeichnen	4.12																				
sonstiges																					
Lasert aufstellen und einrichten	9.1																		1		
Messen (Achsen einzeichnen)	9.2																				
Arbeitsort aufräumen	9.3																				
Organisieren	9.4					1	2	1													
Material holen	9.5						1				1										
Pause persönlich	6.1																				
Pause ablaufbedingt	6.2								2												3
Kran ...																					
Kran ...																					
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)																					1

Datum: 30.5.06		Aufnehmer: Fräzj. René												Prozessmittel: Betonieren Pumpe							
Zeit: 8:00		Wetter:												Position: Bodenplatte							
Ort: BPZ Härkingen		Temperatur: 10°												Tätigkeiten im näheren Umfeld:							
	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57
Elementarprozess																					
Betonförderschlauch führen	4.1		1	1	1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1	1
Vibriernadel bedienen	4.2	2	1	2				2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			2	2
Schlauch halten (Vibriernadel)	4.3				1	1					1										
Beton mit Schaufel bearbeiten	4.4	1									1			1	1	1					
Betonhöhe kontrollieren	4.5	1	1	1				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				1
Mauerkelle benützen	4.6	1	2	1	2	3		2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1
Rüttelglätter (vibriert)	4.7	1	1	1	1	1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Betonlosche (Übergang manuell vibrieren)	4.8	1											1	1	1	1	1	1	1	1	1
Kabel nachziehen	4.9																				
Betonpumpe bedienen	4.10	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1	1
Betonierbühne einrichten	4.11																				
Deckenschalung / Bewehrung benetzen	4.12																				
sonstiges																					
Lasert aufstellen und einrichten	9.1																				
Messen (Achsen einzeichnen)	9.2																				
Arbeitsort aufräumen	9.3																				
Organisieren	9.4			1		1									2						1
Material holen	9.5				3											2				1	1
Pause persönlich	6.1							1													
Pause ablaufbedingt	6.2	1	2			2	4											6	3		
Kran ...																					
Kran ...																					
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)							2														2

Datum: 30.5.06		Aufnehmer: Fränzi, René												Prozessmittel: Betonieren Pumpe							
Zeit: 9:00		Wetter:												Position: Bodenplatte							
Ort: BPZ Härkingen		Temperatur: 10°												Tätigkeiten im näheren Umfeld:							
	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57
Elementarprozess																					
Betonförderschlauch führen	4.1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Vibriernadel bedienen	4.2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Schlauch halten (Vibriernadel)	4.3																				
Beton mit Schaufel bearbeiten	4.4																				
Betonhöhe kontrollieren	4.5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Mauerkelle benützen	4.6		1																		
Rüttelglätter (vibriert)	4.7				1	1	1	1	2	2	2	1	1	2	1	2	2	2	1	1	1
Betonlosche (Übergang manuell vibrieren)	4.8	1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Kabel nachziehen	4.9			1				1						1							
Betonpumpe bedienen	4.10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Betonierbühne einrichten	4.11																				
Deckenschalung / Bewehrung benützen	4.12																				
sonstiges																					
			1	1	1	1	2	1													
Laser aufstellen und einrichten	9.1																				
Messen (Achsen einzeichnen)	9.2																				
Arbeitsort aufräumen	9.3																				
Organisieren	9.4																				
Material holen	9.5	1							1	1	1	1	1	2	1						
Pause persönlich	6.1	1	1	1																1	
Pause ablaufbedingt	6.2													2						2	
Kran ...																					
Kran ...																					
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)									3						4						

Datum: 30.5.06			Aufnehmer: Fränzi, René												Prozessmittel: Betonieren Pumpe						
Zeit: 10:00			Wetter:												Position: Bodenplatte						
Ort: BPZ Härkingen			Temperatur: 10°												Tätigkeiten im näheren Umfeld:						
	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57
Elementarprozess																					
Betonförerschlauch führen	4.1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1
Vibriernadel bedienen	4.2			2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		2	2	2	2
Schlauch halten (Vibriernadel)	4.3																				
Schlauch mit Schaufel bearbeiten	4.4										1										
Betonhöhe kontrollieren	4.5			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1
Mauerkelle benützen	4.6	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1
Rüttelglätter (vibriert)	4.7	1	1	1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Betonlatosche (Übergang manuell vibrieren)	4.8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Kabel nachziehen	4.9	2	1													2					
Betonpumpe bedienen	4.10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Betonierbühne einrichten	4.11																				
Deckenschalung / Bewehrung benetzen	4.12																				
sonstiges																					
Lasert aufstellen und einrichten	9.1																				
Messen (Achsen einzeichnen)	9.2																				
Arbeitsort aufräumen	9.3																				
Organisieren	9.4		1	1	1											1					
Material holen	9.5							1	1			2									
Pause persönlich	6.1					1															
Pause ablaufbedingt	6.2	2	2			2										3	6		1		
Kran ...																					
Kran ...																					
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)							5														

Datum: 30.5.06		Aufnehmer: Fränzi, René												Prozessmittel: Betonieren Pumpe							
Zeit: 11:00		Wetter:												Position: Bodenplatte							
Ort: BPZ Härkingen		Temperatur: 10°												Tätigkeiten im näheren Umfeld:							
	Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57
Elementarprozess																					
Betonförderschlauch führen	4.1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1							
Vibriernadel bedienen	4.2	2		1	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2							
Schlauch halten (Vibriernadel)	4.3								1												
Beton mit Schaufel bearbeiten	4.4																				
Betonhöhe kontrollieren	4.5	1			1	1	1	1	1	1		1	1	1							
Mauerkelle benützen	4.6	1	1	1	1	1	1	1							1	1					
Rüttelglätter (vibriert)	4.7	1			1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1					
Betonlatosche (Übergang manuell vibrieren)	4.8	1			1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1					
Kabel nachziehen	4.9		4								1										
Betonpumpe bedienen	4.10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
Betonierbühne einrichten	4.11																				
Deckenschalung / Bewehrung benetzen	4.12																				
sonstiges																					
Lasert aufstellen und einrichten	9.1																				
Messen (Achsen einzeichnen)	9.2																				
Arbeitsort aufräumen	9.3										1	1									
Organisieren	9.4																				
Material holen	9.5			1					1	1	1	1	1	1							
Pause persönlich	6.1																				
Pause ablaufbedingt	6.2		2	3		2		4	1	1	1			2	4						
Kran ...																					
Kran ...																					
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)			6													7					



## **2.4.2 Messung vom 02.06.2006**

Datum: 2.6.06		Aufnehmer: René bedeckt												Prozessmittel: Betonieren Pumpe											
Zeit: 9-10		Wetter: Temperatur: 7 Grad												Position: Decke UG											
Ort: BPZ, Härkingen														Tätigkeiten im näheren Umfeld:											
Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57					
Elementarprozess																									
4.1 Betonfördererschlauch führen									1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
4.2 Vibriermadel bedienen									1	2															
4.3 Schlauch halten (Vibriermadel)																									
4.4 Beton mit Schaufel bearbeiten																									
4.5 Betonhöhe kontrollieren																									
4.4 Maurerkelle benutzen																									
4.7 Rüttelgätter (vibriert)																									
Betonlosche (Übergang manuell vibrieren)																									
4.8 Kabel nachziehen																									
4.9 Kabel nachziehen																									
4.10 Betonpumpe bedienen									1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
4.11 Betonierbühne einrichten																									
4.12 Deckenschalung / Bewehrung benetzen									1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
9.1 Laser aufstellen und einrichten																									
9.2 Messen (Achsen einzeichnen)																									
9.3 Arbeitsort aufräumen																									
9.4 Organisieren									3		1	1	1	1	1	1	1	1	2	3					
9.5 Material holen																									
6.1 Pause persönlich																									
6.2 Pause ablaufbedingt																									
Kran ...																									
Kran ...																									
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)																				9.5					

Datum: 2.6.06		Aufnehmer: René												Prozessmittel: Betonieren Pumpe											
Zeit: 10-11		Wetter: bedeckt												Position: Decke UG											
Ort: BPZ, Härkingen		Temperatur: 8 Grad												Tätigkeiten im näheren Umfeld:											
Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57					
Elementarprozess																									
Betonförerschlauch führen	4.1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
Vibriermadel bedienen	4.2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2				
Schlauch halten (Vibriermadel)	4.3																								
Beton schaufeln	4.3	1				2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
Betonhöhe kontrollieren	4.4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
Mauerkelle benutzen	4.5																								
Rüttelgätter (vibriert)	4.7																								
Betonlosche (Übergang manuell vibrieren)	4.8																								
Kabel nachziehen	4.9																								
Betonpumpe bedienen	4.10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
Betonierbühne einrichten	4.11																								
Deckenschalung / Bewehrung benetzen	4.12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
Lasere aufstellen und einrichten	9.1																								
Messen (Achsen einzeichnen)	9.2																								
Arbeitsort aufräumen	9.3																								
Organisieren	9.4	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2				
Material holen	9.5																								
Pause persönlich	6.1																								
Pause ablaufbedingt	6.2	2					5														4				
Kran ...																									
Kran ...																									
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)																									

Datum: 2.6.06	Aufnehmer: René bedeckt													Prozessmittel: Betonieren Pumpe												
	Zeit: 11-12													Position: Decke UG												
Ort: BPZ, Härkingen													Tätigkeiten im näheren Umfeld:													
Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57						
Elementarprozess																										
Betonförderschlauch führen	4.1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						
Vibriernadel bedienen	4.2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2						
Schlauch halten (Vibriernadel)	4.3																									
Beton schaufeln	4.3																									
Betonhöhe kontrollieren	4.4	1	1	1	1	1	2	2	1	2	1															
Maurerkelle benutzen	4.5																									
Rüttelglätter (vibriert)	4.7																									
Betonlosche (Übergang manuell vibrieren)	4.8																									
Kabel nachziehen	4.9																									
Betonpumpe bedienen	4.10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1						
Betonierbühne einrichten	4.11																									
Deckenschalung / Bewehrung benetzen	4.12	1	1	1	1	1																				
Laser aufstellen und einrichten	9.1																									
Messen (Achsen einzeichnen)	9.2																									
Arbeitsort aufräumen	9.3																									
Organisieren	9.4																									
Material holen	9.5																									
Pause persönlich	6.1																									
Pause ablaufbedingt	6.2	7	3					1																		
Kran ...	4																									
Kran ...																										
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)																										

Datum: 2.6.06		Aufnehmer: René												Prozessfittel: Betonieren Pumpe											
Zeit: 12-13 / 13-14		Wetter: bedeckt-bewölkt												Position: Decke UG											
Ort: BPZ, Härkingen		Temperatur: 9 Grad												Tätigkeiten im näheren Umfeld:											
Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57					
Elementarprozess																									
Betonförerschlauch führen	4.1	1	1	1	1													1	1	1					
Vibriemadel bedienen	4.2	2	2	2	2													2	2	2					
Schlauch halten (Vibriemadel)	4.3																								
Beton schaufeln	4.3	2	2	2	2	1																			
Betonhöhe kontrollieren	4.4	1	1	1	1													1	1	1					
Mauerkelle benutzen	4.5																								
Rüttelgätter (vibriert)	4.7																								
Betonlosche (Übergang manuell vibrieren)	4.8	1	1	1														1	1	1					
Kabel nachziehen	4.9																								
Betonpumpe bedienen	4.10	1	1	1	1													1	1	1					
Betonierbühne einrichten	4.11																								
Deckenschalung / Bewehrung benetzen	4.12																								
Lasert aufstellen und einrichten	9.1																								
Messen (Achsen einzeichnen)	9.2																								
Arbeitsort aufräumen	9.3																								
Organisieren	9.4				1	2												1	2	2					
Material holen	9.5																	1							
Pause persönlich	6.1																								
Pause ablaufbedingt	6.2																								
Kran ...																									
Kran ...																									
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)																									

Datum: 2.6.06		Aufnehmer: René bewölkt													Prozessmittel: Betonieren Pumpe												
Zeit: 14-15		Temperatur: 11 Grad													Position: Decke UG												
Ort: BPZ, Härkingen															Tätigkeiten im näheren Umfeld:												
Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57							
Elementarprozess																											
Betonförerschlauch führen	4.1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						
Vibriermadel bedienen	4.2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2						
Schlauch halten (Vibriermadel)	4.3																										
Beton schaufeln	4.3	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2						
Betonhöhe kontrollieren	4.4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						
Mauerkelle benutzen	4.5																										
Rüttelgätter (vibriert)	4.7																										
Betonlosche (Übergang manuell vibrieren)	4.8	1																									
Kabel nachziehen	4.9																										
Betonpumpe bedienen	4.10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						
Betonierbühne einrichten	4.11																										
Deckenschalung / Bewehrung benetzen	4.12																										
Lasere aufstellen und einrichten	9.1																										
Messen (Achsen einzeichnen)	9.2																										
Arbeitsort aufräumen	9.3																										
Organisieren	9.4	1																									
Material holen	9.5																										
Pause persönlich	6.1																										
Pause ablaufbedingt	6.2																										
Kran ...																											
Kran ...																											
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)																											

Datum: 2.6.06		Aufnehmer: René												Prozessmittel: Betonieren Pumpe											
Zeit: 15-16		Wetter: bedeckt, regnerisch												Position: Decke UG											
Ort: BPZ, Härkingen		Temperatur: 12 Grad												Tätigkeiten im näheren Umfeld:											
Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57					
Elementarprozess																									
Betonförerschlauch führen	4.1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
Vibriermadel bedienen	4.2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2				
Schlauch halten (Vibriermadel)	4.3				1																				
Beton schaufeln	4.3	2	2	2	2	2																			
Betonhöhe kontrollieren	4.4	1	1	1	1	1				1															
Mauerkelle benutzen	4.5						1	1																	
Rüttelgätter (vibriert)	4.7																								
Betonlosche (Übergang manuell vibrieren)	4.8				1	1							1		1	1	1								
Kabel nachziehen	4.9																								
Betonpumpe bedienen	4.10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
Betonierbühne einrichten	4.11																								
Deckenschalung / Bewehrung benetzen	4.12																								
Lasere aufstellen und einrichten	9.1																								
Messen (Achsen einzeichnen)	9.2																								
Arbeitsort aufräumen	9.3																								
Organisieren	9.4		1							1		1	1												
Material holen	9.5						2	4	4									2	1	1	1				
Pause persönlich	6.1	1																							
Pause ablaufbedingt	6.2				1				2	3	3	3					1			1					
Kran ...	4						9.5	9.5				4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	9.5	9.5						
Kran ...																									
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)																									

Datum: 2.6.06		Aufnehmer: René bewölkt												Prozessmittel: Betonieren Pumpe											
Zeit: 16-17		Temperatur: 12 Grad												Position: Decke UG											
Ort: BPZ, Härkingen														Tätigkeiten im näheren Umfeld:											
Nr.	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57					
Elementarprozess																									
4.1 Betonförerschlauch führen	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
4.2 Vibriemadel bedienen	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2				
4.3 Schlauch halten (Vibriemadel)																									
4.3 Beton schaufeln	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2				
4.4 Betonhöhe kontrollieren	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
4.5 Maurerkelle benutzen																									
4.7 Rüttelgätter (vibriert)																									
Betonlosche (Übergang manuell vibrieren)																									
4.8 Kabel nachziehen																									
4.9 Kabel nachziehen																									
Betonpumpe bedienen																									
4.10 Betonierbühne einrichten	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
4.11 Betonierbühne einrichten																									
4.12 Deckenschalung / Bewehrung benetzen																									
9.1 Laser aufstellen und einrichten																									
9.2 Messen (Achsen einzeichnen)																									
9.3 Arbeitsort aufräumen																									
9.4 Organisieren																									
9.5 Material holen																									
6.1 Pause persönlich																									
6.2 Pause ablaufbedingt																									
Kran ...																									
Kran ...																									
Anmerkungen (Verweis auf Messungsbericht)																									







# **Prozessbasierte Entscheidungsmodelle für die Auswahl projektspezifischer Schalungssysteme**

**Forschungsbericht Teil 11**

**Anhang zu Teil 4: Interaktionen der Rohbauprozesse – Projektspezifische, systemorientierte bauteilbezogene Schalungsauswahl**

**Erstellt von: Stefan Annen  
Ralph Jud**



Diplomarbeit Studiengang Bauingenieurwissenschaften

**Interaktion der Bauprozesse am Beispiel der Errichtung eines Hochhauses**

Stefan Annen  
Gisibachstrasse 10  
6405 Immensee

Ralph Jud  
Isengrundstrasse 20  
8134 Adliswil

Telefon: +41 76 345 25 11    Telefon: +41 79 785 39 29  
stefanannen@hotmail.com    judral@student.ethz.ch

Januar 2005

## **Inhaltsverzeichnis – Teil 11**

Anhang 1	Bausystemematrix .....	1275
Anhang 2	Realistische Prozesskombinationen.....	1276
Anhang 3	Bewertung der berücksichtigten Prozesskombinationen .....	1288
Anhang 4	Checkliste Bewertung der berücksichtigten Bausystemkombinationen .....	1481
Anhang 5	Berücksichtigte Bauabläufe.....	1483
Anhang 6	Vergleich der untersuchten Bauabläufe .....	1495

# Anhang 1 Bausystemematrix

		Treppen		Stützen		Wände (Kern)		Unterzüge		Decken	
Treppen	Vorfabriziert	Fertigteiltreppen									
	Ortbeton	Systemtreppenschalung									
Stützen	Vorfabriziert	Halbfabrikat									
	Ortbeton	Komplett									
		Rundsäulen	Aluminium								
			Wickelschalung								
		Trägerschalung									
		Rahmenschalung									
Konventionell											
Wände (Kern)	Ortbeton	Gleitschalung									
		Kletterschalung									
		Grossflächenschalung	+ Schacht-schalung								
		Rahmenschalung									
		Konventionell									
keine Unterzüge											
Unterzüge	Vorfabriziert	Komplett									
	Ortbeton	Grossflächenschalung									
		Modulunterzugschalung									
		Rahmenschalung									
		Konventionell									
Decken	Vorfabriziert	Verbunddecke									
		Komplett									
		Halbfabrikat									
	Ortbeton	Schubladenschalung									
		Deckenschaltisch									
		Falkkopfschalung									
		Konventionell									
Decken	Ortbeton	Konventionell									
		Falkkopfschalung									
		Deckenschaltisch									
		Schubladenschalung									
		Halbfabrikat									
		Komplett									
	Vorfabriziert	Verbunddecke									
		Konventionell									
		Rahmenschalung									
	Ortbeton	Modulunterzugschalung									
		Grossflächenschalung									
		Komplett									
keine Unterzüge	Ortbeton	Konventionell									
		Rahmenschalung									
		Grossflächenschalung									
		Kletterschalung	+ Schacht-schalung								
		Gleitschalung									
		Konventionell									
Ortbeton	Rahmenschalung										
	Trägerschalung										
	Rundsäulen	Wickelschalung									
Vorfabriziert	Komplett	Aluminium									
	Halbfabrikat										
Ortbeton	Herkömmliche										
	Systemtreppenschalung										
Vorfabriziert	Fertigteiltreppen										

## Anhang 2 Realistische Prozesskombinationen

	Wände	Stützen	Unterzüge	Decken	Treppen	Bauablauf
						Kern vorausgehend
1	Gleitschalung	Fertigteil	Grossflächenschalung	konv. Deckenschalung	Fertigteil	Jedes Element wird unabhängig vom anderen gefertigt.
2				Deckenschaltisch		
3				Fallkopfschalung		
4			Modulschalung	konv. Deckenschalung		
5				Deckenschaltisch		
6				Fallkopfschalung		
7			Rahmenschalung	konv. Deckenschalung		
8				Deckenschaltisch		
9				Fallkopfschalung		
10			kein Unterzug	konv. Deckenschalung		
11				Deckenschaltisch		
12				Fallkopfschalung		
13		Halbfabrikat	Grossflächenschalung	konv. Deckenschalung		
14				Deckenschaltisch		
15				Fallkopfschalung		
16			Modulschalung	konv. Deckenschalung		
17				Deckenschaltisch		
18				Fallkopfschalung		
19			Rahmenschalung	konv. Deckenschalung		
20				Deckenschaltisch		
21				Fallkopfschalung		
22			kein Unterzug	konv. Deckenschalung		
23				Deckenschaltisch		
24				Fallkopfschalung		
						Kern vorausgehend
25	Gleitschalung	Fertigteil	Grossflächenschalung	konv. Deckenschalung	Fertigteil	Stützen und Unterzüge werden zusammen betoniert. Die restlichen Elemente werden unabhängig voneinander gefertigt.
26				Deckenschaltisch		
27				Fallkopfschalung		
28			Modulschalung	konv. Deckenschalung		
29				Deckenschaltisch		
30				Fallkopfschalung		
31		Rahmenschalung	konv. Deckenschalung			
32			Deckenschaltisch			
33			Fallkopfschalung			
34		Halbfabrikat	Grossflächenschalung	konv. Deckenschalung		
35				Deckenschaltisch		
36				Fallkopfschalung		
37			Modulschalung	konv. Deckenschalung		
38				Deckenschaltisch		
39				Fallkopfschalung		
40			Rahmenschalung	konv. Deckenschalung		
41	Deckenschaltisch					
42	Fallkopfschalung					

	Wände	Stützen	Unterzüge	Decken	Treppen	Bauablauf
						Kern vorausseilend
43	Gleitschalung	Fertigteil	Grossflächenschalung	konv. Deckenschalung	Fertigteil	Unterzüge und Decken werden zusammen betoniert. Die restlichen Elemente werden unabhängig voneinander gefertigt.
44				Deckenschaltisch		
45				Fallkopfschalung		
46			Modulschalung	konv. Deckenschalung		
47				Deckenschaltisch		
48				Fallkopfschalung		
49			Rahmenschalung	konv. Deckenschalung		
50				Deckenschaltisch		
51				Fallkopfschalung		
52		Halbfabrikat	Grossflächenschalung	konv. Deckenschalung		
53				Deckenschaltisch		
54				Fallkopfschalung		
55			Modulschalung	konv. Deckenschalung		
56				Deckenschaltisch		
57				Fallkopfschalung		
58			Rahmenschalung	konv. Deckenschalung		
59				Deckenschaltisch		
60				Fallkopfschalung		
						Kern vorausseilend
61	Gleitschalung	Fertigteil	Grossflächenschalung	konv. Deckenschalung	Fertigteil	Sützen, Unterzüge (falls vorhanden) und Decken werden zusammen betoniert. Die restlichen Elemente werden unabhängig voneinander gefertigt.
62				Deckenschaltisch		
63				Fallkopfschalung		
64			Modulschalung	konv. Deckenschalung		
65				Deckenschaltisch		
66				Fallkopfschalung		
67			Rahmenschalung	konv. Deckenschalung		
68				Deckenschaltisch		
69				Fallkopfschalung		
70		kein Unterzug	konv. Deckenschalung			
71			Deckenschaltisch			
72			Fallkopfschalung			
73		Halbfabrikat	Grossflächenschalung	konv. Deckenschalung		
74				Deckenschaltisch		
75				Fallkopfschalung		
76			Modulschalung	konv. Deckenschalung		
77				Deckenschaltisch		
78				Fallkopfschalung		
79	Rahmenschalung		konv. Deckenschalung			
80			Deckenschaltisch			
81			Fallkopfschalung			
82	kein Unterzug	konv. Deckenschalung				
83		Deckenschaltisch				
84		Fallkopfschalung				



	Wände	Stützen	Unterzüge	Decken	Treppen	Bauablauf
						Kern vorausseilend
85	Selbstkletternde Kletterschalung	Fertigteil	Grossflächenschalung	konv. Deckenschalung	Fertigteil	Jedes Element wird unabhängig vom anderen gefertigt.
86				Deckenschaltisch		
87				Fallkopfschalung		
88			Modulschalung	konv. Deckenschalung		
89				Deckenschaltisch		
90				Fallkopfschalung		
88			Rahmenschalung	konv. Deckenschalung		
89				Deckenschaltisch		
90				Fallkopfschalung		
91			kein Unterzug	konv. Deckenschalung		
92				Deckenschaltisch		
93				Fallkopfschalung		
94		Halbfabrikat	Grossflächenschalung	konv. Deckenschalung		
95				Deckenschaltisch		
96				Fallkopfschalung		
97			Modulschalung	konv. Deckenschalung		
98				Deckenschaltisch		
99				Fallkopfschalung		
100			Rahmenschalung	konv. Deckenschalung		
101				Deckenschaltisch		
102	Fallkopfschalung					
						Kern vorausseilend
103	Selbstkletternde Kletterschalung	Fertigteil	Grossflächenschalung	konv. Deckenschalung	Fertigteil	Stützen und Unterzüge werden zusammen betoniert. Die restlichen Elemente werden voneinander gefertigt.
104				Deckenschaltisch		
105				Fallkopfschalung		
106			Modulschalung	konv. Deckenschalung		
107				Deckenschaltisch		
108				Fallkopfschalung		
109			Rahmenschalung	konv. Deckenschalung		
110				Deckenschaltisch		
111				Fallkopfschalung		
112		Halbfabrikat	Grossflächenschalung	konv. Deckenschalung		
113				Deckenschaltisch		
114				Fallkopfschalung		
115			Modulschalung	konv. Deckenschalung		
116				Deckenschaltisch		
117				Fallkopfschalung		
118			Rahmenschalung	konv. Deckenschalung		
119				Deckenschaltisch		
120				Fallkopfschalung		

	Wände	Stützen	Unterzüge	Decken	Treppen	Bauablauf
						Kern vorausseilend
121	Selbstkletternde Kletterschalung	Fertigteil	Grossflächenschalung	konv. Deckenschalung	Fertigteil	Unterzüge und Decken werden zusammen betoniert. Die restlichen Elemente werden unabhängig voneinander gefertigt.
122				Deckenschaltisch		
123				Fallkopfschalung		
124			Modulschalung	konv. Deckenschalung		
125				Deckenschaltisch		
126				Fallkopfschalung		
127			Rahmenschalung	konv. Deckenschalung		
128				Deckenschaltisch		
129				Fallkopfschalung		
130		Halbfabrikat	Grossflächenschalung	konv. Deckenschalung		
131				Deckenschaltisch		
132				Fallkopfschalung		
133			Modulschalung	konv. Deckenschalung		
134				Deckenschaltisch		
135				Fallkopfschalung		
136			Rahmenschalung	konv. Deckenschalung		
137				Deckenschaltisch		
138				Fallkopfschalung		
						Kern vorausseilend
139	Selbstkletternde Kletterschalung	Fertigteil	Grossflächenschalung	konv. Deckenschalung	Fertigteil	Sützen, Unterzüge (falls vorhanden) und Decken werden zusammen betoniert. Die restlichen Elemente werden unabhängig voneinander gefertigt.
140				Deckenschaltisch		
141				Fallkopfschalung		
142			Modulschalung	konv. Deckenschalung		
143				Deckenschaltisch		
144				Fallkopfschalung		
145			Rahmenschalung	konv. Deckenschalung		
146				Deckenschaltisch		
147				Fallkopfschalung		
148		kein Unterzug	konv. Deckenschalung			
149			Deckenschaltisch			
150			Fallkopfschalung			
151		Halbfabrikat	Grossflächenschalung	konv. Deckenschalung		
152				Deckenschaltisch		
153				Fallkopfschalung		
154			Modulschalung	konv. Deckenschalung		
155				Deckenschaltisch		
156				Fallkopfschalung		
157	Rahmenschalung		konv. Deckenschalung			
158			Deckenschaltisch			
159			Fallkopfschalung			
160	kein Unterzug	konv. Deckenschalung				
161		Deckenschaltisch				
162		Fallkopfschalung				

	Wände	Stützen	Unterzüge	Decken	Treppen	Bauablauf
						Stockwerkweiser Bauablauf
163	Selbstkletternde Kletterschalung	Fertigteil	Grossflächenschalung	konv. Deckenschalung	Fertigteil	Zuerst werden Stützen und Unterzüge separat erstellt. Danach werden die Decke und die darauf stehenden Wände zusammen betoniert.
164				Deckenschaltisch		
165				Fallkopfschalung		
166			Modulschalung	konv. Deckenschalung		
167				Deckenschaltisch		
168				Fallkopfschalung		
169			Rahmenschalung	konv. Deckenschalung		
170				Deckenschaltisch		
171				Fallkopfschalung		
172		Halbfabrikat	Grossflächenschalung	konv. Deckenschalung		
173				Deckenschaltisch		
174				Fallkopfschalung		
175			Modulschalung	konv. Deckenschalung		
176				Deckenschaltisch		
177				Fallkopfschalung		
178			Rahmenschalung	konv. Deckenschalung		
179	Deckenschaltisch					
180	Fallkopfschalung					
						Stockwerkweiser Bauablauf
181	Selbstkletternde Kletterschalung	Fertigteil	Grossflächenschalung	konv. Deckenschalung	Fertigteil	Zuerst werden Stützen und Unterzüge zusammen erstellt. Danach werden die Decke und die darauf stehenden Wände zusammen betoniert.
182				Deckenschaltisch		
183				Fallkopfschalung		
184			Modulschalung	konv. Deckenschalung		
185				Deckenschaltisch		
186				Fallkopfschalung		
187			Rahmenschalung	konv. Deckenschalung		
188				Deckenschaltisch		
189				Fallkopfschalung		
190		Halbfabrikat	Grossflächenschalung	konv. Deckenschalung		
191				Deckenschaltisch		
192				Fallkopfschalung		
193			Modulschalung	konv. Deckenschalung		
194				Deckenschaltisch		
195				Fallkopfschalung		
196			Rahmenschalung	konv. Deckenschalung		
197	Deckenschaltisch					
198	Fallkopfschalung					

	Wände	Stützen	Unterzüge	Decken	Treppen	Bauablauf
						<b>Stockwerkweiser Bauablauf</b>
199	Selbstkletternde Kletterschalung	Fertigteil	Grossflächenschalung	konv. Deckenschalung	Fertigteil	Zuerst werden die Stützen gefertigt. Anschliessend werden die Unterzüge (falls vorhanden), Decken und die darauf stehenden Wände zusammen betoniert.
200				Deckenschaltisch		
201				Fallkopfschalung		
202			Modulschalung	konv. Deckenschalung		
203				Deckenschaltisch		
204				Fallkopfschalung		
205			Rahmenschalung	konv. Deckenschalung		
206				Deckenschaltisch		
207				Fallkopfschalung		
208			kein Unterzug	konv. Deckenschalung		
209		Deckenschaltisch				
210		Fallkopfschalung				
211		Halbfabrikat	Grossflächenschalung	konv. Deckenschalung		
212				Deckenschaltisch		
213				Fallkopfschalung		
214			Modulschalung	konv. Deckenschalung		
215				Deckenschaltisch		
216				Fallkopfschalung		
217			Rahmenschalung	konv. Deckenschalung		
218				Deckenschaltisch		
219				Fallkopfschalung		
220			kein Unterzug	konv. Deckenschalung		
221	Deckenschaltisch					
222	Fallkopfschalung					
						<b>Stockwerkweiser Bauablauf</b>
223	Selbstkletternde Kletterschalung	Fertigteil	Grossflächenschalung	konv. Deckenschalung	Fertigteil	Stützen, Unterzüge (falls vorhanden), Decken und die darauf stehenden Wände zusammen betoniert.
224				Deckenschaltisch		
225				Fallkopfschalung		
226			Modulschalung	konv. Deckenschalung		
227				Deckenschaltisch		
228				Fallkopfschalung		
229			Rahmenschalung	konv. Deckenschalung		
230				Deckenschaltisch		
231				Fallkopfschalung		
232			kein Unterzug	konv. Deckenschalung		
233		Deckenschaltisch				
234		Fallkopfschalung				
235		Halbfabrikat	Grossflächenschalung	konv. Deckenschalung		
236				Deckenschaltisch		
237				Fallkopfschalung		
238			Modulschalung	konv. Deckenschalung		
239				Deckenschaltisch		
240				Fallkopfschalung		
241	Rahmenschalung		konv. Deckenschalung			
242			Deckenschaltisch			
243			Fallkopfschalung			
244	kein Unterzug		konv. Deckenschalung			
245		Deckenschaltisch				
246		Fallkopfschalung				

	Wände	Stützen	Unterzüge	Decken	Treppen	Bauablauf
						Kern vorausgehend
247	Nicht Selbstkletternde Kletterschalung	Fertigteil	Grossflächenschalung	konv. Deckenschalung	Fertigteil	Jedes Element wird unabhängig vom anderen gefertigt.
248				Deckenschaltisch		
249				Fallkopfschalung		
250			Modulschalung	konv. Deckenschalung		
251				Deckenschaltisch		
252				Fallkopfschalung		
253			Rahmenschalung	konv. Deckenschalung		
254				Deckenschaltisch		
255				Fallkopfschalung		
256			kein Unterzug	konv. Deckenschalung		
257				Deckenschaltisch		
258				Fallkopfschalung		
259		Halbfabrikat	Grossflächenschalung	konv. Deckenschalung		
260				Deckenschaltisch		
261				Fallkopfschalung		
262			Modulschalung	konv. Deckenschalung		
263				Deckenschaltisch		
264				Fallkopfschalung		
265			Rahmenschalung	konv. Deckenschalung		
266				Deckenschaltisch		
267	Fallkopfschalung					
268	kein Unterzug		konv. Deckenschalung			
269			Deckenschaltisch			
270			Fallkopfschalung			
						Kern vorausgehend
271	Nicht Selbstkletternde Kletterschalung	Fertigteil	Grossflächenschalung	konv. Deckenschalung	Fertigteil	Stützen und Unterzüge werden zusammen betoniert. Die restlichen Elemente werden unabhängig voneinander gefertigt.
272				Deckenschaltisch		
273				Fallkopfschalung		
274			Modulschalung	konv. Deckenschalung		
275				Deckenschaltisch		
276				Fallkopfschalung		
277			Rahmenschalung	konv. Deckenschalung		
278				Deckenschaltisch		
279				Fallkopfschalung		
280		Halbfabrikat	Grossflächenschalung	konv. Deckenschalung		
281				Deckenschaltisch		
282				Fallkopfschalung		
283			Modulschalung	konv. Deckenschalung		
284				Deckenschaltisch		
285				Fallkopfschalung		
286			Rahmenschalung	konv. Deckenschalung		
287				Deckenschaltisch		
288				Fallkopfschalung		

	Wände	Stützen	Unterzüge	Decken	Treppen	Bauablauf	
						Kern vorausseilend	
289	Nicht Selbstkletternde Kletterschalung	Fertigteil	Grossflächenschalung	konv. Deckenschalung	Fertigteil	Unterzüge und Decken werden zusammen betoniert. Die restlichen Elemente werden unabhängig voneinander gefertigt.	
290				Deckenschaltisch			
291				Fallkopfschalung			
292			Modulschalung	konv. Deckenschalung			
293				Deckenschaltisch			
294				Fallkopfschalung			
295			Rahmenschalung	konv. Deckenschalung			
296				Deckenschaltisch			
297				Fallkopfschalung			
298			Halbfabrikat	Grossflächenschalung			konv. Deckenschalung
299							Deckenschaltisch
300							Fallkopfschalung
301		Modulschalung		konv. Deckenschalung			
302				Deckenschaltisch			
303				Fallkopfschalung			
304		Rahmenschalung		konv. Deckenschalung			
305				Deckenschaltisch			
306	Fallkopfschalung						
						Kern vorausseilend	
307	Nicht Selbstkletternde Kletterschalung	Fertigteil	Grossflächenschalung	konv. Deckenschalung	Fertigteil	Sützen, Unterzüge (falls vorhanden) und Decken werden zusammen betoniert. Die restlichen Elemente werden unabhängig voneinander gefertigt.	
308				Deckenschaltisch			
309				Fallkopfschalung			
310			Modulschalung	konv. Deckenschalung			
311				Deckenschaltisch			
312				Fallkopfschalung			
313			Rahmenschalung	konv. Deckenschalung			
314				Deckenschaltisch			
315				Fallkopfschalung			
316		kein Unterzug	konv. Deckenschalung				
317			Deckenschaltisch				
318			Fallkopfschalung				
319		Halbfabrikat	Grossflächenschalung	konv. Deckenschalung			
320				Deckenschaltisch			
321				Fallkopfschalung			
322			Modulschalung	konv. Deckenschalung			
323				Deckenschaltisch			
324	Fallkopfschalung						
325	Rahmenschalung		konv. Deckenschalung				
326			Deckenschaltisch				
327			Fallkopfschalung				
328	kein Unterzug	konv. Deckenschalung					
329		Deckenschaltisch					
330		Fallkopfschalung					

	Wände	Stützen	Unterzüge	Decken	Treppen	Bauablauf
						Stockwerkweiser Bauablauf
331	Nicht Selbstkletternde Kletterschalung	Fertigteil	Grossflächenschalung	konv. Deckenschalung	Fertigteil	Zuerst werden Stützen und Unterzüge separat erstellt. Danach werden die Decke und die darauf stehenden Wände zusammen betoniert.
332				Deckenschaltisch		
333				Fallkopfschalung		
334			Modulschalung	konv. Deckenschalung		
335				Deckenschaltisch		
336				Fallkopfschalung		
337			Rahmenschalung	konv. Deckenschalung		
338				Deckenschaltisch		
339				Fallkopfschalung		
340		Halbfabrikat	Grossflächenschalung	konv. Deckenschalung		
341				Deckenschaltisch		
342				Fallkopfschalung		
343			Modulschalung	konv. Deckenschalung		
344				Deckenschaltisch		
345				Fallkopfschalung		
346			Rahmenschalung	konv. Deckenschalung		
347	Deckenschaltisch					
348	Fallkopfschalung					
						Stockwerkweiser Bauablauf
349	Nicht Selbstkletternde Kletterschalung	Fertigteil	Grossflächenschalung	konv. Deckenschalung	Fertigteil	Zuerst werden Stützen und Unterzüge zusammen erstellt. Danach werden die Decke und die darauf stehenden Wände zusammen betoniert.
350				Deckenschaltisch		
351				Fallkopfschalung		
352			Modulschalung	konv. Deckenschalung		
353				Deckenschaltisch		
354				Fallkopfschalung		
355			Rahmenschalung	konv. Deckenschalung		
356				Deckenschaltisch		
357				Fallkopfschalung		
358		Halbfabrikat	Grossflächenschalung	konv. Deckenschalung		
359				Deckenschaltisch		
360				Fallkopfschalung		
361			Modulschalung	konv. Deckenschalung		
362				Deckenschaltisch		
363				Fallkopfschalung		
364			Rahmenschalung	konv. Deckenschalung		
365	Deckenschaltisch					
366	Fallkopfschalung					

	Wände	Stützen	Unterzüge	Decken	Treppen	Bauablauf
						<b>Stockwerkweiser Bauablauf</b>
367	Nicht Selbstkletternde Kletterschalung	Fertigteil	Grossflächenschalung	konv. Deckenschalung	Fertigteil	Zuerst werden die Stützen gefertigt. Anschliessend werden die Unterzüge (falls vorhanden), Decken und die darauf stehenden Wände zusammen betoniert.
368				Deckenschaltisch		
369				Fallkopfschalung		
370			Modulschalung	konv. Deckenschalung		
371				Deckenschaltisch		
372				Fallkopfschalung		
373			Rahmenschalung	konv. Deckenschalung		
374				Deckenschaltisch		
375				Fallkopfschalung		
376			kein Unterzug	konv. Deckenschalung		
377		Deckenschaltisch				
378		Fallkopfschalung				
379		Halbfabrikat	Grossflächenschalung	konv. Deckenschalung		
380				Deckenschaltisch		
381				Fallkopfschalung		
382			Modulschalung	konv. Deckenschalung		
383				Deckenschaltisch		
384				Fallkopfschalung		
385			Rahmenschalung	konv. Deckenschalung		
386				Deckenschaltisch		
387	Fallkopfschalung					
388	kein Unterzug		konv. Deckenschalung			
389		Deckenschaltisch				
390		Fallkopfschalung				
						<b>Stockwerkweiser Bauablauf</b>
391	Nicht Selbstkletternde Kletterschalung	Fertigteil	Grossflächenschalung	konv. Deckenschalung	Fertigteil	Stützen, Unterzüge (falls vorhanden), Decken und die darauf stehenden Wände zusammen betoniert.
392				Deckenschaltisch		
393				Fallkopfschalung		
394			Modulschalung	konv. Deckenschalung		
395				Deckenschaltisch		
396				Fallkopfschalung		
397			Rahmenschalung	konv. Deckenschalung		
398				Deckenschaltisch		
399				Fallkopfschalung		
400			kein Unterzug	konv. Deckenschalung		
401		Deckenschaltisch				
402		Fallkopfschalung				
403		Halbfabrikat	Grossflächenschalung	konv. Deckenschalung		
404				Deckenschaltisch		
405				Fallkopfschalung		
406			Modulschalung	konv. Deckenschalung		
407				Deckenschaltisch		
408				Fallkopfschalung		
409			Rahmenschalung	konv. Deckenschalung		
410				Deckenschaltisch		
411	Fallkopfschalung					
412	kein Unterzug		konv. Deckenschalung			
413		Deckenschaltisch				
414		Fallkopfschalung				



	Wände	Stützen	Unterzüge	Decken	Treppen	Bauablauf
						Stockwerkweiser Bauablauf
415	Grossflächenschalung	Fertigteil	Grossflächenschalung	konv. Deckenschalung	Fertigteil	Jedes Element wird unabhängig vom anderen gefertigt.
416				Deckenschaltisch		
417				Fallkopfschalung		
418			Modulschalung	konv. Deckenschalung		
419				Deckenschaltisch		
420				Fallkopfschalung		
421			Rahmenschalung	konv. Deckenschalung		
422				Deckenschaltisch		
423				Fallkopfschalung		
424			kein Unterzug	konv. Deckenschalung		
425		Deckenschaltisch				
426		Fallkopfschalung				
427		Halbfabrikat	Grossflächenschalung	konv. Deckenschalung		
428				Deckenschaltisch		
429				Fallkopfschalung		
430			Modulschalung	konv. Deckenschalung		
431				Deckenschaltisch		
432				Fallkopfschalung		
433			Rahmenschalung	konv. Deckenschalung		
434				Deckenschaltisch		
435	Fallkopfschalung					
436	kein Unterzug		konv. Deckenschalung			
437		Deckenschaltisch				
438		Fallkopfschalung				
						Stockwerkweiser Bauablauf
439	Grossflächenschalung	Fertigteil	Grossflächenschalung	konv. Deckenschalung	Fertigteil	Stützen und Unterzüge werden zusammen betoniert. Die restlichen Elemente werden unabhängig voneinander gefertigt.
440				Deckenschaltisch		
441				Fallkopfschalung		
442			Modulschalung	konv. Deckenschalung		
443				Deckenschaltisch		
444				Fallkopfschalung		
445		Rahmenschalung	konv. Deckenschalung			
446			Deckenschaltisch			
447			Fallkopfschalung			
448		Halbfabrikat	Grossflächenschalung	konv. Deckenschalung		
449				Deckenschaltisch		
450				Fallkopfschalung		
451			Modulschalung	konv. Deckenschalung		
452				Deckenschaltisch		
453	Fallkopfschalung					
454	Rahmenschalung		konv. Deckenschalung			
455			Deckenschaltisch			
456	Fallkopfschalung					

	Wände	Stützen	Unterzüge	Decken	Treppen	Bauablauf
						Stockwerkweiser Bauablauf
457	Grossflächenschalung	Fertigteil	Grossflächenschalung	konv. Deckenschalung	Fertigteil	Zuerst werden die Stützen gefertigt. Unterzüge und Decken werden zusammen betoniert. Die restlichen Elemente werden unabhängig voneinander gefertigt.
458				Deckenschaltisch		
459				Fallkopfschalung		
460			Modulschalung	konv. Deckenschalung		
461				Deckenschaltisch		
462				Fallkopfschalung		
463			Rahmenschalung	konv. Deckenschalung		
464				Deckenschaltisch		
465		Fallkopfschalung				
466		Halbfabrikat	Grossflächenschalung	konv. Deckenschalung		
467				Deckenschaltisch		
468				Fallkopfschalung		
469			Modulschalung	konv. Deckenschalung		
470				Deckenschaltisch		
471				Fallkopfschalung		
472			Rahmenschalung	konv. Deckenschalung		
473	Deckenschaltisch					
474	Fallkopfschalung					
						Stockwerkweiser Bauablauf
475	Grossflächenschalung	Fertigteil	Grossflächenschalung	konv. Deckenschalung	Fertigteil	Stützen, Unterzüge (falls vorhanden) und Decken werden zusammen betoniert. Die restlichen Elemente werden unabhängig voneinander gefertigt.
476				Deckenschaltisch		
477				Fallkopfschalung		
478			Modulschalung	konv. Deckenschalung		
479				Deckenschaltisch		
480				Fallkopfschalung		
481			Rahmenschalung	konv. Deckenschalung		
482				Deckenschaltisch		
483		Fallkopfschalung				
484		kein Unterzug	konv. Deckenschalung			
485			Deckenschaltisch			
486			Fallkopfschalung			
487		Halbfabrikat	Grossflächenschalung	konv. Deckenschalung		
488				Deckenschaltisch		
489				Fallkopfschalung		
490			Modulschalung	konv. Deckenschalung		
491	Deckenschaltisch					
492	Fallkopfschalung					
493	Rahmenschalung		konv. Deckenschalung			
494			Deckenschaltisch			
495		Fallkopfschalung				
496	kein Unterzug	konv. Deckenschalung				
497		Deckenschaltisch				
498		Fallkopfschalung				

## **Anhang 3 Bewertung der berücksichtigten Prozesskombinationen**

## Prozesskombination 1

<b>Wände:</b>	Gleitschalung
<b>Stütze:</b>	Fertigteil
<b>Unterzüge:</b>	Grossflächenschalung
<b>Decken:</b>	Konventionelle Deckenschalung
<b>Treppen:</b>	Fertigteil

### 1.1 Bauvorgang

Jedes Element wird unabhängig vom Anderen gefertigt. In der Reihenfolge Wände, Stützen, Unterzüge, Decken und Treppen.

### 1.2 Interaktionen

Nummer 1.1  
Unterzug:

Wand: Gleitschalung  
Decke:

Stützen: Fertigteil  
Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand, Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 1.2  
 Unterzug: Grossflächensch.

Wand: Gleitschalung  
 Decke:

Stützen: Fertigteil  
 Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Unterzug - Stütze einfach – Schalungsanschluss Unterzug - Kern einfach – Konstruktionsanschluss Unterzug - Stütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Unterzug - Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand, Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 1.3  
 Unterzug: Grossflächensch.

Wand: Gleitschalung  
 Decke: Konv. Deckenschalung

Stützen: Fertigteil  
 Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke – Unterzug einfach – Schalungsanschluss Decke – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke – Unterzug unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke – Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	–	– Unterzug muss ausgeschalt sein, bevor Decke eingeschalt wird
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	– Aufgrund separater Anfertigung aller Konstruktionselemente entsteht erhöhter Zeitbedarf – Schlecht in Takt integrierbar
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Geringer Kraneinsatz – Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Unterschiedliches Material für Decken- und Unterzugschalung – Stillstandzeit der Unterzugschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 2

<b>Wände:</b>	Gleitschalung
<b>Stütze:</b>	Fertigteil
<b>Unterzüge:</b>	Grossflächenschalung
<b>Decken:</b>	Deckenschaltisch
<b>Treppen:</b>	Fertigteil

### 2.1 Bauvorgang

Jedes Element wird unabhängig vom Anderen gefertigt. In der Reihenfolge Wände, Stützen, Unterzüge, Decken und Treppen.

### 2.2 Interaktionen

Nummer 2.1  
Unterzug:

Wand: Gleitschalung  
Decke:

Stützen: Fertigteil  
Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand, Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 2.2  
 Unterzug: Grossflächensch.

Wand: Gleitschalung  
 Decke:

Stützen: Fertigteil  
 Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Unterzug - Stütze einfach – Schalungsanschluss Unterzug – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Unterzug - Stütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Unterzug - Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand, Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Kranintensiv –
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 2.3  
 Unterzug: Grossflächensch.

Wand: Gleitschalung  
 Decke: Deckenschaltisch

Stützen: Fertigteil  
 Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke - Unterzug ist einfach – Schalungsanschluss Decke – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke – Unterzug ist unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke – Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	–	– Unterzug muss ausgeschalt sein, bevor Decke eingeschalt wird –
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	– Aufgrund separater Anfertigung aller Konstruktionselemente entsteht stark erhöhter Zeitbedarf – Schlecht in Takt integrierbar
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Deckenschaltisch von Unterzug kann bei Deckenschalung wieder verwendet werden – Gleiches Material für Unterzug- und Deckenschalung – Gleiche Arbeitsgruppe arbeitet mit gleichem Material für Decke und Unterzüge – Klar getrennter Personaleinsatz möglich (falls alles einzeln gefertigt oder Unterzüge und Stützen zusammen)	– Kranintensiv – Stillstandzeit der Unterzugschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 3

<b>Wände:</b>	Gleitschalung
<b>Stütze:</b>	Fertigteil
<b>Unterzüge:</b>	Grossflächenschalung
<b>Decken:</b>	Fallkopfschalung
<b>Treppen:</b>	Fertigteil

### 3.1 Bauvorgang

Jedes Element wird unabhängig vom Anderen gefertigt. In der Reihenfolge Wände, Stützen, Unterzüge, Decken und Treppen.

### 3.2 Interaktionen

Nummer 3.1  
Unterzug:

Wand: Gleitschalung  
Decke:

Stützen: Fertigteil  
Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand, Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich –	– Kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–



Nummer 3.2  
 Unterzug: Grossflächensch.

Wand: Gleitschalung  
 Decke:

Stützen: Fertigteil  
 Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Unterzug - Stütze einfach – Schalungsanschluss Unterzug – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Unterzug - Stütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Unterzug - Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand, Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Kranintensiv –
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 3.3  
 Unterzug: Grossflächensch.

Wand: Gleitschalung  
 Decke: Fallkopfschalung

Stützen: Fertigteil  
 Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Konstruktionsanschluss Decke – Unterzug unkompliziert – Schalungsanschluss Decke - Unterzug einfach – Schalungsanschluss Decke - Kern einfach	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke - Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	–	– Unterzug muss ausgeschalt sein, bevor Decke eingeschalt wird
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	– Aufgrund separater Anfertigung aller Konstruktionselemente entsteht stark erhöhter Zeitbedarf – Schlecht in Takt integrierbar
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Geringer Kraneinsatz – Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Unterschiedliches Material für Decken- und Unterzugschalung – Stillstandzeit der Unterzugschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 4

<b>Wände:</b>	Gleitschalung
<b>Stütze:</b>	Fertigteil
<b>Unterzüge:</b>	Modulschalung
<b>Decken:</b>	Konventionelle Deckenschalung
<b>Treppen:</b>	Fertigteil

### 4.1 Bauvorgang

Wände und Stützen werden zuerst und unabhängig voneinander gefertigt. Anschliessend werden Decken und Unterzüge zusammen geschalt und betoniert. Zum Schluss werden die Fertigteiltreppen versetzt.

### 4.2 Interaktionen

Nummer 4.1  
Unterzug:

Wand: Gleitschalung  
Decke:

Stützen: Fertigteil  
Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand, Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 4.2  
 Unterzug: Modulschalung

Wand: Gleitschalung  
 Decke:

Stützen: Fertigteil  
 Treppe:

Decke und Unterzüge werden zusammen gefertigt, siehe Nummer 4.3

Nummer 4.3  
 Unterzug: Gfrossflächensch.

Wand: Gleitschalung  
 Decke:  
 Deckenschalung

Stützen: Fertigteil  
 Konv. Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Stütze einfach – Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke/Unterzug – Stütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke/Unterzug – Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine Betonierbühne für Unterzüge erforderlich	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Gut in Takt integrierbar – Zeitgewinn durch gleichzeitiges Schalen und Betonieren der Unterzüge und Decken	– Aufgrund separater Anfertigung einiger Konstruktionselemente entsteht erhöhter Zeitbedarf
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Geringer Kraneinsatz – Keine Stillstandszeit der Schalungen	– Erschwerte Personaltrennung – Unterschiedliches Material für Decken- und Unterzugsschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 5

<b>Wände:</b>	Gleitschalung
<b>Stütze:</b>	Fertigteil
<b>Unterzüge:</b>	Modulschalung
<b>Decken:</b>	Deckenschaltisch
<b>Treppen:</b>	Fertigteil

### 5.1 Bauvorgang

Wände und Stützen werden zuerst und unabhängig voneinander gefertigt. Anschliessend werden Decken und Unterzüge zusammen geschalt und betoniert. Zum Schluss werden die Fertigteiltreppen versetzt.

### 5.2 Interaktionen

Nummer 5.1  
Unterzug:

Wand: Gleitschalung  
Decke:

Stützen: Fertigteil  
Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand, Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich –	– Kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 5.2  
Unterzug: Modulschalung

Wand: Gleitschalung  
Decke:

Stützen: Fertigteil  
Treppe:

Decke und Unterzüge werden zusammen gefertigt, siehe Nummer 5.3

Nummer 5.3  
Unterzug: Modulschalung

Wand: Gleitschalung  
Decke: Deckenschaltisch

Stützen: Fertigteil  
Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Stütze einfach – Schalungsanschluss Decke/Unterzug - Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke/Unterzug – Stütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke/Unterzug – Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung – Keine Betonierbühne für Unterzüge erforderlich	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Gut in Takt integrierbar – Zeitgewinn durch gleichzeitiges Schalen und Betonieren von Unterzüge und Decke	– Aufgrund separater Anfertigung einiger Konstruktionselemente entsteht erhöhter Zeitbedarf
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Keine Stillstandzeit der Schalung	– Kranintensiv – Unterschiedliches Material für Unterzug- und Deckenschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 6

<b>Wände</b>	Gleitschalung
<b>Stütze:</b>	Fertigteil
<b>Unterzüge:</b>	Modulschalung
<b>Decken:</b>	Fallkopfschalung
<b>Treppen:</b>	Fertigteil

### 6.1 Bauvorgang

Wände und Stützen werden zuerst und unabhängig voneinander gefertigt. Anschliessend werden Decken und Unterzüge zusammen geschalt und betoniert. Zum Schluss werden die Fertigteiltreppen versetzt.

### 6.2 Interaktionen

Nummer 6.1  
Unterzug:

Wand: Gleitschalung  
Decke:

Stützen: Fertigteil  
Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand, Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich –	– Kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 6.2  
 Unterzug: Modulschalung

Wand: Gleitschalung  
 Decke:

Stützen: Fertigteil  
 Treppe:

Decke und Unterzüge werden zusammen gefertigt, siehe Nummer 6.3

Nummer 6.3  
 Unterzug: Modulschalung

Wand: Gleitschalung  
 Decke: Fallkopfschalung

Stützen: Fertigteil  
 Treppe:

<b>Interaktionen</b>	<b>Vorteile</b>	<b>Nachteile</b>
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Stütze einfach – Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke/Unterzug – Stütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke/Unterzug – Kern – Verbindung Modul- Fallkopfschalung ist problematisch
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung – Keine Betonierbühne für Unterzüge erforderlich	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Gut in Takt integrierbar – Zeitgewinn durch gleichzeitiges Schalen und Betonieren von Unterzügen und Decke	– Aufgrund separater Anfertigung einiger Konstruktionselemente entsteht erhöhter Zeitbedarf
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Geringer Kraneinsatz – Keine Stillstandzeit der Schalung	– Unterschiedliches Material für Decken- und Unterzugschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 7

<b>Wände:</b>	Gleitschalung
<b>Stütze:</b>	Fertigteil
<b>Unterzüge:</b>	Rahmenschalung
<b>Decken:</b>	Konventionelle Deckenschalung
<b>Treppen:</b>	Fertigteil

### 7.1 Bauvorgang

Wände und Stützen werden zuerst und unabhängig voneinander gefertigt. Anschliessend werden Decken und Unterzüge zusammen geschalt und betoniert. Zum Schluss werden die Fertigteiltreppen versetzt.

### 7.2 Interaktionen

Nummer 7.1  
Unterzug:

Wand: Gleitschalung  
Decke:

Stützen: Fertigteil  
Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand, Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–



Nummer 7.2  
 Unterzug: Rahmenschalung

Wand: Gleitschalung  
 Decke:

Stützen: Fertigteil  
 Treppe:

Decke und Unterzüge werden zusammen gefertigt, siehe Nummer 7.3

Nummer 7.3  
 Unterzug: Rahmenschalung

Wand: Gleitschalung  
 Decke:  
 Deckenschalung

Stützen: Fertigteil  
 Konv. Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Stütze einfach – Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke/Unterzug – Stütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke/Unterzug – Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine Betonierbühne für Unterzüge erforderlich	– Im Übergangsbereich Decke/Unterzug gegenseitige Behinderung der Schalungssysteme
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Gut in Takt integrierbar – Zeitgewinn durch gleichzeitiges Schalen und Betonieren der Unterzüge und Decken	– Aufgrund separater Anfertigung einiger Konstruktionselemente entsteht erhöhter Zeitbedarf
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Geringer Kraneinsatz – Keine Stillstandszeit der Schalungen	– Erschwerte Personaltrennung – Unterschiedliches Material für Decken- und Unterzugsschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 8

<b>Wände:</b>	Gleitschalung
<b>Stütze:</b>	Fertigteil
<b>Unterzüge:</b>	Rahmenschalung
<b>Decken:</b>	Deckenschaltisch
<b>Treppen:</b>	Fertigteil

### 8.1 Bauvorgang

Wände und Stützen werden zuerst und unabhängig voneinander gefertigt. Anschliessend werden Decken und Unterzüge zusammen geschalt und betoniert. Zum Schluss werden die Fertigteiltreppen versetzt.

### 8.2 Interaktionen

Nummer 8.1  
Unterzug:

Wand: Gleitschalung  
Decke:

Stützen: Fertigteil  
Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand, Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich –	– Kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 8.2                      Wand: Gleitschalung                      Stützen: Fertigteil  
 Unterzug: Rahmenschalung      Decke:                                      Treppe:

Decke und Unterzüge werden zusammen gefertigt, siehe Nummer 8.3

Nummer 8.3                      Wand: Gleitschalung                      Stützen: Fertigteil  
 Unterzug: Rahmenschalung      Decke: Deckenschaltisch              Treppe:

<b>Interaktionen</b>	<b>Vorteile</b>	<b>Nachteile</b>
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Stütze einfach – Schalungsanschluss Decke/Unterzug - Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke/Unterzug – Stütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke/Unterzug – Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine Betonierbühne für Unterzüge erforderlich	– Im Übergangsbereich Decke/Unterzug gegenseitige Behinderung der Schalungssysteme
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Gut in Takt integrierbar – Zeitgewinn durch gleichzeitige Schalen und Betonieren der Unterzüge und Decke	– Aufgrund separater Anfertigung einiger Konstruktionselemente entsteht erhöhter Zeitbedarf
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Keine Stillstandzeiten der Schalungen	– Kranintensiv – Unterschiedliches Material für Decken- und Unterzugschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 9

<b>Wände:</b>	Gleitschalung
<b>Stütze:</b>	Fertigteil
<b>Unterzüge:</b>	Rahmenschalung
<b>Decken:</b>	Fallkopfschalung
<b>Treppen:</b>	Fertigteil

### 9.1 Bauvorgang

Jedes Element wird unabhängig vom Anderen gefertigt. In der Reihenfolge Wände, Stützen, Unterzüge, Decken und Treppen.

### 9.2 Interaktionen

Nummer 9.1  
Unterzug:

Wand: Gleitschalung  
Decke:

Stützen: Fertigteil  
Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand, Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich –	– Kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 9.2  
 Unterzug: Rahmenschalung

Wand: Gleitschalung  
 Decke:

Stützen: Fertigteil  
 Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Unterzug – Stütze einfach – Schalungsanschluss Unterzug – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Unterzug – Stütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Unterzug - Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	–	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	– Zeitaufwändige Verbindung Unterzug – Kern
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar trennbarer Personaleinsatz möglich	– Kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 9.3  
 Unterzug: Rahmenschalung

Wand: Gleitschalung  
 Decke: Fallkopfschalung

Stützen: Fertigteil  
 Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke - Unterzug einfach – Schalungsanschluss Decke – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke – Unterzug ist unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke - Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	–	– Unterzug muss ausgeschalt sein, bevor Decke eingeschalt wird
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	– Aufgrund separater Anfertigung aller Konstruktionselemente entsteht stark erhöhter Zeitbedarf – Schlecht in Takt integrierbar
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Geringer Kraneinsatz – Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Unterschiedliches Material für Decken- und Unterzugschalung – Stillstandzeit der Unterzugschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 10

<b>Wände:</b>	Gleitschalung
<b>Stütze:</b>	Fertigteil
<b>Unterzüge:</b>	Kein Unterzug
<b>Decken:</b>	Konventionelle Deckenschalung
<b>Treppen:</b>	Fertigteil

### 10.1 Bauvorgang

Jedes Element wird unabhängig vom Anderen gefertigt. In der Reihenfolge Wände, Stützen, Decken und Treppen.

### 10.2 Interaktionen

Nummer 10.1  
Unterzug:

Wand: Gleitschalung  
Decke:

Stützen: Fertigteil  
Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand, Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 10.2  
Unterzug: Kein Unterzug

Wand: Gleitschalung  
Decke:

Stützen: Fertigteil  
Treppe:

Kein Unterzug

Nummer 10.3  
Unterzug: Kein Unterzug

Wand: Gleitschalung  
Decke: Konv.  
Deckenschalung

Stützen: Fertigteil  
Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke – Stütze einfach – Schalungsanschluss Decke – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke – Stütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke – Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	–	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Gut in Takt integrierbar	– Aufgrund separater Anfertigung aller Konstruktionselemente entsteht stark erhöhter Zeitbedarf
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Keine Stillstandszeit der Schalungen – Klar getrennter Personaleinsatz möglich	–
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 11

<b>Wände:</b>	Gleitschalung
<b>Stütze:</b>	Fertigteil
<b>Unterzüge:</b>	Kein Unterzug
<b>Decken:</b>	Deckenschaltisch
<b>Treppen:</b>	Fertigteil

### 11.1 Bauvorgang

Jedes Element wird unabhängig vom Anderen gefertigt. In der Reihenfolge Wände, Stützen, Decken und Treppen.

### 11.2 Interaktionen

Nummer 11.1  
Unterzug:

Wand: Gleitschalung  
Decke:

Stützen: Fertigteil  
Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand, Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich –	– Kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–



Nummer 11.2  
 Unterzug: Kein Unterzug

Wand: Gleitschalung  
 Decke:

Stützen: Fertigteil  
 Treppe:

Kein Unterzug

Nummer 11.3  
 Unterzug: Kein Unterzug

Wand: Gleitschalung  
 Decke: Deckenschaltisch

Stützen: Fertigteil  
 Treppe:

<b>Interaktionen</b>	<b>Vorteile</b>	<b>Nachteile</b>
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke – Stütze einfach – Schalungsanschluss Decke - Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke– Stütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke – Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	–	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Gut in Takt integrierbar –	– Aufgrund separater Anfertigung aller Konstruktionselemente entsteht stark erhöhter Zeitbedarf –
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Keine Stillstandzeiten der Schalungen – Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 12

<b>Wände:</b>	Gleitschalung
<b>Stütze:</b>	Fertigteil
<b>Unterzüge:</b>	Kein Unterzug
<b>Decken:</b>	Fallkopfschalung
<b>Treppen:</b>	Fertigteil

### 12.1 Bauvorgang

Jedes Element wird unabhängig vom Anderen gefertigt. In der Reihenfolge Wände, Stützen, Unterzüge, Decken und Treppen.

### 12.2 Interaktionen

Nummer 12.1  
Unterzug:

Wand: Gleitschalung  
Decke:

Stützen: Fertigteil  
Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand, Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich –	– Kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 12.2  
 Unterzug: Kein Unterzug

Wand: Gleitschalung  
 Decke:

Stützen: Fertigteil  
 Treppe:

Kein Unterzug

Nummer 12.3  
 Unterzug: Rahmenschalung

Wand: Gleitschalung  
 Decke: Fallkopfschalung

Stützen: Fertigteil  
 Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke - Stütze einfach – Schalungsanschluss Decke – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke – Stütze ist unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke - Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	–	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Gut in Takt integrierbar	– Aufgrund separater Anfertigung aller Konstruktionselemente entsteht stark erhöhter Zeitbedarf –
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Geringer Kraneinsatz – Keine Stillstandzeiten der Schalungen – Klar getrennter Personaleinsatz möglich	–
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 13

<b>Wände:</b>	Gleitschalung
<b>Stütze:</b>	Halbfabrikat
<b>Unterzüge:</b>	Grossflächenschalung
<b>Decken:</b>	Konventionelle Deckenschalung
<b>Treppen:</b>	Fertigteil

### 13.1 Bauvorgang

Die Wände werden zuerst erstellt. Parallel zueinander werden anschliessend die Stützen ausgerichtet und die Unterzüge geschalt. Stützen und Unterzüge werden gleichzeitig betoniert In den folgenden Arbeitsschritten wird die Decke erstellt und zuletzt die Treppen versetzt.

### 13.2 Interaktionen

Nummer 13.1                      Wand: Gleitschalung                      Stützen: Halbfabrikat  
 Unterzug:                      Decke:                      Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Gegenseitig keine Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 13.2  
 Unterzug: Grossflächensch.

Wand: Gleitschalung  
 Decke:

Stützen: Halbfabrikat  
 Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Unterzug – Stütze einfach – Schalungsanschluss Unterzug – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Unterzugstütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Unterzug - Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine Betonierbühne für Stützen erforderlich	– Die temporären Spriesse der Halbfabrikate und die Stützkonstruktion der Unterzugsschalung können sich gegenseitig behindern
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Zeitgewinn durch gleichzeitiges Betonieren der Unterzüge und Stützen	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 13.3  
 Unterzug: Grossflächensch.

Wand: Gleitschalung  
 Decke: Konv. Deckenschalung

Stützen: Halbfabrikat  
 Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke - Unterzug einfach – Schalungsanschluss Decke – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke – Unterzug ist unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke - Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	–	– Unterzug muss ausgeschalt sein, bevor Decke eingeschalt wird
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	– Aufgrund separater Anfertigung einiger Konstruktionselemente entsteht erhöhter Zeitbedarf
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Geringer Kraneinsatz – Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Stillstandzeit der Unterzugsschalung – Unterschiedliches Material für Decken- und Unterzugsschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 14

<b>Wände:</b>	Gleitschalung
<b>Stütze:</b>	Halbfabrikat
<b>Unterzüge:</b>	Grossflächenschalung
<b>Decken:</b>	Deckenschaltisch
<b>Treppen:</b>	Fertigteil

### 14.1 Bauvorgang

Die Wände werden zuerst erstellt. Parallel zueinander werden anschliessend die Stützen ausgerichtet und die Unterzüge geschalt. Stützen und Unterzüge werden gleichzeitig betoniert In den folgenden Arbeitsschritten wird die Decke erstellt und zuletzt die Treppen versetzt.

### 14.2 Interaktionen

Nummer 14.1                      Wand: Gleitschalung                      Stützen: Halbfabrikat  
 Unterzug:                      Decke:                      Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine gegenseitig Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 14.2  
Unterzug: Grossflächensch.

Wand: Gleitschalung  
Decke:

Stützen: Halbfabrikat  
Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Unterzug – Stütze einfach – Schalungsanschluss Unterzug – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Unterzugstütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Unterzug - Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine Betonierbühne für Stützen erforderlich	– Die temporären Spriesse der Halbfabrikate und die Stützkonstruktion der Unterzugsschalung können sich gegenseitig behindern
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Zeitgewinn durch gleichzeitiges Betonieren der Unterzüge und Stützen	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich –	– Kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 14.3  
Unterzug: Grossflächensch.

Wand: Gleitschalung  
Decke: Deckenschaltische

Stützen: Halbfabrikat  
Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke - Unterzug einfach – Schalungsanschluss Decke – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke – Unterzug unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke - Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	–	– Unterzug muss ausgeschalt sein, bevor Decke eingeschalt wird
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	– Aufgrund separater Anfertigung einiger Konstruktionselemente entsteht erhöhter Zeitbedarf
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Deckenschaltisch für Unterzug kann für nachfolgende Deckenschalung verwendet werden – Gleiches Material für Decken- und Unterzugsschalung – Gleiche Arbeitsgruppe arbeitet mit gleichem Material für Decken und Unterzug – Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Kranintensiv – Stillstandzeit der Unterzugsschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 15

- Wände:** Gleitschalung  
**Stütze:** Halbfabrikat  
**Unterzüge:** Grossflächenschalung  
**Decken:** Fallkopfschalung  
**Treppen:** Fertigteil

### 15.1 Bauvorgang

Die Wände werden zuerst erstellt. Parallel zueinander werden anschliessend die Stützen ausgerichtet und die Unterzüge geschalt. Stützen und Unterzüge werden gleichzeitig betoniert In den folgenden Arbeitsschritten wird die Decke erstellt und zuletzt die Treppen versetzt.

### 15.2 Interaktionen

Nummer 15.1                      Wand: Gleitschalung                      Stützen: Halbfabrikat  
 Unterzug:                      Decke:                      Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine gegenseitig Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–



Nummer 15.2  
Unterzug: Grossflächensch.

Wand: Gleitschalung  
Decke:

Stützen: Halbfabrikat  
Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Unterzug – Stütze einfach – Schalungsanschluss Unterzug – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Unterzugstütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Unterzug - Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine Betonierbühne für Stützen erforderlich	– Die temporären Spriesse der Halbfabrikate und die Stützkonstruktion der Unterzugsschalung können sich gegenseitig behindern
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Zeitgewinn durch gleichzeitiges Betonieren der Unterzüge und Stützen	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	–	– Kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 15.3  
Unterzug: Grossflächensch.

Wand: Gleitschalung  
Decke: Fallkopfschalung

Stützen: Halbfabrikat  
Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke – Unterzug einfach – Schalungsanschluss Decke – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke – Unterzug unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke - Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	–	– Unterzug muss ausgeschalt sein, bevor Decke eingeschalt wird
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	– Zeitaufwändige Verbindung Decke – Kern – Aufgrund separater Anfertigung einiger Konstruktionselemente entsteht erhöhter Zeitbedarf
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Geringer Kraneinsatz – Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Stillstandzeit der Unterzugsschalung – Unterschiedliches Material für Decken- und Unterzugsschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 16

- Wände:** Gleitschalung  
**Stütze:** Halbfabrikat  
**Unterzüge:** Modulschalung  
**Decken:** Konventionelle Deckenschalung  
**Treppen:** Fertigteil

### 16.1 Bauvorgang

Die Wände werden zuerst erstellt. Parallel zueinander werden anschliessend die Stützen ausgerichtet und die Unterzüge sowie die Decken geschalt. Stützen, Unterzüge und Decken werden gleichzeitig betoniert. Im letzten Arbeitsschritt werden die Treppen versetzt.

### 16.2 Interaktionen

Nummer 16.1                      Wand: Gleitschalung                      Stützen: Halbfabrikat  
 Unterzug:                      Decke:                      Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand, Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 16.2  
 Unterzug: Modulschalung

Wand: Gleitschalung  
 Decke:

Stützen: Halbfabrikat  
 Treppe:

Decke, Unterzüge und Stützen werden zusammen gefertigt, siehe Nummer 16.3

Nummer 16.3  
 Unterzug: Modulschalung

Wand: Gleitschalung  
 Decke:  
 Deckenschalung

Stützen: Halbfabrikat  
 Konv. Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Stütze einfach – Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke – Unterzug - Stütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke/Unterzug – Kern –
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine Betonierbühne für Stützen und Unterzüge erforderlich	– Die temporären Spriesse der Halbfabrikate und die Stützkonstruktionen der Unterzugschalung können sich gegenseitig behindern
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Gut in Takt integrierbar – Zeitgewinn durch gleichzeitiges Schalen bzw. Betonieren der Decke, Unterzüge und Stützen	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Geringer Kraneinsatz – Keine Stillstandzeiten der Schalung	– Erschwerte Personaltrennung – Unterschiedliches Material für Decken- und Unterzugschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 17

- Wände:** Gleitschalung  
**Stütze:** Halbfabrikat  
**Unterzüge:** Modulschalung  
**Decken:** Deckenschaltisch  
**Treppen:** Fertigteil

### 17.1 Bauvorgang

Die Wände werden zuerst erstellt. Parallel zueinander werden anschliessend die Stützen ausgerichtet und die Unterzüge sowie die Decken geschalt. Stützen, Unterzüge und Decken werden gleichzeitig betoniert. Im letzten Arbeitsschritt werden die Treppen versetzt.

### 17.2 Interaktionen

Nummer 17.1                      Wand: Gleitschalung                      Stützen: Halbfabrikat  
 Unterzug:                      Decke:                      Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Gegenseitig keine Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 17.2  
 Unterzug: Modulschalung

Wand: Gleitschalung  
 Decke:

Stützen: Halbfabrikat  
 Treppe:

Decke, Unterzüge und Stützen werden zusammen gefertigt, siehe Nummer 17.3

Nummer 17.3  
 Unterzug: Modulschalung

Wand: Gleitschalung  
 Decke: Deckenschaltisch

Stützen: Halbfabrikat  
 Treppe:

<b>Interaktionen</b>	<b>Vorteile</b>	<b>Nachteile</b>
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Stütze einfach – Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke - Unterzug – Stütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke/Unterzug - Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine Betonierbühne für Stützen und Unterzüge erforderlich	– Die temporären Spriesse der Halbfabrikate und die Stützkonstruktion der Unterzug- und Deckenschalung können sich gegenseitig behindern
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Gut in Takt integrierbar – Zeitgewinn durch gleichzeitiges Schalen bzw. Betonieren der Decke, Unterzüge und Stützen	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Keine Stillstandzeiten der Schalungen	– Kranintensiv – Erschwerte Personaltrennung – Unterschiedliches Material für Decke- und Unterzugschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 18

- Wände:** Gleitschalung  
**Stütze:** Halbfabrikat  
**Unterzüge:** Modulschalung  
**Decken:** Fallkopfschalung  
**Treppen:** Fertigteil

### 18.1 Bauvorgang

Die Wände werden zuerst erstellt. Parallel zueinander werden anschliessend die Stützen ausgerichtet und die Unterzüge sowie die Decken geschalt. Stützen, Unterzüge und Decken werden gleichzeitig betoniert. Im letzten Arbeitsschritt werden die Treppen versetzt.

### 18.2 Interaktionen

Nummer 18.1                      Wand: Gleitschalung                      Stützen: Halbfabrikat  
 Unterzug:                      Decke:                      Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Gegenseitig keine Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 18.2  
 Unterzug: Modulschalung

Wand: Gleitschalung  
 Decke:

Stützen: Halbfabrikat  
 Treppe:

Decke, Unterzüge und Stützen werden zusammen gefertigt, siehe Nummer 18.3

Nummer 18.3  
 Unterzug: Modulschalung

Wand: Gleitschalung  
 Decke: Fallkopfschalung

Stützen: Halbfabrikat  
 Treppe:

<b>Interaktionen</b>	<b>Vorteile</b>	<b>Nachteile</b>
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Stütze einfach – Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke - Unterzug – Stütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke/Unterzug – Kern – Verbindung Modul- Fallkopfschalung ist problematisch
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine Betonierbühne für Stützen und Unterzüge erforderlich	– Die temporären Spriesse der Halbfabrikate und die Stützkonstruktion der Unterzug- und Deckenschalung können sich gegenseitig behindern
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Gut in Takt integrierbar – Zeitgewinn durch gleichzeitiges Schalen bzw. Betonieren der Decke, Unterzüge und Stützen	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Keine Stillstandzeiten der Schalungen – Geringer Kraneinsatz	– Erschwerte Personaltrennung – Unterschiedliches Material für Decke- und Unterzugschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 19

- Wände:** Gleitschalung
- Stütze:** Halbfabrikat
- Unterzüge:** Rahmenschalung
- Decken:** Konventionelle Deckenschalung
- Treppen:** Fertigteil

### 19.1 Bauvorgang

Die Wände werden zuerst erstellt. Parallel zueinander werden anschliessend die Stützen ausgerichtet und die Unterzüge sowie die Decken geschalt. Stützen, Unterzüge und Decken werden gleichzeitig betoniert. Im letzten Arbeitsschritt werden die Treppen versetzt.

### 19.2 Interaktionen

Nummer 19.1                      Wand: Gleitschalung                      Stützen: Halbfabrikat  
 Unterzug:                      Decke:                      Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Gegenseitig keine Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–



Nummer 19.2                      Wand: Gleitschalung                      Stützen: Halbfabrikat  
 Unterzug: Rahmenschalung      Decke:                                      Treppe:

Decke, Unterzüge und Stützen werden zusammen gefertigt, siehe Nummer 19.3

Nummer 19.3                      Wand: Gleitschalung                      Stützen: Halbfabrikat  
 Unterzug: Rahmenschalung      Decke:                      Konv.      Treppe:  
 Deckenschalung

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Stütze einfach – Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke – Unterzug - Stütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke/Unterzug – Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine Betonierbühne für Stützen und Unterzüge erforderlich	– Die temporären Spriesse der Halbfabrikate und die Stützkonstruktionen der Unterzugschalung können sich gegenseitig behindern – Im Übergangsbereich Decke/Unterzug gegenseitige Behinderung der Schalungssysteme
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Gut in Takt integrierbar – Zeitgewinn durch gleichzeitiges Schalen bzw. Betonieren der Decke, Unterzüge und Stützen	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Geringer Kraneinsatz – Keine Stillstandzeiten der Schalung	– Erschwerte Personaltrennung – Unterschiedliches Material für Decken- und Unterzugschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 20

- Wände:** Gleitschalung  
**Stütze:** Halbfabrikat  
**Unterzüge:** Rahmenschalung  
**Decken:** Deckenschaltisch  
**Treppen:** Fertigteil

### 20.1 Bauvorgang

Die Wände werden zuerst erstellt. Parallel zueinander werden anschliessend die Stützen ausgerichtet und die Unterzüge sowie die Decken geschalt. Stützen, Unterzüge und Decken werden gleichzeitig betoniert. Im letzten Arbeitsschritt werden die Treppen versetzt.

### 20.2 Interaktionen

Nummer 20.1                      Wand: Gleitschalung                      Stützen: Halbfabrikat  
 Unterzug:                      Decke:                      Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Gegenseitig keine Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 20.2  
 Unterzug: Rahmenschalung

Wand: Gleitschalung  
 Decke:

Stützen: Halbfabrikat  
 Treppe:

Decke, Unterzüge und Stützen werden zusammen gefertigt, siehe Nummer 20.3

Nummer 20.3  
 Unterzug: Rahmenschalung

Wand: Gleitschalung  
 Decke: Deckenschaltisch

Stützen: Halbfabrikat  
 Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Stütze einfach – Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke - Unterzug – Stütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke/Unterzug - Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine Betonierbühne für Stützen und Unterzüge erforderlich	– Im Übergangsbereich Decke/Unterzug gegenseitige Behinderung der Schalungssysteme – Die temporären Spriesse der Halbfabrikate und die Stützkonstruktionen der Unterzüge können sich gegenseitig behindern
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Zeitgewinn durch gleichzeitiges Schalen bzw. Betonieren der Decke, Unterzüge und Stützen – Gut in Takt integrierbar	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Keine Stillstandzeiten der Schalungen	– Kranintensiv – Erschwerte Personaltrennung – Unterschiedliches Material für Decken- und Unterzugsschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 21

- Wände:** Gleitschalung  
**Stütze:** Halbfabrikat  
**Unterzüge:** Rahmenschalung  
**Decken:** Fallkopfschalung  
**Treppen:** Fertigteil

### 21.1 Bauvorgang

Die Wände werden zuerst erstellt. Parallel zueinander werden anschliessend die Stützen ausgerichtet und die Unterzüge geschalt. Stützen und Unterzüge werden gleichzeitig betoniert. In den folgenden Arbeitsschritten wird die Decke erstellt und zuletzt die Treppen versetzt.

### 21.2 Interaktionen

Nummer 21.1                      Wand: Gleitschalung                      Stützen: Halbfabrikat  
 Unterzug:                      Decke:                      Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Gegenseitig keine Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 21.2  
 Unterzug: Rahmenschalung

Wand: Gleitschalung  
 Decke:

Stützen: Halbfabrikat  
 Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Unterzug – Stütze einfach – Schalungsanschluss Unterzug – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Unterzug – Stütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Unterzug - Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine Betonierbühne für Stützen erforderlich	– Die temporären Spriesse der Halbfabrikate und die Stützkonstruktionen der Unterzüge können sich gegenseitig behindern
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Zeitgewinn durch gleichzeitiges Betonieren von Unterzüge und Stützen –	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 21.3  
 Unterzug: Rahmenschalung

Wand: Gleitschalung  
 Decke: Fallkopfschalung

Stützen: Halbfabrikat  
 Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke - Unterzug einfach – Schalungsanschluss Decke – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke - Unterzug unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke - Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	–	– Unterzug muss ausgeschalt sein, bevor Decke eingeschalt wird
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	– Aufgrund separater Anfertigung einiger Konstruktionselemente entsteht erhöhter Zeitbedarf
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Geringer Kraneinsatz – Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Unterschiedliches Material für Decken- und Unterzugsschalung – Stillstandzeit für Unterzugsschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 22

- Wände:** Gleitschalung  
**Stütze:** Halbfabrikat  
**Unterzüge:** Kein Unterzug  
**Decken:** Konventionelle Deckenschalung  
**Treppen:** Fertigteil

### 22.1 Bauvorgang

Die Wände werden zuerst erstellt. Parallel zueinander werden anschliessend die Stützen ausgerichtet und die Decken geschalt. Stützen und Decken werden gleichzeitig betoniert. Im letzten Arbeitsschritt werden die Treppen versetzt.

### 22.2 Interaktionen

Nummer 22.1  
 Unterzug:

Wand: Gleitschalung  
 Decke:

Stützen: Halbfabrikat  
 Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Gegenseitig keine Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 22.2  
Unterzug: Kein Unterzug

Wand: Gleitschalung  
Decke:

Stützen: Halbfabrikat  
Treppe:

Kein Unterzug

Nummer 22.3  
Unterzug: Kein Unterzug

Wand: Gleitschalung  
Decke:  
Deckenschalung

Stützen: Halbfabrikat  
Treppe:  
Konv.

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke – Stütze einfach – Schalungsanschluss Decke – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke – Stütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke – Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine Betonierbühne für Stützen erforderlich	– Die temporären Spriesse der Halbfabrikate und die Stützkonstruktionen der Deckenschalung können sich gegenseitig behindern
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Gut in Takt integrierbar – Zeitgewinn durch gleichzeitiges Betonieren der Decke und Stützen	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Geringer Kraneinsatz – Keine Stillstandzeiten der Schalung	– Erschwerte Personaltrennung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 23

<b>Wände:</b>	Gleitschalung
<b>Stütze:</b>	Halbfabrikat
<b>Unterzüge:</b>	Kein Unterzug
<b>Decken:</b>	Deckenschaltisch
<b>Treppen:</b>	Fertigteil

### 23.1 Bauvorgang

Die Wände werden zuerst erstellt. Parallel zueinander werden anschliessend die Stützen ausgerichtet und die Decken geschalt. Stützen und Decken werden gleichzeitig betoniert. Im letzten Arbeitsschritt werden die Treppen versetzt.

### 23.2 Interaktionen

Nummer 23.1  
Unterzug:

Wand: Gleitschalung  
Decke:

Stützen: Halbfabrikat  
Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Gegenseitig keine Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–



Nummer 23.2  
Unterzug: Kein Unterzug

Wand: Gleitschalung  
Decke:

Stützen: Halbfabrikat  
Treppe:

Kein Unterzug

Nummer 23.3  
Unterzug: Kein Unterzug

Wand: Gleitschalung  
Decke: Deckenschaltisch

Stützen: Halbfabrikat  
Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke – Stütze einfach – Schalungsanschluss Decke – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke – Stütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke - Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine Betonierbühne für Stützen erforderlich	– Die temporären Spriesse der Halbfabrikate und die Stützkonstruktionen der Deckenschalung können sich gegenseitig behindern
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Zeitgewinn durch gleichzeitiges Schalen bzw. Betonieren der Decke und Stützen – Gut in Takt integrierbar	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Keine Stillstandzeiten der Schalungen	– Kranintensiv – Erschwerte Personaltrennung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 24

<b>Wände:</b>	Gleitschalung
<b>Stütze:</b>	Halbfabrikat
<b>Unterzüge:</b>	Kein Unterzug
<b>Decken:</b>	Fallkopfschalung
<b>Treppen:</b>	Fertigteil

### 24.1 Bauvorgang

Die Wände werden zuerst erstellt. Parallel zueinander werden anschliessend die Stützen ausgerichtet und die Decken geschalt. Stützen und Decken werden gleichzeitig betoniert. Im letzten Arbeitsschritt werden die Treppen versetzt.

### 24.2 Interaktionen

Nummer 24.1  
Unterzug:

Wand: Gleitschalung  
Decke:

Stützen: Halbfabrikat  
Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Gegenseitig keine Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 24.2  
Unterzug: Kein Unterzug

Wand: Gleitschalung  
Decke:

Stützen: Halbfabrikat  
Treppe:

Kein Unterzug

Nummer 24.3  
Unterzug: Kein Unterzug

Wand: Gleitschalung  
Decke: Fallkopfschalung

Stützen: Halbfabrikat  
Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke – Stütze einfach – Schalungsanschluss Decke – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke – Stütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke - Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine Betonierbühne für Stützen erforderlich	– Die temporären Spriesse der Halbfabrikate und die Stützkonstruktionen der Deckenschalung können sich gegenseitig behindern
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Zeitgewinn durch gleichzeitiges Schalen bzw. Betonieren der Decke und Stützen – Gut in Takt integrierbar	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Geringer Kraneinsatz – Keine Stillstandzeiten der Schalungen	– Erschwerte Personaltrennung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 25

**Wände:** Selbstkletternde Kletterschalung

**Stütze:** Fertigteil

**Unterzüge:** Grossflächenschalung

**Decken:** Konventionelle Deckenschalung

**Treppen:** Fertigteil

### 25.1 Bauvorgang

Jedes Element wird unabhängig vom Anderen gefertigt. In der Reihenfolge Wände, Stützen, Unterzüge, Decken und Treppen.

### 25.2 Interaktionen

Nummer 25.1

Unterzug:

Wand: s.kl. Kletterschalung

Decke:

Stützen: Fertigteil

Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 25.2  
 Unterzug: Grossflächensch.

Wand: s.kl. Kletterschalung  
 Decke:

Stützen: Fertigteil  
 Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Unterzug - Stütze einfach – Schalungsanschluss Unterzug – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Unterzug - Stütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Unterzug - Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 25.3  
 Unterzug: Grossflächensch.

Wand: s.kl. Kletterschalung  
 Decke: Konv.  
 Deckenschalung

Stützen: Fertigteil  
 Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke - Unterzug einfach – Schalungsanschluss Decke – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke – Unterzug unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke – Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	–	– Unterzug muss ausgeschalt sein, bevor Decke eingeschalt wird
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	– Aufgrund separater Anfertigung aller Konstruktionselemente entsteht erhöhter Zeitbedarf – Schlecht in Takt integrierbar
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Geringer Kraneinsatz – Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Stillstandzeit der Unterzugschalung – Unterschiedliches Material für Decken- und Unterzugschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 26

**Wände:** Selbstkletternde Kletterschalung

**Stütze:** Fertigteil

**Unterzüge:** Grossflächenschalung

**Decken:** Deckenschaltisch

**Treppen:** Fertigteil

### 26.1 Bauvorgang

Jedes Element wird unabhängig vom Anderen gefertigt. In der Reihenfolge Wände, Stützen, Unterzüge, Decken und Treppen.

### 26.2 Interaktionen

Nummer 26.1

Unterzug:

Wand: s.kl. Kletterschalung

Decke:

Stützen: Fertigteil

Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich –	– Kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 26.2  
 Unterzug: Grossflächensch.

Wand: s.kl. Kletterschalung  
 Decke:

Stützen: Fertigteil  
 Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Unterzug - Stütze einfach – Schalungsanschluss Unterzug – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Unterzug - Stütze unkompliziert	– Aufwändige Konstruktionsanschluss Unterzug - Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung –	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich –	– Kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 26.3  
 Unterzug: Grossflächensch.

Wand: s.kl. Kletterschalung  
 Decke: Deckenschaltische

Stützen: Fertigteil  
 Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke - Unterzug ist einfach – Konstruktionsanschluss Decke – Unterzug ist unkompliziert – Schalungsanschluss Decke – Kern einfach	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke – Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	–	– Unterzug muss ausgeschalt sein, bevor Decke eingeschalt wird –
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	– Aufgrund separater Anfertigung aller Konstruktionselemente entsteht stark erhöhter Zeitbedarf – Schlecht in Takt integrierbar
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Deckenschaltisch von Unterzug kann bei Deckenschalung wieder verwendet werden – Gleiches Material für Unterzug- und Deckenschalung – Gleiche Arbeitsgruppe arbeitet mit gleichem Material für Decke und Unterzüge – Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Kranintensiv – Stillstandzeit der Unterzugschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 27

**Wände:** Selbstkletternde Kletterschalung

**Stützen:** Fertigteil

**Unterzüge:** Grossflächenschalung

**Decken:** Fallkopfschalung

**Treppen:** Fertigteil

### 27.1 Bauvorgang

Jedes Element wird unabhängig vom Anderen gefertigt. In der Reihenfolge Wände, Stützen, Unterzüge, Decken und Treppen.

### 27.2 Interaktionen

Nummer 27.1

Unterzug:

Wand: s.kl. Kletterschalung

Decke:

Stützen: Fertigteil

Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–



Nummer 27.2  
 Unterzug: Grossflächensch.

Wand: s.kl. Kletterschalung  
 Decke:

Stützen: Fertigteil  
 Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Unterzug - Stütze einfach – Schalungsanschluss Unterzug – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Unterzug - Stütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Unterzug - Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich –	– Kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 27.3  
 Unterzug: Grossflächensch.

Wand: s.kl. Kletterschalung  
 Decke: Fallkopfschalung

Stützen: Fertigteil  
 Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Konstruktionsanschluss Decke – Unterzug unkompliziert – Schalungsanschluss Decke - Unterzug einfach – Schalungsanschluss Decke - Kern einfach	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke - Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	–	– Unterzug muss ausgeschalt sein, bevor Decke eingeschalt wird
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	– Aufgrund separater Anfertigung aller Konstruktionselemente entsteht stark erhöhter Zeitbedarf – Schlecht in Takt integrierbar
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Geringer Kraneinsatz – Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Unterschiedliches Material für Decken- und Unterzugschalung – Stillstandzeit der Unterzugschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 28

**Wände:** Selbstkletternde Kletterschalung

**Stütze:** Fertigteil

**Unterzüge:** Modulschalung

**Decken:** Konventionelle Deckenschalung

**Treppen:** Fertigteil

### 28.1 Bauvorgang

Wände und Stützen werden zuerst und unabhängig voneinander gefertigt. Anschliessend werden Decken und Unterzüge zusammen geschalt und betoniert. Zum Schluss werden die Fertigteiltreppen versetzt.

### 28.2 Interaktionen

Nummer 28.1  
Unterzug:

Wand: s.kl. Kletterschalung  
Decke:

Stützen: Fertigteil  
Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 28.2                      Wand: s.kl. Kletterschalung      Stützen: Fertigteil  
 Unterzug: Modulschalung      Decke:                                      Treppe:

Decke und Unterzüge werden zusammen gefertigt, siehe Nummer 28.3

Nummer 28.3                      Wand: s.kl. Kletterschalung      Stützen: Fertigteil  
 Unterzug: Modulschalung      Decke:                                      Konv. Treppe:  
 Deckenschalung

<b>Interaktionen</b>	<b>Vorteile</b>	<b>Nachteile</b>
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Stütze einfach – Schalungsanschluss Decke/Unterzug einfach – Konstruktionsanschluss Decke/Unterzug - Stütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke/Unterzug – Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine Betonierbühne für Unterzüge erforderlich	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Gut in Takt integrierbar – Zeitgewinn durch gleichzeitiges Schalen und Betonieren der Unterzüge und Decken	– Aufgrund separater Anfertigung einiger Konstruktionselemente entsteht erhöhter Zeitbedarf
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Geringer Kraneinsatz – Keine Stillstandzeiten der Schalung –	– Erschwerte Personaltrennung – Unterschiedliches Material für Decken- und Unterzugschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 29

**Wände** Selbstkletternde Kletterschalung

**Stütze:** Fertigteil

**Unterzüge:** Modulschalung

**Decken:** Deckenschaltisch

**Treppen:** Fertigteil

### 29.1 Bauvorgang

Wände und Stützen werden zuerst und unabhängig voneinander gefertigt. Anschliessend werden Decken und Unterzüge zusammen geschalt und betoniert. Zum Schluss werden die Fertigteiltreppen versetzt.

### 29.2 Interaktionen

Nummer 29.1  
Unterzug:

Wand: s.kl. Kletterschalung  
Decke:

Stützen: Fertigteil  
Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 29.2  
Unterzug: Modulschalung

Wand: s.kl. Kletterschalung  
Decke:

Stützen: Fertigteil  
Treppe:

Decke und Unterzüge werden zusammen gefertigt, siehe Nummer 29.3

Nummer 29.3  
Unterzug: Modulschalung

Wand: s.kl. Kletterschalung  
Decke: Deckenschaltisch

Stützen: Fertigteil  
Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Stütze einfach – Schalungsanschluss Decke/Unterzug - Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke/Unterzug – Stütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke/Unterzug – Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung – Keine Betonierbühne für Unterzüge erforderlich	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Gut in Takt integrierbar – Zeitgewinn durch gleichzeitiges Schalen und Betonieren von Unterzüge und Decke	– Aufgrund separater Anfertigung einiger Konstruktionselemente entsteht erhöhter Zeitbedarf
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Keine Stillstandzeit der Schalung	– Kranintensiv – Unterschiedliches Material für Unterzug und Deckenschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 30

**Wände:** Selbstkletternde Kletterschalung

**Stützen:** Fertigteil

**Unterzüge:** Modulschalung

**Decken:** Fallkopfschalung

**Treppen:** Fertigteil

### 30.1 Bauvorgang

Wände und Stützen werden zuerst und unabhängig voneinander gefertigt. Anschliessend werden Decken und Unterzüge zusammen geschalt und betoniert. Zum Schluss werden die Fertigteiltreppen versetzt.

### 30.2 Interaktionen

Nummer 30.1  
Unterzug:

Wand: s.kl. Kletterschalung  
Decke:

Stützen: Fertigteil  
Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	–	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Gut in Takt integrierbar	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich –	– Kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 30.2  
 Unterzug: Modulschalung

Wand: s.kl. Kletterschalung  
 Decke:

Stützen: Fertigteil  
 Treppe:

Decke und Unterzüge werden zusammen gefertigt, siehe Nummer 30.3

Nummer 30.3  
 Unterzug: Modulschalung

Wand: s.kl. Kletterschalung  
 Decke: Fallkopfschalung

Stützen: Fertigteil  
 Treppe:

<b>Interaktionen</b>	<b>Vorteile</b>	<b>Nachteile</b>
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Stütze einfach – Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke/Unterzug – Stütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke/Unterzug – Kern – Verbindung Modul- Fallkopfschalung ist problematisch
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung – Keine Betonierbühne für Unterzüge erforderlich	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Gut in Takt integrierbar – Zeitgewinn durch gleichzeitiges Schalen und Betonieren von Unterzügen und Decke	– Aufgrund separater Anfertigung einiger Konstruktionselemente entsteht erhöhter Zeitbedarf
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Geringer Kraneinsatz – Keine Stillstandzeit der Schalung	– Unterschiedliches Material für Decken- und Unterzugschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 31

**Wände:** Selbstkletternde Kletterschalung

**Stützen:** Fertigteil

**Unterzüge:** Rahmenschalung

**Decken:** Konventionelle Deckenschalung

**Treppen:** Fertigteil

### 31.1 Bauvorgang

Wände und Stützen werden zuerst und unabhängig voneinander gefertigt. Anschliessend werden Decken und Unterzüge zusammen geschalt und betoniert. Zum Schluss werden die Fertigteiltreppen versetzt.

### 31.2 Interaktionen

Nummer 31.1  
Unterzug:

Wand: s.kl. Kletterschalung  
Decke:

Stützen: Fertigteil  
Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich –	– Kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–



Nummer 31.2                      Wand: s.kl. Kletterschalung      Stützen: Fertigteil  
 Unterzug: Rahmenschalung      Decke:                                      Treppe:

Decke und Unterzüge werden zusammen gefertigt, siehe Nummer 31.3

Nummer 31.3                      Wand: s.kl. Kletterschalung      Stützen: Fertigteil  
 Unterzug: Rahmenschalung      Decke:                                      Konv. Treppe:  
 Deckenschalung

<b>Interaktionen</b>	<b>Vorteile</b>	<b>Nachteile</b>
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Kern einfach – Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Stütze einfach – Konstruktionsanschluss Decke/Unterzug – Stütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke/Unterzug – Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine Betonierbühne für Unterzüge erforderlich	– Im Übergangsbereich Decke/Unterzug gegenseitige Behinderung der Schalungssysteme
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Gut in Takt integrierbar – Zeitgewinn durch gleichzeitiges Schalen und Betonieren der Unterzüge und Decken	– Aufgrund separater Anfertigung einiger Konstruktionselemente entsteht erhöhter Zeitbedarf
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Geringer Kraneinsatz – Keine Stillstandzeiten der Schalung	– Erschwerte Personaltrennung – Unterschiedliches Material für Decken- und Unterzugschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 32

**Wände:** Selbstkletternde Kletterschalung

**Stützen:** Fertigteil

**Unterzüge:** Rahmenschalung

**Decken:** Deckenschaltisch

**Treppen:** Fertigteil

### 32.1 Bauvorgang

Wände und Stützen werden zuerst und unabhängig voneinander gefertigt. Anschliessend werden Decken und Unterzüge zusammen geschalt und betoniert. Zum Schluss werden die Fertigteiltreppen versetzt.

### 32.2 Interaktionen

Nummer 32.1  
Unterzug:

Wand: s.kl. Kletterschalung  
Decke:

Stützen: Fertigteil  
Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich –	– Kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 32.2                      Wand: s.kl. Kletterschalung              Stützen: Fertigteil  
 Unterzug: Rahmenschalung      Decke:                                      Treppe:

Decke und Unterzüge werden zusammen gefertigt, siehe Nummer 32.3

Nummer 32.3                      Wand: s.kl. Kletterschalung              Stützen: Fertigteil  
 Unterzug: Rahmenschalung      Decke: Deckenschaltisch              Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Stütze einfach – Schalungsanschluss Decke/Unterzug - Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke/Unterzug – Stütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke/Unterzug – Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine Betonierbühne für Unterzüge erforderlich	– Im Übergangsbereich Decke – Unterzug gegenseitige Behinderung der Schalungssysteme
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Gut in Takt integrierbar – Zeitgewinn durch gleichzeitige Schalen und Betonieren der Unterzüge und Decke	– Aufgrund separater Anfertigung einiger Konstruktionselemente entsteht erhöhter Zeitbedarf
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Keine Stillstandzeiten der Schalungen	– Kranintensiv – Unterschiedliches Material für Decken- und Unterzugschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 33

**Wände:** Selbstkletternde Kletterschalung

**Stützen:** Fertigteil

**Unterzüge:** Rahmenschalung

**Decken:** Fallkopfschalung

**Treppen:** Fertigteil

### 33.1 Bauvorgang

Jedes Element wird unabhängig vom Anderen gefertigt. In der Reihenfolge Wände, Stützen, Unterzüge, Decken und Treppen.

### 33.2 Interaktionen

Nummer 33.1

Unterzug:

Wand: s.kl. Kletterschalung

Decke:

Stützen: Fertigteil

Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 33.2  
 Unterzug: Rahmenschalung

Wand: s.kl. Kletterschalung  
 Decke:

Stützen: Fertigteil  
 Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Unterzug – Stütze einfach – Konstruktionsanschluss Unterzug – Stütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Unterzug - Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	–	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar trennbarer Personaleinsatz möglich	– Kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 33.3  
 Unterzug: Rahmenschalung

Wand: s.kl. Kletterschalung  
 Decke: Fallkopfschalung

Stützen: Fertigteil  
 Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Konstruktionsanschluss Decke – Unterzug ist unkompliziert – Schalungsanschluss Decke - Unterzug einfach – Schalungsanschluss Decke – Kern einfach	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke - Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	–	– Unterzug muss ausgeschalt sein, bevor Decke eingeschalt wird
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	– Schlecht in Takt integrierbar – Aufgrund separater Anfertigung aller Konstruktionselemente entsteht stark erhöhter Zeitbedarf
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Geringer Kraneinsatz – Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Unterschiedliches Material für Decken- und Unterzugschalung – Stillstandzeit der Unterzugschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 34

**Wände:** Selbstkletternde Kletterschalung

**Stützen:** Fertigteil

**Unterzüge:** Kein Unterzug

**Decken:** Konventionelle Deckenschalung

**Treppen:** Fertigteil

### 34.1 Bauvorgang

Jedes Element wird unabhängig vom Anderen gefertigt. In der Reihenfolge Wände, Stützen, Unterzüge, Decken und Treppen.

### 34.2 Interaktionen

Nummer 34.1

Unterzug: Kein Unterzug

Wand: s.kl. Kletterschalung

Decke:

Stützen: Fertigteil

Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich –	– Kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 34.2  
Unterzug: Kein Unterzug

Wand: s.kl. Kletterschalung  
Decke:

Stützen: Fertigteil  
Treppe:

Kein Unterzug

Nummer 34.3  
Unterzug: Kein Unterzug

Wand: s.kl. Kletterschalung  
Decke: Konv.  
Deckenschalung

Stützen: Fertigteil  
Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke – Kern einfach – Schalungsanschluss Decke – Stütze einfach – Konstruktionsanschluss Decke – Stütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke – Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	–	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Gut in Takt integrierbar –	– Aufgrund separater Anfertigung aller Konstruktionselemente entsteht erhöhter Zeitbedarf
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Geringer Kraneinsatz – Keine Stillstandzeiten der Schalung – Klar getrennter Personaleinsatz möglich	–
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 35

**Wände:** Selbstkletternde Kletterschalung

**Stützen:** Fertigteil

**Unterzüge:** Kein Unterzug

**Decken:** Deckenschaltisch

**Treppen:** Fertigteil

### 35.1 Bauvorgang

Jedes Element wird unabhängig vom Anderen gefertigt. In der Reihenfolge Wände, Stützen, Unterzüge, Decken und Treppen.

### 35.2 Interaktionen

Nummer 35.1

Unterzug:

Wand: s.kl. Kletterschalung

Decke:

Stützen: Fertigteil

Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Gut in Takt integrierbar –	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich –	– Kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–



Nummer 35.2  
 Unterzug: Kein Unterzug

Wand: s.kl. Kletterschalung  
 Decke:

Stützen: Fertigteil  
 Treppe:

Kein Unterzug

Nummer 35.3  
 Unterzug: Kein Unterzug

Wand: s.kl. Kletterschalung  
 Decke: Deckenschaltisch

Stützen: Fertigteil  
 Treppe:

<b>Interaktionen</b>	<b>Vorteile</b>	<b>Nachteile</b>
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke – Stütze einfach – Schalungsanschluss Decke - Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke – Stütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke – Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	–	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Gut in Takt integrierbar –	– Aufgrund separater Anfertigung aller Konstruktionselemente entsteht stark erhöhter Zeitbedarf
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Keine Stillstandzeiten der Schalungen – Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Kranintensiv –
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 36

**Wände:** Selbstkletternde Kletterschalung

**Stützen:** Fertigteil

**Unterzüge:** Kein Unterzug

**Decken:** Fallkopfschalung

**Treppen:** Fertigteil

### 36.1 Bauvorgang

Jedes Element wird unabhängig vom Anderen gefertigt. In der Reihenfolge Wände, Stützen, Unterzüge, Decken und Treppen.

### 36.2 Interaktionen

Nummer 36.1

Unterzug:

Wand: s.kl. Kletterschalung

Decke:

Stützen: Fertigteil

Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 36.2  
 Unterzug: Kein Unterzug

Wand: s.kl. Kletterschalung  
 Decke:

Stützen: Fertigteil  
 Treppe:

Kein Unterzug

Nummer 36.3  
 Unterzug: Kein Unterzug

Wand: s.kl. Kletterschalung  
 Decke: Fallkopfschalung

Stützen: Fertigteil  
 Treppe:

<b>Interaktionen</b>	<b>Vorteile</b>	<b>Nachteile</b>
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Konstruktionsanschluss Decke – Stütze ist unkompliziert – Schalungsanschluss Decke - Stütze einfach – Schalungsanschluss Decke – Kern einfach	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke - Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	–	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Gut in Takt integrierbar –	– Aufgrund separater Anfertigung aller Konstruktionselemente entsteht stark erhöhter Zeitbedarf
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Geringer Kraneinsatz – Kein Stillstandzeiten der Schalungen – Klar getrennter Personaleinsatz möglich	–
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 37

**Wände:** Selbstkletternde Kletterschalung

**Stütze:** Halbfabrikat

**Unterzüge:** Grossflächenschalung

**Decken:** Konventionelle Deckenschalung

**Treppen:** Fertigteil

### 37.1 Bauvorgang

Die Wände werden zuerst erstellt. Parallel zueinander werden anschliessend die Stützen ausgerichtet und die Unterzüge geschalt. Stützen und Unterzüge werden gleichzeitig betoniert. In den folgenden Arbeitsschritten wird die Decke erstellt und zuletzt die Treppen versetzt.

### 37.2 Interaktionen

Nummer 37.1  
Unterzug:

Wand: s.kl. Kletterschalung  
Decke:

Stützen: Halbfabrikat  
Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Gegenseitig keine Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 37.2  
Unterzug: Grossflächensch.

Wand: s.kl. Kletterschalung  
Decke:

Stützen: Halbfabrikat  
Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Unterzug – Stütze einfach – Schalungsanschluss Unterzug – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Unterzugstütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Unterzug - Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine Betonierbühne für Stützen erforderlich	– Die temporären Spriesse der Halbfabrikate die Stützkonstruktion der Unterzugsschalung können sich gegenseitig behindern
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Zeitgewinn durch gleichzeitiges Betonieren der Unterzüge und Stützen	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 37.3  
Unterzug: Grossflächensch.

Wand: s.kl. Kletterschalung  
Decke: Konv. Deckenschalung

Stützen: Halbfabrikat  
Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke – Unterzug einfach – Schalungsanschluss Decke – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke – Unterzug unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke – Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	–	– Unterzug muss ausgeschalt sein, bevor Decke eingeschalt wird
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	– Aufgrund separater Anfertigung einiger Konstruktionselemente entsteht erhöhter Zeitbedarf
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Geringer Kraneinsatz – Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Stillstandzeit der Unterzugsschalung – Unterschiedliches Material für Decken- und Unterzugsschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 38

**Wände:** Selbstkletternde Kletterschalung

**Stütze:** Halbfabrikat

**Unterzüge:** Grossflächenschalung

**Decken:** Deckenschaltisch

**Treppen:** Fertigteil

### 38.1 Bauvorgang

Die Wände werden zuerst erstellt. Parallel zueinander werden anschliessend die Stützen ausgerichtet und die Unterzüge geschalt. Stützen und Unterzüge werden gleichzeitig betoniert. In den folgenden Arbeitsschritten wird die Decke erstellt und zuletzt die Treppen versetzt.

### 38.2 Interaktionen

Nummer 38.1  
Unterzug:

Wand: s.kl. Kletterschalung  
Decke:

Stützen: Halbfabrikat  
Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Gegenseitig keine Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 38.2  
 Unterzug: Grossflächensch.

Wand: s.kl. Kletterschalung  
 Decke:

Stützen: Halbfabrikat  
 Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Unterzug – Stütze einfach – Schalungsanschluss Unterzug – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Unterzug - Stütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Unterzug - Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine Betonierbühne für Stützen erforderlich	– Die temporären Spriesse der Halbfabrikate und die Stützkonstruktion der Unterzugsschalung können sich gegenseitig behindern
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Zeitgewinn durch gleichzeitiges Betonieren der Unterzüge und Stützen	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 38.3  
 Unterzug: Grossflächensch.

Wand: s.kl. Kletterschalung  
 Decke: Deckenschaltische

Stützen: Halbfabrikat  
 Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke - Unterzug einfach – Schalungsanschluss Decke – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke – Unterzug unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke - Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	–	– Unterzug muss ausgeschalt sein, bevor Decke eingeschalt wird
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	– Aufgrund separater Anfertigung einiger Konstruktionselemente entsteht erhöhter Zeitbedarf
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Deckenschaltisch für Unterzug kann für nachfolgende Deckenschalung verwendet werden – Gleiches Material für Decken- und Unterzugsschalung – Gleiche Arbeitsgruppe arbeitet mit gleichem Material für Decken und Unterzug – Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Kranintensiv – Stillstandzeit der Unterzugsschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 39

**Wände:** Selbstkletternde Kletterschalung

**Stütze:** Halbfabrikat

**Unterzüge:** Grossflächenschalung

**Decken:** Fallkopfschalung

**Treppen:** Fertigteil

### 39.1 Bauvorgang

Die Wände werden zuerst erstellt. Parallel zueinander werden anschliessend die Stützen ausgerichtet und die Unterzüge geschalt. Stützen und Unterzüge werden gleichzeitig betoniert. In den folgenden Arbeitsschritten wird die Decke erstellt und zuletzt die Treppen versetzt.

### 39.2 Interaktionen

Nummer 39.1  
Unterzug:

Wand: s.kl. Kletterschalung  
Decke:

Stützen: Halbfabrikat  
Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–



Nummer 39.2  
 Unterzug: Grossflächensch.

Wand: s.kl. Kletterschalung  
 Decke:

Stützen: Halbfabrikat  
 Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Unterzug – Stütze einfach – Schalungsanschluss Unterzug – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Unterzug - Stütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Unterzug - Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine Betonierbühne für Stützen erforderlich	– Die temporären Spriesse der Halbfabrikate und die Stützkonstruktionen der Unterzugsschalung können sich gegenseitig behindern
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Zeitgewinn durch gleichzeitiges Betonieren der Unterzüge und Stützen	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	–	– Kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 39.3  
 Unterzug: Grossflächensch.

Wand: s.kl. Kletterschalung  
 Decke: Fallkopfschalung

Stützen: Halbfabrikat  
 Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke – Unterzug einfach – Schalungsanschluss Decke – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke – Unterzug unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke - Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	–	– Unterzug muss ausgeschalt sein, bevor Decke eingeschalt wird
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	– Aufgrund separater Anfertigung einiger Konstruktionselemente entsteht erhöhter Zeitbedarf –
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Geringer Kraneinsatz – Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Stillstandzeit der Unterzugsschalung – Unterschiedliches Material für Decken- und Unterzugsschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 40

**Wände:** Selbstkletternde Kletterschalung

**Stütze:** Halbfabrikat

**Unterzüge:** Modulschalung

**Decken:** Konventionelle Deckenschalung

**Treppen:** Fertigteil

### 40.1 Bauvorgang

Die Wände werden zuerst erstellt. Parallel zueinander werden anschliessend die Stützen ausgerichtet und die Unterzüge sowie die Decken geschalt. Stützen, Unterzüge und Decken werden gleichzeitig betoniert. Im letzten Arbeitsschritt werden die Treppen versetzt.

### 40.2 Interaktionen

Nummer 40.1  
Unterzug:

Wand: s.kl. Kletterschalung  
Decke:

Stützen: Halbfabrikat  
Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Gegenseitig keine Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 40.2  
 Unterzug: Modulschalung

Wand: s.kl. Kletterschalung  
 Decke:

Stützen: Halbfabrikat  
 Treppe:

Decke, Unterzüge und Stützen werden zusammen gefertigt, siehe Nummer 40.3

Nummer 40.3  
 Unterzug: Modulschalung

Wand: s.kl. Kletterschalung  
 Decke: Konv.  
 Deckenschalung

Stützen: Fertigteil  
 Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Kern einfach – Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Stütze einfach – Konstruktionsanschluss Decke – Unterzug - Stütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke - Unterzug - Kern –
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine Betonierbühne für Stützen und Unterzüge erforderlich	– Die temporären Spriesse der Halbfabrikate und die Stützkonstruktionen der Unterzugschalung können sich gegenseitig behindern
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Gut in Takt integrierbar – Zeitgewinn durch gleichzeitiges Schalen bzw. Betonieren der Decke, Unterzüge und Stützen	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Geringer Kraneinsatz – Keine Stillstandzeiten der Schalung	– Erschwerte Personaltrennung – Unterschiedliches Material für Decken- und Unterzugschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 41

**Wände:** Selbstkletternde Kletterschalung

**Stütze:** Halbfabrikat

**Unterzüge:** Modulschalung

**Decken:** Deckenschaltisch

**Treppen:** Fertigteil

### 41.1 Bauvorgang

Die Wände werden zuerst erstellt. Parallel zueinander werden anschliessend die Stützen ausgerichtet und die Unterzüge sowie die Decken geschalt. Stützen, Unterzüge und Decken werden gleichzeitig betoniert. Im letzten Arbeitsschritt werden die Treppen versetzt.

### 41.2 Interaktionen

Nummer 41.1  
Unterzug:

Wand: s.kl. Kletterschalung  
Decke:

Stützen: Halbfabrikat  
Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Gegenseitig keine Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 41.2  
 Unterzug: Modulschalung

Wand: s.kl. Kletterschalung  
 Decke:

Stützen: Halbfabrikat  
 Treppe:

Decke, Unterzüge und Stützen werden zusammen gefertigt, siehe Nummer 41.3

Nummer 41.3  
 Unterzug: Modulschalung

Wand: s.kl. Kletterschalung  
 Decke: Deckenschaltisch

Stützen: Halbfabrikat  
 Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Stütze einfach – Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke - Unterzug – Stütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke/Unterzug - Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine Betonierbühne für Stützen und Unterzüge erforderlich	– Die temporären Spriesse der Halbfabrikate und die Stützkonstruktion der Unterzug- und Deckenschalung können sich gegenseitig behindern
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Gut in Takt integrierbar – Zeitgewinn durch gleichzeitiges Schalen bzw. Betonieren der Decke, Unterzüge und Stützen	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Keine Stillstandzeiten der Schalungen	– Kranintensiv – Erschwerte Personaltrennung – Unterschiedliches Material für Decken- und Unterzugschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 42

**Wände:** Selbstkletternde Kletterschalung

**Stütze:** Halbfabrikat

**Unterzüge:** Modulschalung

**Decken:** Fallkopfschalung

**Treppen:** Fertigteil

### 42.1 Bauvorgang

Die Wände werden zuerst erstellt. Parallel zueinander werden anschliessend die Stützen ausgerichtet und die Unterzüge sowie die Decken geschalt. Stützen, Unterzüge und Decken werden gleichzeitig betoniert. Im letzten Arbeitsschritt werden die Treppen versetzt.

### 42.2 Interaktionen

Nummer 42.1  
Unterzug:

Wand: s.kl. Kletterschalung  
Decke:

Stützen: Halbfabrikat  
Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Gegenseitig keine Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 42.2  
 Unterzug: Modulschalung

Wand: s.kl. Kletterschalung  
 Decke:

Stützen: Halbfabrikat  
 Treppe:

Decke, Unterzüge und Stützen werden zusammen gefertigt, siehe Nummer 42.3

Nummer 42.3  
 Unterzug: Modulschalung

Wand: s.kl. Kletterschalung  
 Decke: Fallkopfschalung

Stützen: Halbfabrikat  
 Treppe:

<b>Interaktionen</b>	<b>Vorteile</b>	<b>Nachteile</b>
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Stütze einfach – Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke - Unterzug – Stütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke/Unterzug – Kern – Verbindung Modul- Fallkopfschalung ist problematisch
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine Betonierbühne für Stützen und Unterzüge erforderlich	– Die temporären Spriesse der Halbfabrikate und die Stützkonstruktion der Unterzug- und Deckenschalung können sich gegenseitig behindern
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Gut in Takt integrierbar – Zeitgewinn durch gleichzeitiges Schalen bzw. Betonieren der Decke, Unterzüge und Stützen	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Keine Stillstandzeiten der Schalungen – Geringer Kraneinsatz	– Erschwerte Personaltrennung – Unterschiedliches Material für Decken- und Unterzugschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 43

**Wände:** Selbstkletternde Kletterschalung

**Stütze:** Halbfabrikat

**Unterzüge:** Rahmenschalung

**Decken:** Konventionelle Deckenschalung

**Treppen:** Fertigteil

### 43.1 Bauvorgang

Die Wände werden zuerst erstellt. Parallel zueinander werden anschliessend die Stützen ausgerichtet und die Unterzüge sowie die Decken geschalt. Stützen, Unterzüge und Decken werden gleichzeitig betoniert. Im letzten Arbeitsschritt werden die Treppen versetzt.

### 43.2 Interaktionen

Nummer 43.1  
Unterzug:

Wand: s.kl. Kletterschalung  
Decke:

Stützen: Halbfabrikat  
Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Gegenseitig keine Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–



Nummer 43.2                      Wand: s.kl. Kletterschalung              Stützen: Halbfabrikat  
 Unterzug: Rahmenschalung      Decke:                                      Treppe:

Decke, Unterzüge und Stützen werden zusammen gefertigt, siehe Nummer 43.3

Nummer 43.3                      Wand: s.kl. Kletterschalung              Stützen: Halbfabrikat  
 Unterzug: Rahmenschalung      Decke:                                      Konv. Treppe:  
 Deckenschalung

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Kern einfach – Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Stütze einfach – Konstruktionsanschluss Decke – Unterzug - Stütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke/Unterzug – Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine Betonierbühne für Stützen und Unterzüge erforderlich	– Die temporären Spriesse der Halbfabrikate und die Stützkonstruktionen der Unterzugschalung können sich gegenseitig behindern – Im Übergangsbereich Decke/Unterzug gegenseitige Behinderung der Schalungssysteme
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Gut in Takt integrierbar – Zeitgewinn durch gleichzeitiges Schalen bzw. Betonieren der Decke, Unterzüge und Stützen	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Geringer Kraneinsatz – Keine Stillstandzeiten der Schalung	– Erschwerte Personaltrennung – Unterschiedliches Material für Decken- und Unterzugschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 44

**Wände:** Selbstkletternde Kletterschalung

**Stütze:** Halbfabrikat

**Unterzüge:** Rahmenschalung

**Decken:** Deckenschaltisch

**Treppen:** Fertigteil

### 44.1 Bauvorgang

Die Wände werden zuerst erstellt. Parallel zueinander werden anschliessend die Stützen ausgerichtet und die Unterzüge sowie die Decken geschalt. Stützen, Unterzüge und Decken werden gleichzeitig betoniert. Im letzten Arbeitsschritt werden die Treppen versetzt.

### 44.2 Interaktionen

Nummer 44.1  
Unterzug:

Wand: s.kl. Kletterschalung  
Decke:

Stützen: Halbfabrikat  
Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Gegenseitig keine Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 44.2                      Wand: s.kl. Kletterschalung              Stützen: Halbfabrikat  
 Unterzug: Rahmenschalung      Decke:                                      Treppe:

Decke, Unterzüge und Stützen werden zusammen gefertigt, siehe Nummer 44.3

Nummer 44.3                      Wand: s.kl Kletterschalung              Stützen: Halbfabrikat  
 Unterzug: Rahmenschalung      Decke: Deckenschaltisch              Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Stütze einfach – Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke - Unterzug – Stütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke/Unterzug - Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine Betonierbühne für Stützen und Unterzüge erforderlich	– Im Übergangsbereich Decke/Unterzug gegenseitige Behinderung der Schalungssysteme – Die temporären Spriesse der Halbfabrikate die Stützkonstruktion der Unterzugsschalung können sich gegenseitig behindern
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Zeitgewinn durch gleichzeitiges Schalen bzw. Betonieren der Decke, Unterzüge und Stützen – Gut in Takt integrierbar	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Keine Stillstandzeiten der Schalungen	– Kranintensiv – Erschwerte Personaltrennung – Unterschiedliches Material für Decken- und Unterzugsschalung –
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 45

**Wände:** Selbstkletternde Kletterschalung

**Stütze:** Halbfabrikat

**Unterzüge:** Rahmenschalung

**Decken:** Fallkopfschalung

**Treppen:** Fertigteil

### 45.1 Bauvorgang

Die Wände werden zuerst erstellt. Parallel zueinander werden anschliessend die Stützen ausgerichtet und die Unterzüge geschalt. Stützen und Unterzüge werden gleichzeitig betoniert. In den folgenden Arbeitsschritten wird die Decke erstellt und zuletzt die Treppen versetzt.

### 45.2 Interaktionen

Nummer 45.1  
Unterzug:

Wand: s.kl. Kletterschalung  
Decke:

Stützen: Halbfabrikat  
Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Gegenseitig keine Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 45.2  
 Unterzug: Rahmenschalung

Wand: s.kl. Kletterschalung  
 Decke:

Stützen: Halbfabrikat  
 Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Unterzug – Stütze einfach – Schalungsanschluss Unterzug – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Unterzug – Stütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Unterzug - Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine Betonierbühne für Stützen erforderlich	– Die temporären Spriesse der Halbfabrikate und die Stützkonstruktionen der Unterzüge können sich gegenseitig behindern
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Zeitgewinn durch gleichzeitiges Betonieren von Unterzüge und Stützen	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 45.3  
 Unterzug: Rahmenschalung

Wand: s.kl. Kletterschalung  
 Decke: Fallkopfschalung

Stützen: Halbfabrikat  
 Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke - Unterzug einfach – Schalungsanschluss Decke – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke - Unterzug unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke - Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	–	– Unterzug muss ausgeschalt sein, bevor Decke eingeschalt wird
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	– Aufgrund separater Anfertigung einiger Konstruktionselemente entsteht erhöhter Zeitbedarf
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Geringer Kraneinsatz – Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Unterschiedliches Material für Decken- und Unterzugsschalung – Stillstandzeit für Unterzugsschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 46

**Wände:** Selbstkletternde Kletterschalung

**Stütze:** Halbfabrikat

**Unterzüge:** Kein Unterzug

**Decken:** Konventionelle Deckenschalung

**Treppen:** Fertigteil

### 46.1 Bauvorgang

Die Wände werden zuerst erstellt. Parallel zueinander werden anschliessend die Stützen ausgerichtet und die Decken geschalt. Stützen und Decken werden gleichzeitig betoniert. Im letzten Arbeitsschritt werden die Treppen versetzt.

### 46.2 Interaktionen

Nummer 46.1  
Unterzug:

Wand: s.kl. Kletterschalung  
Decke:

Stützen: Halbfabrikat  
Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Gegenseitig keine Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 46.2  
Unterzug: Kein Unterzug

Wand: s.kl. Kletterschalung  
Decke:

Stützen: Halbfabrikat  
Treppe:

Kein Unterzug

Nummer 46.3  
Unterzug: Kein Unterzug

Wand: s.kl. Kletterschalung  
Decke: Konv.  
Deckenschalung

Stützen: Halbfabrikat  
Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke – Kern einfach – Schalungsanschluss Decke – Stütze einfach – Konstruktionsanschluss Decke – Stütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke – Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine Betonierbühne für Stützen erforderlich	– Die temporären Spriesse der Halbfabrikate und die Stützkonstruktionen der Deckenschalung können sich gegenseitig behindern
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Gut in Takt integrierbar – Zeitgewinn durch gleichzeitiges Betonieren der Decke und Stützen	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Geringer Kraneinsatz – Keine Stillstandzeiten der Schalung –	– Erschwerte Personaltrennung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 47

**Wände:** Selbstkletternde Kletterschalung

**Stütze:** Halbfabrikat

**Unterzüge:** Kein Unterzug

**Decken:** Deckenschaltisch

**Treppen:** Fertigteil

### 47.1 Bauvorgang

Die Wände werden zuerst erstellt. Parallel zueinander werden anschliessend die Stützen ausgerichtet und die Decken geschalt. Stützen und Decken werden gleichzeitig betoniert. Im letzten Arbeitsschritt werden die Treppen versetzt.

### 47.2 Interaktionen

Nummer 47.1  
Unterzug:

Wand: s.kl. Kletterschalung  
Decke:

Stützen: Halbfabrikat  
Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Gegenseitig keine Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Kranintensiv –
<b>Weiteres</b>	–	–



Nummer 47.2  
Unterzug: Kein Unterzug

Wand: s.kl. Kletterschalung  
Decke:

Stützen: Halbfabrikat  
Treppe:

Kein Unterzug

Nummer 47.3  
Unterzug: Kein Unterzug

Wand: s.kl Kletterschalung  
Decke: Deckenschaltisch

Stützen: Halbfabrikat  
Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke – Stütze einfach – Schalungsanschluss Decke – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke – Stütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke - Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine Betonierbühne für Stützen erforderlich	– Die temporären Spriesse der Halbfabrikate die Stützkonstruktion der Deckenschalung können sich gegenseitig behindern
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Zeitgewinn durch gleichzeitiges Betonieren der Decke und Stützen – Gut in Takt integrierbar	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Keine Stillstandzeiten der Schalungen	– Kranintensiv – Erschwerte Personaltrennung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 48

**Wände:** Selbstkletternde Kletterschalung

**Stütze:** Halbfabrikat

**Unterzüge:** Kein Unterzug

**Decken:** Fallkopfschalung

**Treppen:** Fertigteil

### 48.1 Bauvorgang

Die Wände werden zuerst erstellt. Parallel zueinander werden anschliessend die Stützen ausgerichtet und die Decke geschalt. Stützen und Decken werden gleichzeitig betoniert. Im letzten Arbeitsschritt werden die Treppen versetzt.

### 48.2 Interaktionen

Nummer 48.1  
Unterzug:

Wand: s.kl. Kletterschalung  
Decke:

Stützen: Halbfabrikat  
Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Gegenseitig keine Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 48.2  
Unterzug: Kein Unterzug

Wand: s.kl. Kletterschalung  
Decke:

Stützen: Halbfabrikat  
Treppe:

Kein Unterzug

Nummer 48.3  
Unterzug: Kein Unterzug

Wand: s.kl. Kletterschalung  
Decke: Fallkopfschalung

Stützen: Halbfabrikat  
Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke - Stütze einfach – Schalungsanschluss Decke – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke - Stütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke - Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	–	– Die temporären Spriesse der Halbfabrikate und die Stützkonstruktion der Deckenschalung können sich gegenseitig behindern
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Zeitgewinn durch gleichzeitiges Betonieren der Decke und Stützen – Gut in Takt integrierbar	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Geringer Kraneinsatz – Keine Stillstandzeiten der Schalungen	– Erschwerte Personaltrennung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 49

**Wände:** Nicht Selbstkletternde Kletterschalung

**Stütze:** Fertigteil

**Unterzüge:** Grossflächenschalung

**Decken:** Konventionelle Deckenschalung

**Treppen:** Fertigteil

### 49.1 Bauvorgang

Jedes Element wird unabhängig vom Anderen gefertigt. In der Reihenfolge Wände, Stützen, Unterzüge, Decken und Treppen.

### 49.2 Interaktionen

Nummer 49.1                      Wand:            n.            s.kl.    Stützen: Fertigteil  
 Unterzug:                      Decke:                                      Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatzmöglich	– Sehr kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 49.2

Wand: n.

s.kl.

Stützen: Fertigteil

Unterzug: Grossflächensch.

Kletterschalung

Decke:

Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Unterzug - Stütze einfach – Schalungsanschluss Unterzug – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Unterzug - Stütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Unterzug - Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Sehr kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 49.3

Wand: s.kl. Kletterschalung

Stützen: Fertigteil

Unterzug: Grossflächensch.

Decke:

Konv.

Treppe:

Deckenschalung

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke – Unterzug einfach – Schalungsanschluss Decke – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke – Unterzug unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke – Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	–	– Unterzug muss ausgeschalt sein, bevor Decke eingeschalt wird
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	– Aufgrund separater Anfertigung aller Konstruktionselemente entsteht stark erhöhter Zeitbedarf – Schlecht in Takt integrierbar
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Stillstandzeit der Unterzugschalung – Unterschiedliches Material für Decken- und Unterzugschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 50

- Wände:** Nicht Selbstkletternde Kletterschalung
- Stütze:** Fertigteil
- Unterzüge:** Grossflächenschalung
- Decken:** Deckenschaltisch
- Treppen:** Fertigteil

### 50.1 Bauvorgang

Jedes Element wird unabhängig vom Anderen gefertigt. In der Reihenfolge Wände, Stützen, Unterzüge, Decken und Treppen.

### 50.2 Interaktionen

Nummer 50.1                      Wand: n.                      s.kl.      Stützen: Fertigteil  
 Kletterschalung  
 Unterzug:                      Decke:                      Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich –	– Sehr kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 50.2                      Wand:            n.                      s.kl.    Stützen: Fertigteil  
 Unterzug: Grossflächensch.    Kletterschalung  
     Decke:    Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Unterzug - Stütze einfach – Schalungsanschluss Unterzug – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Unterzug - Stütze unkompliziert	– Aufwändige Konstruktionsanschluss Unterzug - Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Sehr kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 50.3                      Wand:            n.                      s.kl.    Stützen: Fertigteil  
 Unterzug: Grossflächensch.    Kletterschalung  
     Decke: Deckenschaltische    Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke - Unterzug ist einfach – Schalungsanschluss Decke – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke – Unterzug ist unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke – Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	–	– Unterzug muss ausgeschalt sein, bevor Decke eingeschalt wird
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	– Aufgrund separater Anfertigung aller Konstruktionselemente entsteht stark erhöhter Zeitbedarf – Schlecht in Takt integrierbar
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Deckenschaltisch von Unterzug kann bei Deckenschalung wieder verwendet werden – Gleiches Material für Unterzug- und Deckenschalung – Gleiche Arbeitsgruppe arbeitet mit gleichem Material für Decke und Unterzüge – Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Sehr kranintensiv – Stillstandzeiten der Unterzugschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 51

**Wände:** Nicht Selbstkletternde Kletterschalung

**Stütze:** Fertigteil

**Unterzüge:** Grossflächenschalung

**Decken:** Fallkopfschalung

**Treppen:** Fertigteil

### 51.1 Bauvorgang

Jedes Element wird unabhängig vom Anderen gefertigt. In der Reihenfolge Wände, Stützen, Unterzüge, Decken und Treppen.

### 51.2 Interaktionen

Nummer 51.1                      Wand:            n.            s.kl.    Stützen: Fertigteil  
 Unterzug:                      Decke:                                      Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich –	– Sehr kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–



Nummer 51.2

Wand: n.

s.kl.

Stützen: Fertigteil

Unterzug: Grossflächensch.

Kletterschalung

Decke:

Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Unterzug - Stütze einfach – Schalungsanschluss Unterzug – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Unterzug - Stütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Unterzug - Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich –	– Sehr kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 51.3

Wand: n.

s.kl.

Stützen: Fertigteil

Unterzug: Grossflächensch.

Kletterschalung

Decke: Fallkopfschalung

Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Konstruktionsanschluss Decke – Unterzug unkompliziert – Schalungsanschluss Decke - Unterzug einfach – Schalungsanschluss Decke - Kern einfach	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke - Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	–	– Unterzug muss ausgeschalt sein, bevor Decke eingeschalt wird
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	– Aufgrund separater Anfertigung aller Konstruktionselemente entsteht stark erhöhter Zeitbedarf – Schlecht in Takt integrierbar
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Unterschiedliches Material für Decken- und Unterzugschalung – Stillstandzeit der Unterzugschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 52

- Wände:** Nicht Selbstkletternde Kletterschalung
- Stütze:** Fertigteil
- Unterzüge:** Modulschalung
- Decken:** Konventionelle Deckenschalung
- Treppen:** Fertigteil

### 52.1 Bauvorgang

Wände und Stützen werden zuerst und unabhängig voneinander gefertigt. Anschliessend werden Decken und Unterzüge zusammen geschalt und betoniert. Zum Schluss werden die Fertigteiltreppen versetzt.

### 52.2 Interaktionen

Nummer 52.1                      Wand:                      n.                      s.kl.    Stützen: Fertigteil  
 Unterzug:                      Kletterschalung  
     Decke:                      Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich –	– Sehr kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 52.2                      Wand:            n.                      s.kl.   Stützen: Fertigteil  
Kletterschalung  
Unterzug: Grossflächensch.    Decke:                                      Treppe:

Decke und Unterzüge werden zusammen gefertigt, siehe Nummer 52.3

Nummer 52.3                      Wand: s.kl. Kletterschalung    Stützen: Fertigteil  
Unterzug: Grossflächensch.    Decke:                                      Konv.   Treppe:  
Deckenschalung

<b>Interaktionen</b>	<b>Vorteile</b>	<b>Nachteile</b>
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Stütze einfach – Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke/Unterzug – Stütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke/Unterzug – Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine Betonierbühne für Unterzüge erforderlich	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Gut in Takt integrierbar – Zeitgewinn durch gleichzeitiges Schalen und Betonieren der Unterzüge und Decken	– Aufgrund separater Anfertigung einiger Konstruktionselemente entsteht erhöhter Zeitbedarf
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Geringer Kraneinsatz – Keine Stillstandzeiten der Schalung	– Erschwerte Personaltrennung – Unterschiedliches Material für Decken- und Unterzugschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 53

**Wände:** Nicht Selbstkletternde Kletterschalung

**Stützen:** Fertigteil

**Unterzüge:** Modulschalung

**Decken:** Deckenschaltisch

**Treppen:** Fertigteil

### 53.1 Bauvorgang

Wände und Stützen werden zuerst und unabhängig voneinander gefertigt. Anschliessend werden Decken und Unterzüge zusammen geschalt und betoniert. Zum Schluss werden die Fertigteiltreppen versetzt.

### 53.2 Interaktionen

Nummer 53.1

Wand: n.  
Kletterschalung

s.kl. Stützen: Fertigteil

Unterzug:

Decke:

Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich –	– Sehr kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 53.2                      Wand:            n.                      s.kl.    Stützen: Fertigteil  
 Kletterschalung  
 Unterzug: Modulschalung      Decke:                                      Treppe:

Decke und Unterzüge werden zusammen gefertigt, siehe Nummer 53.3

Nummer 53.3                      Wand:            n.                      s.kl.    Stützen: Fertigteil  
 Kletterschalung  
 Unterzug: Modulschalung      Decke: Deckenschaltisch              Treppe:

<b>Interaktionen</b>	<b>Vorteile</b>	<b>Nachteile</b>
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Stütze einfach – Schalungsanschluss Decke/Unterzug - Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke/Unterzug – Stütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke/Unterzug – Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung – Keine Betonierbühne für Unterzüge erforderlich	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Gut in Takt integrierbar – Zeitgewinn durch gleichzeitiges Schalen und Betonieren von Unterzüge und Decke	– Aufgrund separater Anfertigung einiger Konstruktionselemente entsteht erhöhter Zeitbedarf
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Keine Stillstandzeit der Schalung	– Sehr kranintensiv – Unterschiedliches Material für Decken- und Unterzugschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 54

**Wände:** Nicht Selbstkletternde Kletterschalung

**Stütze:** Fertigteil

**Unterzüge:** Modulschalung

**Decken:** Fallkopfschalung

**Treppen:** Fertigteil

### 54.1 Bauvorgang

Wände und Stützen werden zuerst und unabhängig voneinander gefertigt. Anschliessend werden Decken und Unterzüge zusammen geschalt und betoniert. Zum Schluss werden die Fertigteiltreppen versetzt.

### 54.2 Interaktionen

Nummer 54.1                      Wand:            n.                      s.kl.    Stützen: Fertigteil  
 Unterzug:                      Kletterschalung  
     Decke:                                      Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich –	– Sehr kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 54.2                      Wand:            n.                      s.kl.    Stützen: Fertigteil  
 Kletterschalung  
 Unterzug: Modulschalung      Decke:                                      Treppe:

Decke und Unterzüge werden zusammen gefertigt, siehe Nummer 54.3

Nummer 54.3                      Wand:            n.                      s.kl.    Stützen: Fertigteil  
 Kletterschalung  
 Unterzug: Modulschalung      Decke: Fallkopfschalung              Treppe:

<b>Interaktionen</b>	<b>Vorteile</b>	<b>Nachteile</b>
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Stütze einfach – Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke/Unterzug – Stütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke/Unterzug – Kern – Verbindung Modul- Fallkopfschalung ist problematisch
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung – Keine Betonierbühne für Unterzüge erforderlich	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Gut in Takt integrierbar – Zeitgewinn durch gleichzeitiges Schalen und Betonieren von Unterzügen und Decke	– Aufgrund separater Anfertigung einiger Konstruktionselemente entsteht erhöhter Zeitbedarf –
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Keine Stillstandzeit der Schalung	– Unterschiedliches Material für Decken- und Unterzugschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 55

**Wände:** Nicht Selbstkletternde Kletterschalung

**Stütze:** Fertigteil

**Unterzüge:** Rahmenschalung

**Decken:** Konventionelle Deckenschalung

**Treppen:** Fertigteil

### 55.1 Bauvorgang

Wände und Stützen werden zuerst und unabhängig voneinander gefertigt. Anschliessend werden Decken und Unterzüge zusammen geschalt und betoniert. Zum Schluss werden die Fertigteiltreppen versetzt.

### 55.2 Interaktionen

Nummer 55.1                      Wand:            n.                      s.kl.    Stützen: Fertigteil  
     Kletterschalung  
 Unterzug:                      Decke:                                      Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich –	– Sehr kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–



Nummer 55.2                      Wand:            n.                      s.kl.    Stützen: Fertigteil  
 Kletterschalung  
 Unterzug: Rahmenschalung    Decke:                                      Treppe:

Decke und Unterzüge werden zusammen gefertigt, siehe Nummer 55.3

Nummer 55.3                      Wand:            n.                      s.kl.    Stützen: Fertigteil  
 Kletterschalung  
 Unterzug: Rahmenschalung    Decke:                      Konv.    Treppe:  
 Deckenschalung

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Stütze einfach – Schalungsanschluss Decke/Unterzug - Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke/Unterzug – Stütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke/Unterzug – Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine Betonierbühne für Unterzüge erforderlich	– Im Übergangsbereich Decke – Unterzug gegenseitige Behinderung der Schalungssysteme
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Gut in Takt integrierbar – Zeitgewinn durch gleichzeitige Schalen und Betonieren der Unterzüge und Decke	– Aufgrund separater Anfertigung einiger Konstruktionselemente entsteht erhöhter Zeitbedarf
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Keine Stillstandzeiten der Schalung	– Sehr kranintensiv – Erschwerte Personaltrennung – Unterschiedliches Material für Decken- und Unterzugschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 56

**Wände:** Nicht Selbstkletternde Kletterschalung

**Stütze:** Fertigteil

**Unterzüge:** Rahmenschalung

**Decken:** Deckenschaltisch

**Treppen:** Fertigteil

### 56.1 Bauvorgang

Wände und Stützen werden zuerst und unabhängig voneinander gefertigt. Anschliessend werden Decken und Unterzüge zusammen geschalt und betoniert. Zum Schluss werden die Fertigteiltreppen versetzt.

### 56.2 Interaktionen

Nummer 56.1                      Wand:            n.                      s.kl.    Stützen: Fertigteil  
 Unterzug:                      Kletterschalung  
     Decke:                                      Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich –	– Sehr kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 56.2                      Wand:            n.                      s.kl.    Stützen: Fertigteil  
 Kletterschalung  
 Unterzug: Rahmenschalung    Decke:                                      Treppe:

Decke und Unterzüge werden zusammen gefertigt, siehe Nummer 56.3

Nummer 56.3                      Wand:            n.                      s.kl.    Stützen: Fertigteil  
 Kletterschalung  
 Unterzug: Rahmenschalung    Decke: Deckenschaltisch              Treppe:

<b>Interaktionen</b>	<b>Vorteile</b>	<b>Nachteile</b>
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Stütze einfach – Schalungsanschluss Decke/Unterzug - Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke/Unterzug – Stütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke/Unterzug – Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine Betonierbühne für Unterzüge erforderlich	– Im Übergangsbereich Decke – Unterzug gegenseitige Behinderung der Schalungssysteme
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Gut in Takt integrierbar – Zeitgewinn durch gleichzeitige Schalen und Betonieren der Unterzüge und Decke	– Aufgrund separater Anfertigung einiger Konstruktionselemente entsteht erhöhter Zeitbedarf –
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Keine Stillstandzeiten der Schalung	– Sehr kranintensiv – Unterschiedliches Material für Decken- und Unterzugschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 57

**Wände:** Nicht Selbstkletternde Kletterschalung

**Stütze:** Fertigteil

**Unterzüge:** Rahmenschalung

**Decken:** Fallkopfschalung

**Treppen:** Fertigteil

### 57.1 Bauvorgang

Jedes Element wird unabhängig vom Anderen gefertigt. In der Reihenfolge Wände, Stützen, Unterzüge, Decken und Treppen.

### 57.2 Interaktionen

Nummer 57.1                      Wand:            n.            s.kl.    Stützen: Fertigteil  
 Unterzug:                        Decke:    Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich –	– Sehr kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 57.2  
 Unterzug: Rahmenschalung

Wand: s.kl. Kletterschalung  
 Decke:

Stützen: Fertigteil  
 Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Unterzug – Stütze einfach – Schalungsanschluss Unterzug - Kern einfach – Konstruktionsanschluss Unterzug – Stütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Unterzug - Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	–	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar trennbarer Personaleinsatz möglich	– Sehr kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 57.3  
 Unterzug: Rahmenschalung

Wand: n. s.kl. Kletterschalung  
 Decke: Fallkopfschalung

Stützen: Fertigteil  
 Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Konstruktionsanschluss Decke – Unterzug ist unkompliziert – Schalungsanschluss Decke - Unterzug einfach – Schalungsanschluss Decke – Kern einfach	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke - Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	–	– Unterzug muss ausgeschalt sein, bevor Decke eingeschalt wird
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	– Aufgrund separater Anfertigung aller Konstruktionselemente entsteht stark erhöhter Zeitbedarf – Schlecht in Takt integrierbar
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Unterschiedliches Material für Decken- und Unterzugschalung – Stillstandzeit der Unterzugschalung –
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 58

**Wände:** Nicht Selbstkletternde Kletterschalung

**Stütze:** Fertigteil

**Unterzüge:** Kein Unterzug

**Decken:** Konventionelle Deckenschalung

**Treppen:** Fertigteil

### 58.1 Bauvorgang

Jedes Element wird unabhängig vom Anderen gefertigt. In der Reihenfolge Wände, Stützen, Unterzüge, Decken und Treppen.

### 58.2 Interaktionen

Nummer 58.1                      Wand:            n.            s.kl.    Stützen: Fertigteil  
 Unterzug:                      Decke:                                      Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Sehr kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 58.2                      Wand:            n.                      s.kl.    Stützen: Fertigteil  
 Kletterschalung  
 Unterzug: Kein Unterzug      Decke:                                      Treppe:  
 Kein Unterzug

Nummer 58.3                      Wand:            n.                      s.kl.    Stützen: Fertigteil  
 Kletterschalung  
 Unterzug: Kein Unterzug      Decke:                      Konv.    Treppe:  
 Deckenschalung

<b>Interaktionen</b>	<b>Vorteile</b>	<b>Nachteile</b>
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke – Stütze einfach – Schalungsanschluss Decke - Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke – Stütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke – Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	–	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Gut in Takt integrierbar	– Aufgrund separater Anfertigung aller Konstruktionselemente entsteht stark erhöhter Zeitbedarf
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Keine Stillstandzeiten der Schalung – Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Kranintensiv –
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 59

**Wände:** Nicht Selbstkletternde Kletterschalung

**Stütze:** Fertigteil

**Unterzüge:** Kein Unterzug

**Decken:** Deckenschaltisch

**Treppen:** Fertigteil

### 59.1 Bauvorgang

Jedes Element wird unabhängig vom Anderen gefertigt. In der Reihenfolge Wände, Stützen, Unterzüge, Decken und Treppen.

### 59.2 Interaktionen

Nummer 59.1                      Wand:            n.            s.kl.    Stützen: Fertigteil  
 Unterzug: Kein Unterzug      Kletterschalung  
     Decke:                                      Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Sehr kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–



Nummer 59.2                      Wand:            n.                      s.kl.    Stützen: Fertigteil  
 Kletterschalung  
 Unterzug: Rahmenschalung    Decke:    Treppe:  
 Kein Unterzug

Nummer 59.3                      Wand:            n.                      s.kl.    Stützen: Fertigteil  
 Kletterschalung  
 Unterzug: Rahmenschalung    Decke: Deckenschaltisch                      Treppe:

<b>Interaktionen</b>	<b>Vorteile</b>	<b>Nachteile</b>
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke – Stütze einfach – Schalungsanschluss Decke - Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke – Stütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke – Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	–	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Gut in Takt integrierbar	– Aufgrund separater Anfertigung aller Konstruktionselemente entsteht stark erhöhter Zeitbedarf
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Keine Stillstandzeiten der Schalungen – Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Sehr kranintensiv –
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 60

**Wände:** Nicht Selbstkletternde Kletterschalung

**Stütze:** Fertigteil

**Unterzüge:** Kein Unerzug

**Decken:** Fallkopfschalung

**Treppen:** Fertigteil

### 60.1 Bauvorgang

Jedes Element wird unabhängig vom Anderen gefertigt. In der Reihenfolge Wände, Stützen, Unterzüge, Decken und Treppen.

### 60.2 Interaktionen

Nummer 60.1                      Wand:            n.                      s.kl.    Stützen: Fertigteil  
     Kletterschalung  
 Unterzug:                      Decke:                                      Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Sehr kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 60.2  
 Unterzug: Kein Unterzug

Wand: s.kl. Kletterschalung  
 Decke:

Stützen: Fertigteil  
 Treppe:

Kein Unterzug

Nummer 60.3  
 Unterzug: Kein Unterzug

Wand: n. s.kl. Kletterschalung  
 Decke: Fallkopfschalung

Stützen: Fertigteil  
 Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Konstruktionsanschluss Decke – Stütze ist unkompliziert – Schalungsanschluss Decke - Stütze einfach – Schalungsanschluss Decke – Kern einfach	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke - Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	–	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Gut in Takt integrierbar	– Aufgrund separater Anfertigung aller Konstruktionselemente entsteht stark erhöhter Zeitbedarf
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Keine Stillstandzeiten der Schalung – Klar getrennter Personaleinsatz möglich	–
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 61

**Wände:** Nicht selbstkletternde Kletterschalung

**Stütze:** Halbfabrikat

**Unterzüge:** Grossflächenschalung

**Decken:** Konventionelle Deckenschalung

**Treppen:** Fertigteil

### 61.1 Bauvorgang

Die Wände werden zuerst erstellt. Parallel zueinander werden anschliessend die Stützen ausgerichtet und die Unterzüge geschalt. Stützen und Unterzüge werden gleichzeitig betoniert. In den folgenden Arbeitsschritten wird die Decke erstellt und zuletzt die Treppen versetzt.

### 61.2 Interaktionen

Nummer 61.1

Wand: n.  
Kletterschalung

s.kl. Stützen: Halbfabrikat

Unterzug:

Decke:

Treppe:

<b>Interaktionen</b>	<b>Vorteile</b>	<b>Nachteile</b>
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Gegenseitig keine Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	Sehr kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 61.2                      Wand:            n.                      s.kl.    Stützen: Halbfabrikat  
 Unterzug: Grossflächensch.    Kletterschalung  
     Decke:    Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Unterzug – Stütze einfach – Schalungsanschluss Unterzug – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Unterzug - Stütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Unterzug - Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine Betonierbühne für Stützen erforderlich	– Die temporären Spriesse der Halbfabrikate die Stützkonstruktion der Unterzugsschalung können sich gegenseitig behindern
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Zeitgewinn durch gleichzeitiges Betonieren der Unterzüge und Stützen	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Sehr kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 61.3                      Wand:            n.                      s.kl.    Stützen: Halbfabrikat  
 Unterzug: Grossflächensch.    Kletterschalung  
     Decke:                      Konv.    Treppe:  
     Deckenschalung

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke - Unterzug einfach – Schalungsanschluss Decke – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke – Unterzug ist unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke - Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	–	– Unterzug muss ausgeschalt sein, bevor Decke eingeschalt wird
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	– Aufgrund separater Anfertigung einiger Konstruktionselemente entsteht erhöhter Zeitbedarf
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Unterschiedliches Material für Decken- und Unterzugsschalung – Stillstandzeit der Unterzugsschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 62

**Wände:** Nicht Selbstkletternde Kletterschalung

**Stütze:** Halbfabrikat

**Unterzüge:** Grossflächenschalung

**Decken:** Deckenschaltisch

**Treppen:** Fertigteil

### 62.1 Bauvorgang

Die Wände werden zuerst erstellt. Parallel zueinander werden anschliessend die Stützen ausgerichtet und die Unterzüge geschalt. Stützen und Unterzüge werden gleichzeitig betoniert. In den folgenden Arbeitsschritten wird die Decke erstellt und zuletzt die Treppen versetzt.

### 62.2 Interaktionen

Nummer 62.1                      Wand:            n.                      s.kl.    Stützen: Halbfabrikat  
 Unterzug:                      Kletterschalung  
     Decke:                                      Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Sehr kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 62.2                    Wand:            n.            s.kl.   Stützen: Halbfabrikat  
 Unterzug: Grossflächensch.    Kletterschalung  
 Decke:    Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Unterzug – Stütze einfach – Schalungsanschluss Unterzug – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Unterzug - Stütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Unterzug - Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine Betonierbühne für Stützen erforderlich	– Die temporären Spriesse der Halbfabrikate und die Stützkonstruktion der Unterzugsschalung können sich gegenseitig behindern
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Zeitgewinn durch gleichzeitiges Betonieren der Unterzüge und Stützen	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Sehr kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 62.3                    Wand:            n.            s.kl.   Stützen: Halbfabrikat  
 Unterzug: Grossflächensch.    Kletterschalung  
 Decke: Deckenschaltische    Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke - Unterzug einfach – Schalungsanschluss Decke – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke – Unterzug unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke - Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	–	– Unterzug muss ausgeschalt sein, bevor Decke eingeschalt wird
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Deckenschaltisch für Unterzug kann für nachfolgende Deckenschalung verwendet werden – Gleiches Material für Decken- und Unterzugsschalung – Gleiche Arbeitsgruppe arbeitet mit gleichem Material für Decken und Unterzug – Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Sehr kranintensiv – Stillstandzeit der Unterzugsschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 63

**Wände:** Nicht Selbstkletternde Kletterschalung

**Stütze:** Halbfabrikat

**Unterzüge:** Grossflächenschalung

**Decken:** Fallkopfschalung

**Treppen:** Fertigteil

### 63.1 Bauvorgang

Die Wände werden zuerst erstellt. Parallel zueinander werden anschliessend die Stützen ausgerichtet und die Unterzüge geschalt. Stützen und Unterzüge werden gleichzeitig betoniert. In den folgenden Arbeitsschritten wird die Decke erstellt und zuletzt die Treppen versetzt.

### 63.2 Interaktionen

Nummer 63.1                      Wand:             n.                    s.kl. Stützen: Halbfabrikat  
Kletterschalung  
Unterzug:                      Decke:    Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Sehr kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–



Nummer 63.2                      Wand:            n.                      s.kl.    Stützen: Halbfabrikat  
 Kletterschalung  
 Unterzug: Grossflächensch.    Decke:                      Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Unterzug – Stütze einfach – Schalungsanschluss Unterzug – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Unterzugstütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Unterzug - Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine Betonierbühne für Stützen erforderlich	– Die temporären Spriesse der Halbfabrikate und die Stützkonstruktion der Unterzugsschalung können sich gegenseitig behindern
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Zeitgewinn durch gleichzeitiges Betonieren der Unterzüge und Stützen	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	–	– Sehr kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 63.3                      Wand:            n.                      s.kl.    Stützen: Halbfabrikat  
 Kletterschalung  
 Unterzug: Grossflächensch.    Decke: Fallkopfschalung    Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke – Unterzug einfach – Schalungsanschluss Decke – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke – Unterzug unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke - Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	–	– Unterzug muss ausgeschalt sein, bevor Decke eingeschalt wird
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	– Aufgrund separater Anfertigung einiger Konstruktionselemente entsteht erhöhter Zeitbedarf –
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Stillstandzeit der Unterzugsschalung – Unterschiedliches Material für Decken- und Unterzugsschalung
<b>Weiteres</b>	–	–



Nummer 64.2                      Wand:            n.                      s.kl.    Stützen: Halbfabrikat  
 Kletterschalung  
 Unterzug: Modulschalung      Decke:                                      Treppe:

Decke, Unterzüge und Stützen werden zusammen gefertigt, siehe Nummer 64.3

Nummer 64.3                      Wand:            n.                      s.kl.    Stützen: Halbfabrikat  
 Kletterschalung  
 Unterzug: Modulschalung      Decke:                      Konv.    Treppe:  
 Deckenschalung

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Stütze einfach – Schalungsanschluss Decke/Unterzug - Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke - Unterzug – Stütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke/Unterzug – Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine Betonierbühne für Unterzüge und Stützen erforderlich	– Die temporären Spriesse der Halbfabrikate und die Stützkonstruktionen der Unterzugschalung können sich gegenseitig behindern
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Gut in Takt integrierbar – Zeitgewinn durch gleichzeitiges Schalen bzw. Betonieren der Decke, Unterzüge und Stützen	– Aufgrund separater Anfertigung einiger Konstruktionselemente entsteht erhöhter Zeitbedarf –
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Keine Stillstandzeiten der Schalung	– Erschwerte Personaltrennung – Unterschiedliches Material für Decken- und Unterzugschalung
<b>Weiteres</b>	–	–



Nummer 65.2                      Wand:            n.                      s.kl.    Stützen: Halbfabrikat  
 Kletterschalung  
 Unterzug: Modulschalung      Decke:    Treppe:

Decke, Unterzüge und Stützen werden zusammen gefertigt, siehe Nummer 65.3

Nummer 65.3                      Wand:            n.                      s.kl.    Stützen: Halbfabrikat  
 Kletterschalung  
 Unterzug: Modulschalung      Decke: Deckenschaltisch                      Treppe:

<b>Interaktionen</b>	<b>Vorteile</b>	<b>Nachteile</b>
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Stütze einfach – Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke - Unterzug – Stütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke/Unterzug - Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine Betonierbühne für Stützen und Unterzüge erforderlich	– Die temporären Spriesse der Halbfabrikate und die Stützkonstruktion der Unterzug- und Deckenschalung können sich gegenseitig behindern
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Gut in Takt integrierbar – Zeitgewinn durch gleichzeitiges Schalen bzw. Betonieren der Decke, Unterzüge und Stützen	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Keine Stillstandzeiten der Schalungen	– Sehr kranintensiv – Erschwerte Personaltrennung – Unterschiedliches Material für Decken- und Unterzugschalung
<b>Weiteres</b>	–	–



Nummer 66.2                      Wand:            n.                      s.kl.    Stützen: Halbfabrikat  
 Kletterschalung  
 Unterzug: Modulschalung      Decke:                                      Treppe:

Decke, Unterzüge und Stützen werden zusammen gefertigt, siehe Nummer 66.3

Nummer 66.3                      Wand:            n.                      s.kl.    Stützen: Halbfabrikat  
 Kletterschalung  
 Unterzug: Modulschalung      Decke: Fallkopfschalung              Treppe:

<b>Interaktionen</b>	<b>Vorteile</b>	<b>Nachteile</b>
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Stütze einfach – Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke - Unterzug – Stütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke/Unterzug – Kern – Verbindung Modul- Fallkopfschalung ist problematisch
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine Betonierbühne für Stützen und Unterzüge erforderlich	– Die temporären Spriesse der Halbfabrikate und die Stützkonstruktion der Unterzug- und Deckenschalung können sich gegenseitig behindern
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Gut in Takt integrierbar – Zeitgewinn durch gleichzeitiges Schalen bzw. Betonieren der Decke, Unterzüge und Stützen	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Keine Stillstandzeiten der Schalungen	– Erschwerte Personaltrennung – Unterschiedliches Material für Decken- und Unterzugschalung
<b>Weiteres</b>	–	–





Nummer 67.2                      Wand:            n.                      s.kl.    Stützen: Halbfabrikat  
 Kletterschalung  
 Unterzug: Rahmenschalung    Decke:                                      Treppe:

Decke, Unterzüge und Stützen werden zusammen gefertigt, siehe Nummer 67.3

Nummer 67.3                      Wand:            n.                      s.kl.    Stützen: Halbfabrikat  
 Kletterschalung  
 Unterzug: Rahmenschalung    Decke:                      Konv.    Treppe:  
 Deckenschalung

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Stütze einfach – Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke - Unterzug – Stütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke/Unterzug – Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine Betonierbühne für Stützen und Unterzüge erforderlich	– Die temporären Spriesse der Halbfabrikate und die Stützkonstruktion der Unterzug- und Deckenschalung können sich gegenseitig behindern – Im Übergangsbereich Decke/Unterzug gegenseitige Behinderung der Schalungssysteme
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Gut in Takt integrierbar – Zeitgewinn durch gleichzeitiges Schalen bzw. Betonieren der Decke, Unterzüge und Stützen	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Keine Stillstandzeiten der Schalungen	– Erschwerte Personaltrennung – Unterschiedliches Material für Decken- und Unterzugschalung
<b>Weiteres</b>	–	–







Nummer 69.2                      Wand:            n.                      s.kl.    Stützen: Halbfabrikat  
 Kletterschalung  
 Unterzug: Rahmenschalung    Decke:    Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Unterzug – Stütze einfach – Schalungsanschluss Unterzug – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Unterzug – Stütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Unterzug - Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine Betonierbühne für Stützen erforderlich	– Die temporären Spriesse der Halbfabrikate und die Stützkonstruktionen der Unterzüge können sich gegenseitig behindern
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Zeitgewinn durch gleichzeitiges Betonieren von Unterzüge und Stützen –	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Sehr kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 69.3                      Wand:            n.                      s.kl.    Stützen: Halbfabrikat  
 Kletterschalung  
 Unterzug: Rahmenschalung    Decke: Fallkopfschalung                      Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke - Unterzug einfach – Schalungsanschluss Decke – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke - Unterzug unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke - Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	–	– Unterzug muss ausgeschalt sein, bevor Decke eingeschalt wird
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	– Aufgrund separater Anfertigung einiger Konstruktionselemente entsteht erhöhter Zeitbedarf
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Unterschiedliches Material für Decken- und Unterzugsschalung – Stillstandzeit für Unterzugsschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 70

**Wände:** Nicht Selbstkletternde Kletterschalung

**Stütze:** Halbfabrikat

**Unterzüge:** Kein Unterzug

**Decken:** Konventionelle Deckenschalung

**Treppen:** Fertigteil

### 70.1 Bauvorgang

Die Wände werden zuerst erstellt. Parallel zueinander werden anschliessend die Stützen ausgerichtet und die Decke geschalt. Stützen und Decke werden gleichzeitig betoniert. Im letzten Arbeitsschritt werden die Treppen versetzt.

### 70.2 Interaktionen

Nummer 70.1                      Wand:            n.                      s.kl.    Stützen: Halbfabrikat  
 Unterzug:                      Kletterschalung  
     Decke:                                      Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Gegenseitig keine Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Sehr kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 70.2                      Wand:            n.                      s.kl.    Stützen: Halbfabrikat  
 Kletterschalung  
 Unterzug: Kein Unterzug            Decke:                                      Treppe:  
 Kein Unterzug

Nummer 70.3                      Wand:            n.                      s.kl.    Stützen: Halbfabrikat  
 Kletterschalung  
 Unterzug: Kein Unterzug            Decke:                      Konv.    Treppe:  
 Deckenschalung

<b>Interaktionen</b>	<b>Vorteile</b>	<b>Nachteile</b>
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke – Stütze einfach – Schalungsanschluss Decke – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke – Stütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke – Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine Betonierbühne für Stützen erforderlich	– Die temporären Spriesse der Halbfabrikate und die Stützkonstruktion der Deckenschalung können sich gegenseitig behindern
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Gut in Takt integrierbar – Zeitgewinn durch gleichzeitiges Betonieren der Decke und Stützen	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Keine Stillstandzeiten der Schalungen	– Kranintensiv – Erschwerte Personaltrennung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 71

**Wände:** Nicht Selbstkletternde Kletterschalung

**Stütze:** Halbfabrikat

**Unterzüge:** Kein Unterzug

**Decken:** Deckenschaltisch

**Treppen:** Fertigteil

### 71.1 Bauvorgang

Die Wände werden zuerst erstellt. Parallel zueinander werden anschliessend die Stützen ausgerichtet und die Decke geschalt. Stützen und Decke werden gleichzeitig betoniert. Im letzten Arbeitsschritt werden die Treppen versetzt.

### 71.2 Interaktionen

Nummer 71.1                      Wand:            n.                      s.kl.    Stützen: Halbfabrikat  
 Unterzug:                      Kletterschalung  
     Decke:                                      Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Gegenseitig keine Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Sehr kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–



Nummer 71.2                      Wand:            n.                      s.kl.    Stützen: Halbfabrikat  
 Kletterschalung  
 Unterzug: Kein Unterzug            Decke:    Treppe:  
 Kein Unterzug

Nummer 71.3                      Wand:            n.                      s.kl.    Stützen: Halbfabrikat  
 Kletterschalung  
 Unterzug: Kein Unterzug            Decke: Deckenschaltisch            Treppe:

<b>Interaktionen</b>	<b>Vorteile</b>	<b>Nachteile</b>
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke – Stütze einfach – Schalungsanschluss Decke – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke – Stütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke - Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine Betonierbühne für Stützen erforderlich	– Die temporären Spriesse der Halbfabrikate und die Stützkonstruktionen der Deckenschalung können sich gegenseitig behindern
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Zeitgewinn durch gleichzeitiges Betonieren der Decke und Stützen – Gut in Takt integrierbar	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Keine Stillstandzeiten der Schalungen	– Sehr kranintensiv – Erschwerte Personaltrennung –
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 72

**Wände:** Nicht Selbstkletternde Kletterschalung

**Stütze:** Halbfabrikat

**Unterzüge:** Kein Unterzug

**Decken:** Fallkopfschalung

**Treppen:** Fertigteil

### 72.1 Bauvorgang

Die Wände werden zuerst erstellt. Parallel zueinander werden anschliessend die Stützen ausgerichtet und die Decke geschalt. Stützen und Decke werden gleichzeitig betoniert. Im letzten Arbeitsschritt werden die Treppen versetzt.

### 72.2 Interaktionen

Nummer 72.1                      Wand:            n.                      s.kl.    Stützen: Halbfabrikat  
 Unterzug:                      Kletterschalung  
     Decke:                      Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Gegenseitig keine Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Sehr kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 72.2                      Wand:            n.                      s.kl.    Stützen: Halbfabrikat  
 Kletterschalung  
 Unterzug: Kein Unterzug            Decke:                                      Treppe:  
 Kein Unterzug

Nummer 72.3                      Wand:            n.                      s.kl.    Stützen: Halbfabrikat  
 Kletterschalung  
 Unterzug: Kein Unterzug            Decke: Fallkopfschalung            Treppe:

<b>Interaktionen</b>	<b>Vorteile</b>	<b>Nachteile</b>
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke – Stütze einfach – Schalungsanschluss Decke – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke – Stütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke - Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine Betonierbühne für Stützen erforderlich	– Die temporären Spriesse der Halbfabrikate und die Stützkonstruktionen der Deckenschalung können sich gegenseitig behindern
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Zeitgewinn durch gleichzeitiges Betonieren der Decke und Stützen – Gut in Takt integrierbar	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Keine Stillstandzeiten der Schalungen	– Sehr kranintensiv – Erschwerte Personaltrennung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 73

<b>Wände:</b>	Grossflächenschalung
<b>Stütze:</b>	Fertigteil
<b>Unterzüge:</b>	Grossflächenschalung
<b>Decken:</b>	Konventionelle Deckenschalung
<b>Treppen:</b>	Fertigteil

### 73.1 Bauvorgang

Jedes Element wird unabhängig vom Anderen gefertigt. In der Reihenfolge Wände, Stützen, Unterzüge, Decken und Treppen.

### 73.2 Interaktionen

Nummer 73.1	Wand: Grossflächenschalung	Stützen: Fertigteil
Unterzug:	Decke:	Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Sehr kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 73.2

Wand:  
Grossflächenschalung  
Decke:

Stützen: Fertigteil

Unterzug: Grossflächensch.

Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Unterzug - Kern einfach – Schalungsanschluss Unterzug – Stütze einfach – Konstruktionsanschluss Unterzug – Stütze unkompliziert – Konstruktionsanschluss Unterzug – Kern unkompliziert	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung	– Wand muss ausgeschalt sein, bevor Unterzug betoniert wird
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Sehr kranintensiv – Stillstandzeit der Wandschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 73.3

Wand:  
Grossflächenschalung  
Decke:  
Deckenschalung

Stützen: Fertigteil

Unterzug: Grossflächensch.

Konv. Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke - Unterzug einfach – Schalungsanschluss Decke – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke - Unterzug unkompliziert – Konstruktionsanschluss Decke – Kern unkompliziert	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	–	– Unterzug muss ausgeschalt sein, bevor Decke eingeschalt wird
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	– Schlecht in Takt integrierbar – Aufgrund separater Anfertigung aller Konstruktionselemente entsteht stark erhöhter Zeitbedarf
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Unterschiedliches Material für Decken- und Unterzugschalung – Stillstandzeit der Wand- und Unterzugschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 74

**Wände:** Grossflächenschalung

**Stütze:** Fertigteil

**Unterzüge:** Grossflächenschalung

**Decken:** Deckenschaltisch

**Treppen:** Fertigteil

### 74.1 Bauvorgang

Jedes Element wird unabhängig vom Anderen gefertigt. In der Reihenfolge Wände, Stützen, Unterzüge, Decken und Treppen.

### 74.2 Interaktionen

Nummer 74.1

Wand:  
Grossflächenschalung  
Decke:

Stützen: Fertigteil

Unterzug:

Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Sehr kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 74.2

Wand:  
Grossflächenschalung  
Decke:

Stützen: Fertigteil

Unterzug: Grossflächensch.

Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Unterzug - Stütze einfach – Schalungsanschluss Unterzug – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Unterzug - Stütze unkompliziert – Konstruktionsanschluss Unterzug-Kern unkompliziert	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	–	– Wand muss ausgeschalt sein, bevor Decke eingeschalt wird
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich –	– Sehr kranintensiv – Stillstandzeiten der Wandschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 74.3

Wand:  
Grossflächenschalung  
Decke: Deckenschaltische

Stützen: Fertigteil

Unterzug: Grossflächensch.

Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke - Unterzug ist einfach – Schalungsanschluss Decke – Kern ist einfach – Konstruktionsanschluss Decke – Unterzug ist unkompliziert – Konstruktionsanschluss Decke – Kern unkompliziert	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	–	– Unterzug muss ausgeschalt sein, bevor Decke eingeschalt wird
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	– Aufgrund separater Anfertigung aller Konstruktionselemente entsteht stark erhöhter Zeitbedarf – Schlecht in Takt integrierbar
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Deckenschaltisch von Unterzug kann bei Deckenschalung wieder verwendet werden – Gleiches Material für Unterzug- und Deckenschalung – Gleiche Arbeitsgruppe arbeitet mit gleichem Material für Decke und Unterzüge – Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Sehr kranintensiv – Stillstandzeiten der Wandschalung – Stillstandzeiten der Unterzugschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 75

**Wände:** Grossflächenschalung

**Stütze:** Fertigteil

**Unterzüge:** Grossflächenschalung

**Decken:** Fallkopfschalung

**Treppen:** Fertigteil

### 75.1 Bauvorgang

Jedes Element wird unabhängig vom Anderen gefertigt. In der Reihenfolge Wände, Stützen, Unterzüge, Decken und Treppen.

### 75.2 Interaktionen

Nummer 75.1

Wand:  
Grossflächenschalung  
Decke:

Stützen: Fertigteil

Unterzug:

Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz	– Sehr kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–



Nummer 75.2

Wand:  
Grossflächenschalung  
Decke:

Stützen: Fertigteil

Unterzug: Grossflächensch.

Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Unterzug - Stütze einfach – Schalungsanschluss Unterzug – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Unterzug - Stütze unkompliziert – Konstruktionsanschluss Unterzug-Kern unkompliziert	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung	– Wand muss ausgeschalt sein, bevor Unterzug betoniert wird
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich –	– Sehr kranintensiv – Stillstandzeiten der Wandschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 75.3

Wand:  
Grossflächenschalung  
Decke: Fallkopfschalung

Stützen: Fertigteil

Unterzug: Grossflächensch.

Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Konstruktionsanschluss Decke – Unterzug unkompliziert – Konstruktionsanschluss Decke – Kern unkompliziert – Schalungsanschluss Decke - Unterzug einfach – Schalungsanschluss Decke - Kern einfach	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	–	– Unterzug muss ausgeschalt sein, bevor Decke eingeschalt wird
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	– Aufgrund separater Anfertigung aller Konstruktionselemente entsteht stark erhöhter Zeitbedarf – Schlecht in Takt integrierbar
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Unterschiedliches Material für Decken- und Unterzugschalung – Stillstandzeit der Unterzugschalung – Stillstandzeiten der Wandschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 76

- Wände:** Grossflächenschalung
- Stütze:** Fertigteil
- Unterzüge:** Modulschalung
- Decken:** Konventionelle Deckenschalung
- Treppen:** Fertigteil

### 76.1 Bauvorgang

Wände und Stützen werden zuerst und unabhängig voneinander gefertigt. Anschliessend werden Decken und Unterzüge zusammen geschalt und betoniert. Zum Schluss werden die Fertigteiltreppen versetzt.

### 76.2 Interaktionen

Nummer 76.1                      Wand:                                      Stützen: Fertigteil  
 Unterzug:                      Grossflächenschalung  
     Decke:                                      Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Sehr kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 76.2                      Wand:                                      Stützen: Fertigteil  
 Unterzug: Modulschalung      Grossflächenschalung  
 Decke:                                      Treppe:  
 Decke und Unterzüge werden zusammen gefertigt, siehe Nummer 76.3

Nummer 76.3                      Wand:                                      Stützen: Fertigteil  
 Unterzug: Modulschalung      Grossflächenschalung  
 Decke:                                      Konv. Treppe:  
 Deckenschalung

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke/ Unterzug - Stütze einfach – Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke/Unterzug – Stütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke/Unterzug – Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine Betonierbühne für Unterzüge erforderlich	– Wand muss ausgeschalt sein, bevor Unterzug/Decke betoniert wird
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Gut in Takt integrierbar – Zeitgewinn durch gleichzeitiges Schalen und Betonieren der Decke und Unterzüge	– Aufgrund separater Anfertigung einiger Konstruktionselemente entsteht erhöhter Zeitbedarf
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Geringer Kraneinsatz – Keine Stillstandzeiten der Decken- und Unterzugschalung	– Unterschiedliches Material für Decken- und Unterzugschalung – Erschwerte Personaltrennung – Stillstandzeit der Wandschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 77

**Wände:** Grossflächenschalung

**Stütze:** Fertigteil

**Unterzüge:** Modulschalung

**Decken:** Deckenschaltisch

**Treppen:** Fertigteil

### 77.1 Bauvorgang

Wände und Stützen werden zuerst und unabhängig voneinander gefertigt. Anschliessend werden Decken und Unterzüge zusammen geschalt und betoniert. Zum Schluss werden die Fertigteiltreppen versetzt.

### 77.2 Interaktionen

Nummer 77.1

Wand:  
Grossflächenschalung  
Decke:

Stützen: Fertigteil

Unterzug:

Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Sehr kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 77.2                      Wand:                                      Stützen: Fertigteil  
 Unterzug: Modulschalung      Decke:                                      Treppe:

Decke und Unterzüge werden zusammen gefertigt, siehe Nummer 77.3

Nummer 77.3                      Wand:                                      Stützen: Fertigteil  
 Unterzug: Modulschalung      Decke: Deckenschaltisch              Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Stütze einfach – Schalungsanschluss Decke/Unterzug - Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke/Unterzug – Stütze unkompliziert – Konstruktionsanschluss Decke/Unterzug – Kern unkompliziert	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung – Keine Betonierbühne für Unterzüge erforderlich	– Wand muss ausgeschalt sein, bevor Unterzug/Decke betoniert wird
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Gut in Takt integrierbar – Zeitgewinn durch gleichzeitiges Schalen und Betonieren von Unterzüge und Decke	– Aufgrund separater Anfertigung einiger Konstruktionselemente entsteht erhöhter Zeitbedarf
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	–	– Sehr kranintensiv – Unterschiedliches Material für Decken- und Unterzugschalung – Stillstandzeit der Wandschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 78

**Wände:** Grossflächenschalung

**Stütze:** Fertigteil

**Unterzüge:** Modulschalung

**Decken:** Fallkopfschalung

**Treppen:** Fertigteil

### 78.1 Bauvorgang

Wände und Stützen werden zuerst und unabhängig voneinander gefertigt. Anschliessend werden Decken und Unterzüge zusammen geschalt und betoniert. Zum Schluss werden die Fertigteiltreppen versetzt.

### 78.2 Interaktionen

Nummer 78.1

Wand:  
Grossflächenschalung  
Decke:

Stützen: Fertigteil

Unterzug:

Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Sehr kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 78.2                      Wand:                                      Stützen: Fertigteil  
 Unterzug: Modulschalung      Decke:                                      Treppe:

Decke und Unterzüge werden zusammen gefertigt, siehe Nummer 78.3

Nummer 78.3                      Wand:                                      Stützen: Fertigteil  
 Unterzug: Modulschalung      Decke: Fallkopfschalung              Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Stütze einfach – Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke/Unterzug – Stütze unkompliziert – Konstruktionsanschluss Decke/Unterzug – Kern unkompliziert	– Verbindung Modul- Fallkopfschalung ist problematisch –
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung – Keine Betonierbühne für Unterzüge erforderlich	– Wand muss ausgeschalt sein, bevor Decke/Unterzug betoniert wird
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Gut in Takt integrierbar – Zeitgewinn durch gleichzeitiges Schalen und Betonieren von Unterzügen und Decke	– Aufgrund separater Anfertigung einiger Konstruktionselemente entsteht erhöhter Zeitbedarf
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	–	– Unterschiedliches Material für Decken- und Unterzugschalung – Stillstandzeit der Wandschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 79

- Wände:** Grossflächenschalung
- Stütze:** Fertigteil
- Unterzüge:** Rahmenschalung
- Decken:** Konventionelle Deckenschalung
- Treppen:** Fertigteil

### 79.1 Bauvorgang

Wände und Stützen werden zuerst und unabhängig voneinander gefertigt. Anschliessend werden Decken und Unterzüge zusammen geschalt und betoniert. Zum Schluss werden die Fertigteiltreppen versetzt.

### 79.2 Interaktionen

Nummer 79.1                      Wand:                                      Stützen: Fertigteil  
 Unterzug:                      Grossflächenschalung  
     Decke:                                      Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Sehr kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–



Nummer 79.2                      Wand:                                      Stützen: Fertigteil  
     Grossflächenschalung  
 Unterzug: Rahmenschalung      Decke:                                      Treppe:  
 Decke und Unterzüge werden zusammen gefertigt, siehe Nummer 79.3

Nummer 79.3                      Wand:                                      Stützen: Fertigteil  
     Grossflächenschalung  
 Unterzug: Rahmenschalung      Decke:                                      Konv. Treppe:  
     Deckenschalung

<b>Interaktionen</b>	<b>Vorteile</b>	<b>Nachteile</b>
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Stütze einfach – Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke - Unterzug – Stütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke/Unterzug – Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine Betonierbühne für Unterzüge erforderlich	– Wand muss ausgeschalt sein, bevor Unterzug/Decke betoniert wird – Im Übergangsbereich Decke/Unterzug gegenseitige Behinderung der Schalungssysteme
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Gut in Takt integrierbar – Zeitgewinn durch gleichzeitiges Schalen und Betonieren der Decke und Unterzüge	– Aufgrund separater Anfertigung einiger Konstruktionselemente entsteht erhöhter Zeitbedarf
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Keine Stillstandzeiten der Decken- und Unterzugschalung	– Erschwerte Personaltrennung – Unterschiedliches Material für Decken- und Unterzugschalung – Stillstandzeit der Wandschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 80

**Wände:** Grossflächenschalung

**Stütze:** Fertigteil

**Unterzüge:** Rahmenschalung

**Decken:** Deckenschaltisch

**Treppen:** Fertigteil

### 80.1 Bauvorgang

Wände und Stützen werden zuerst und unabhängig voneinander gefertigt. Anschliessend werden Decken und Unterzüge zusammen geschalt und betoniert. Zum Schluss werden die Fertigteiltreppen versetzt.

### 80.2 Interaktionen

Nummer 80.1

Wand:  
Grossflächenschalung  
Decke:

Stützen: Fertigteil

Unterzug:

Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Sehr kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 80.2                      Wand:                                      Stützen: Fertigteil  
 Unterzug: Rahmenschalung      Grossflächenschalung  
 Decke:                                      Treppe:  
 Decke und Unterzüge werden zusammen gefertigt, siehe Nummer 80.3

Nummer 80.3                      Wand:                                      Stützen: Fertigteil  
 Unterzug: Rahmenschalung      Grossflächenschalung  
 Decke: Deckenschaltisch              Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Stütze einfach – Schalungsanschluss Decke/Unterzug - Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke/Unterzug – Stütze unkompliziert – Konstruktionsanschluss Decke/Unterzug – Kern unkompliziert	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine Betonierbühne für Unterzüge erforderlich	– Im Übergangsbereich Decke – Unterzug gegenseitige Behinderung der Schalungssysteme – Wand muss ausgeschalt sein, bevor Decke/Unterzug betoniert werden kann
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Zeitgewinn durch gleichzeitiges Schalen und Betonieren der Unterzüge und Decke	– Aufgrund separater Anfertigung einiger Konstruktionselemente entsteht erhöhter Zeitbedarf
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	–	– Sehr kranintensiv – Unterschiedliches Material für Decken- und Unterzugschalung – Stillstandzeiten der Wandschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 81

**Wände:** Grossflächenschalung

**Stütze:** Fertigteil

**Unterzüge:** Rahmenschalung

**Decken:** Fallkopfschalung

**Treppen:** Fertigteil

### 81.1 Bauvorgang

Jedes Element wird unabhängig vom Anderen gefertigt. In der Reihenfolge Wände, Stützen, Unterzüge, Decken und Treppen.

### 81.2 Interaktionen

Nummer 81.1

Wand:  
Grossflächenschalung  
Decke:

Stützen: Fertigteil

Unterzug:

Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Sehr kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 81.2

Wand:  
Grossflächenschalung  
Decke:

Stützen: Fertigteil

Unterzug: Rahmenschalung

Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Unterzug – Stütze einfach – Schalungsanschluss Unterzug – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Unterzug – Stütze unkompliziert – Konstruktionsanschluss Unterzug – Kern unkompliziert	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	–	– Wand muss ausgeschalt sein, bevor Unterzug betoniert wird
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar trennbarer Personaleinsatz möglich –	– Sehr kranintensiv – Stillstandzeit der Wandschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 81.3

Wand:  
Grossflächenschalung  
Decke: Fallkopfschalung

Stützen: Fertigteil

Unterzug: Rahmenschalung

Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke - Unterzug einfach – Schalungsanschluss Decke – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke – Unterzug ist unkompliziert – Konstruktionsanschluss Decke – Kern ist unkompliziert	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	–	– Unterzug muss ausgeschalt sein, bevor Decke eingeschalt wird
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	– Aufgrund separater Anfertigung aller Konstruktionselemente entsteht stark erhöhter Zeitbedarf – Schlecht in Takt integrierbar
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Geringer Kraneinsatz –	– Unterschiedliches Material für Decken- und Unterzugschalung – Stillstandzeit der Unterzugschalung – Stillstandzeit der Wandschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 82

<b>Wände:</b>	Grossflächenschalung
<b>Stütze:</b>	Fertigteil
<b>Unterzüge:</b>	Keine Unterzüge
<b>Decken:</b>	Konventionelle Deckenschalung
<b>Treppen:</b>	Fertigteil

### 82.1 Bauvorgang

Jedes Element wird unabhängig vom Anderen gefertigt. In der Reihenfolge Wände, Stützen, Decken und Treppen.

### 82.2 Interaktionen

Nummer 82.1	Wand: Grossflächenschalung	Stützen: Fertigteil
Unterzug:	Decke:	Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Sehr kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 82.2                      Wand:                                      Stützen: Fertigteil  
 Unterzug: Kein Unterzug        Grossflächenschalung  
     Decke:                                      Treppe:  
 Keine Unterzüge

Nummer 82.3                      Wand:                                      Stützen: Fertigteil  
 Unterzug: Kein Unterzug        Grossflächenschalung                      Konv. Treppe:  
     Decke:                                      Deckenschalung

<b>Interaktionen</b>	<b>Vorteile</b>	<b>Nachteile</b>
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke – Stütze einfach – Schalungsanschluss Decke – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke – Stütze unkompliziert	– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke – Kern
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	–	– Wand muss ausgeschalt sein, bevor Decke betoniert wird –
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Gut in Takt integrierbar –	– Aufgrund separater Anfertigung aller Konstruktionselemente entsteht stark erhöhter Zeitbedarf
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Keine Stillstandzeiten der Deckenschalung – Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Stillstandzeit der Wandschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 83

**Wände:** Grossflächenschalung

**Stütze:** Fertigteil

**Unterzüge:** Kein Unterzug

**Decken:** Deckenschaltisch

**Treppen:** Fertigteil

### 83.1 Bauvorgang

Jedes Element wird unabhängig vom Anderen gefertigt. In der Reihenfolge Wände, Stützen, Decken und Treppen.

### 83.2 Interaktionen

Nummer 83.1

Wand:  
Grossflächenschalung  
Decke:

Stützen: Fertigteil

Unterzug:

Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Sehr kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–



Nummer 83.2                      Wand:                                      Stützen: Fertigteil  
 Unterzug: Kein Unterzug        Grossflächenschalung  
     Decke:                                      Treppe:  
 Kein Unterzug

Nummer 83.3                      Wand:                                      Stützen: Fertigteil  
 Unterzug: Kein Unterzug        Grossflächenschalung  
     Decke: Deckenschaltisch        Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke – Stütze einfach – Schalungsanschluss Decke - Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke – Stütze unkompliziert – Konstruktionsanschluss Decke – Kern unkompliziert	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	–	– Wand muss ausgeschalt sein, bevor Decke betoniert werden kann
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Gut in Takt integrierbar	– Aufgrund separater Anfertigung aller Konstruktionselemente entsteht erhöhter stark Zeitbedarf
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Keine Stillstandzeiten der Deckenschalung – Klar getrennter Personaleinsatz möglich –	– Sehr kranintensiv – Stillstandzeiten der Wandschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 84

**Wände:** Grossflächenschalung

**Stütze:** Fertigteil

**Unterzüge:** Kein Unterzug

**Decken:** Fallkopfschalung

**Treppen:** Fertigteil

### 84.1 Bauvorgang

Jedes Element wird unabhängig vom Anderen gefertigt. In der Reihenfolge Wände, Stützen, Decken und Treppen.

### 84.2 Interaktionen

Nummer 84.1

Wand:  
Grossflächenschalung  
Decke:

Stützen: Fertigteil

Unterzug:

Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Sehr kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 84.2                      Wand:                                      Stützen: Fertigteil  
 Unterzug: Kein Unterzug        Grossflächenschalung  
     Decke:                                      Treppe:  
 Kein Unterzug

Nummer 84.3                      Wand:                                      Stützen: Fertigteil  
 Unterzug: Kein Unterzug        Grossflächenschalung  
     Decke: Fallkopfschalung        Treppe:

<b>Interaktionen</b>	<b>Vorteile</b>	<b>Nachteile</b>
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke – Stütze einfach – Schalungsanschluss Decke - Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke – Stütze unkompliziert – Konstruktionsanschluss Decke – Kern unkompliziert	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	–	– Wand muss ausgeschalt sein, bevor Decke betoniert werden kann –
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Gut in Takt integrierbar	– Aufgrund separater Anfertigung aller Konstruktionselemente entsteht stark erhöhter Zeitbedarf –
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Geringer Kraneinsatz – Keine Stillstandzeiten der Deckenschalung – Klar getrennter Personaleinsatz möglich –	– Stillstandzeiten der Wandschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 85

- Wände:** Grossflächenschalung
- Stütze:** Halbfabrikat
- Unterzüge:** Grossflächenschalung
- Decken:** Konventionelle Deckenschalung
- Treppen:** Fertigteil

### 85.1 Bauvorgang

Die Wände werden zuerst erstellt. Parallel zueinander werden anschliessend die Stützen ausgerichtet und die Unterzüge geschalt. Stützen und Unterzüge werden gleichzeitig betoniert. In den folgenden Arbeitsschritten wird die Decke erstellt und zuletzt die Treppen versetzt.

### 85.2 Interaktionen

Nummer 85.1                      Wand:                                      Stützen: Halbfabrikat  
 Unterzug:                      Decke:                                      Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Gegenseitig keine Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Sehr kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 85.2

Wand:  
Grossflächenschalung  
Decke:

Stützen: Halbfabrikat

Unterzug: Grossflächensch.

Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Unterzug – Stütze einfach – Schalungsanschluss Unterzug – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Unterzug - Kern unkompliziert – Konstruktionsanschluss Unterzug - Stütze unkompliziert	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine Betonierbühne für Stützen erforderlich	– Wand muss ausgeschalt sein, bevor Unterzug betoniert wird – Die temporären Spriesse der Halbfabrikate die Stützkonstruktion der Unterzugsschalung können sich gegenseitig behindern
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Zeitgewinn durch gleichzeitiges Betonieren der Unterzüge und Stützen	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Sehr kranintensiv – Stillstandzeit der Wandschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 85.3

Wand:  
Grossflächenschalung  
Decke:  
Deckenschalung

Stützen: Halbfabrikat

Unterzug: Grossflächensch.

Konv. Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke - Unterzug einfach – Schalungsanschluss Decke – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke - Unterzug unkompliziert – Konstruktionsanschluss Decke – Kern unkompliziert	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	–	– Unterzug muss ausgeschalt sein, bevor Decke eingeschalt wird
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	– Aufgrund separater Anfertigung einiger Konstruktionselemente entsteht erhöhter Zeitbedarf
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich – Keine Stillstandzeiten der Schalungen	– Stillstandzeit der Unterzug- und Wandschalung – Unterschiedliches Material für Decken- und Unterzugsschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 86

**Wände:** Grossflächenschalung

**Stütze:** Halbfabrikat

**Unterzüge:** Grossflächenschalung

**Decken:** Deckenschaltisch

**Treppen:** Fertigteil

### 86.1 Bauvorgang

Die Wände werden zuerst erstellt. Parallel zueinander werden anschliessend die Stützen ausgerichtet und die Unterzüge geschalt. Stützen und Unterzüge werden gleichzeitig betoniert. In den folgenden Arbeitsschritten wird die Decke erstellt und zuletzt die Treppen versetzt.

### 86.2 Interaktionen

Nummer 86.1

Wand:  
Grossflächenschalung  
Decke:

Stützen: Halbfabrikat

Unterzug:

Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Sehr kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 86.2

Wand:  
Grossflächenschalung

Stützen: Halbfabrikat

Unterzug: Grossflächensch.

Decke:

Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Unterzug – Stütze einfach – Schalungsanschluss Unterzug – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Unterzug – Stütze unkompliziert – Konstruktionsanschluss Unterzug – Kern unkompliziert	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine Betonierbühne für Stützen erforderlich	– Die temporären Spriesse der Halbfabrikate und die Stützkonstruktion der Unterzugsschalung können sich gegenseitig behindern – Wand muss ausgeschalt sein, bevor Unterzug betoniert werden kann
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Zeitgewinn durch gleichzeitiges Betonieren der Unterzüge und Stützen	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Sehr kranintensiv – Stillstandzeit der Wandschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 86.3

Wand:  
Grossflächenschalung  
Decke: Deckenschaltische

Stützen: Halbfabrikat

Unterzug: Grossflächensch.

Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke - Unterzug einfach – Schalungsanschluss Decke – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke – Unterzug unkompliziert – Konstruktionsanschluss Decke – Kern unkompliziert	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	–	– Unterzug muss ausgeschalt sein, bevor Decke eingeschalt wird
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	– Aufgrund separater Anfertigung einiger Konstruktionselemente entsteht erhöhter Zeitbedarf
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Deckenschaltisch für Unterzug kann für nachfolgende Deckenschalung verwendet werden – Gleiches Material für Decken- und Unterzugsschalung – Gleiche Arbeitsgruppe arbeitet mit gleichem Material für Decken und Unterzug – Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Sehr kranintensiv – Stillstandzeiten der Wandschalung – Stillstandzeiten der Unterzugsschalung

## Prozesskombination 87

**Wände:** Grossflächenschalung

**Stütze:** Halbfabrikat

**Unterzüge:** Grossflächenschalung

**Decken:** Fallkopfschalung

**Treppen:** Fertigteil

### 87.1 Bauvorgang

Die Wände werden zuerst erstellt. Parallel zueinander werden anschliessend die Stützen ausgerichtet und die Unterzüge geschalt. Stützen und Unterzüge werden gleichzeitig betoniert. In den folgenden Arbeitsschritten wird die Decke erstellt und zuletzt die Treppen versetzt.

### 87.2 Interaktionen

Nummer 87.1

Wand:  
Grossflächenschalung  
Decke:

Stützen: Halbfabrikat

Unterzug:

Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Sehr kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–



Nummer 87.2

Wand:  
Grossflächenschalung  
Decke:

Stützen: Halbfabrikat

Unterzug: Grossflächensch.

Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Unterzug – Stütze einfach – Schalungsanschluss Unterzug – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Unterzug - Kern unkompliziert – Konstruktionsanschluss Unterzug - Stütze unkompliziert	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine Betonierbühne für Stützen erforderlich	– Wand muss ausgeschalt sein, bevor Unterzug betoniert wird – Die temporären Spriesse der Halbfabrikate und die Stützkonstruktion der Unterzugsschalung können sich gegenseitig behindern
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Zeitgewinn durch gleichzeitiges Betonieren der Unterzüge und Stützen	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	–	– Sehr kranintensiv – Stillstandzeit der Wandschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 87.3

Wand:  
Grossflächenschalung  
Decke: Fallkopfschalung

Stützen: Halbfabrikat

Unterzug: Grossflächensch.

Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke – Unterzug einfach – Schalungsanschluss Decke – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke – Unterzug unkompliziert – Konstruktionsanschluss Decke – Kern unkompliziert	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	–	– Unterzug muss ausgeschalt sein, bevor Decke eingeschalt wird
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	– Aufgrund separater Anfertigung einiger Konstruktionselemente entsteht erhöhter Zeitbedarf
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Stillstandzeit der Unterzugsschalung – Stillstandzeit der Wandschalung – Unterschiedliches Material für Decken- und Unterzugsschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 88

- Wände:** Grossflächenschalung
- Stütze:** Halbfabrikat
- Unterzüge:** Modulschalung
- Decken:** Konventionelle Deckenschalung
- Treppen:** Fertigteil

### 88.1 Bauvorgang

Die Wände werden zuerst erstellt. Parallel zueinander werden anschliessend die Stützen ausgerichtet und die Unterzüge sowie die Decken geschalt. Stützen, Unterzüge und Decken werden gleichzeitig betoniert. Im letzten Arbeitsschritt werden die Treppen versetzt.

### 88.2 Interaktionen

Nummer 88.1                      Wand:                                      Stützen: Halbfabrikat  
     Grossflächenschalung  
 Unterzug:                              Decke:                                      Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine gegenseitige Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Sehr kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 88.2                      Wand:                                      Stützen: Halbfabrikat  
 Unterzug: Modulschalung      Grossflächenschalung  
 Decke:                                      Treppe:

Decke, Unterzüge und Stützen werden zusammen gefertigt, siehe Nummer 88.3

Nummer 88.3                      Wand:                                      Stützen: Halbfabrikat  
 Unterzug: Modulschalung      Grossflächenschalung  
 Decke:                                      Konv. Treppe:  
 Deckenschalung

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Unterzug einfach – Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke – Unterzug - Stütze unkompliziert – Konstruktionsanschluss Decke/Unterzug – Kern unkompliziert	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine Betonierbühne für Stützen und Unterzüge erforderlich	– Wand muss ausgeschalt sein, bevor Decke/Unterzug/Stütze betoniert wird – Die temporären Spriesse der Halbfabrikate und die Stützkonstruktionen der Unterzugschalung können sich gegenseitig behindern
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Gut in Takt integrierbar	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Keine Stillstandzeiten der Decken- und Unterzugschalung	– Erschwerte Personaltrennung – Stillstandzeit der Wandschalung – Unterschiedliches Material für Decken- und Unterzugschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 89

**Wände:** Grossflächenschalung

**Stütze:** Halbfabrikat

**Unterzüge:** Modulschalung

**Decken:** Deckenschaltisch

**Treppen:** Fertigteil

### 89.1 Bauvorgang

Die Wände werden zuerst erstellt. Parallel zueinander werden anschliessend die Stützen ausgerichtet und die Unterzüge sowie die Decken geschalt. Stützen, Unterzüge und Decken werden gleichzeitig betoniert. Im letzten Arbeitsschritt werden die Treppen versetzt.

### 89.2 Interaktionen

Nummer 89.1

Wand:  
Grossflächenschalung  
Decke:

Stützen: Halbfabrikat

Unterzug:

Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Gegenseitig keine Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Sehr kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 89.2                      Wand:                                      Stützen: Halbfabrikat  
 Unterzug: Modulschalung      Grossflächenschalung  
 Decke:                                      Treppe:

Decke, Unterzüge und Stützen werden zusammen gefertigt, siehe Nummer 89.3

Nummer 89.3                      Wand:                                      Stützen: Halbfabrikat  
 Unterzug: Modulschalung      Grossflächenschalung  
 Decke: Deckenschaltisch      Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Stütze einfach – Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke - Unterzug – Stütze unkompliziert – Konstruktionsanschluss Decke/Unterzug – Kern unkompliziert	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine Betonierbühne für Stützen und Unterzüge erforderlich	– Die temporären Spriesse der Halbfabrikate und die Stützkonstruktion der Unterzug- und Deckenschalung können sich gegenseitig behindern – Wand muss ausgeschalt sein, bevor Stütze/Unterzug/Decke betoniert werden kann
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Gut in Takt integrierbar – Zeitgewinn durch gleichzeitiges Schalen bzw. Betonieren der Decke, Unterzüge und Stützen	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Keine Stillstandzeiten der Unterzug- und Deckenschalung	– Sehr kranintensiv – Erschwerte Personaltrennung – Unterschiedliches Material für Decken- und Unterzugschalung – Stillstandzeiten der Wandschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 90

**Wände:** Grossflächenschalung

**Stütze:** Halbfabrikat

**Unterzüge:** Modulschalung

**Decken:** Fallkopfschalung

**Treppen:** Fertigteil

### 90.1 Bauvorgang

Die Wände werden zuerst erstellt. Parallel zueinander werden anschliessend die Stützen ausgerichtet und die Unterzüge sowie die Decken geschalt. Stützen, Unterzüge und Decken werden gleichzeitig betoniert. Im letzten Arbeitsschritt werden die Treppen versetzt.

### 90.2 Interaktionen

Nummer 90.1

Wand:  
Grossflächenschalung  
Decke:

Stützen: Halbfabrikat

Unterzug:

Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Gegenseitig keine Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Sehr kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 90.2                      Wand:                                      Stützen: Halbfabrikat  
 Unterzug: Modulschalung      Grossflächenschalung  
 Decke:                                      Treppe:

Decke, Unterzüge und Stützen werden zusammen gefertigt, siehe Nummer 90.3

Nummer 90.3                      Wand:                                      Stützen: Halbfabrikat  
 Unterzug: Modulschalung      Grossflächenschalung  
 Decke: Fallkopfschalung      Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Stütze einfach – Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke - Unterzug – Stütze unkompliziert – Konstruktionsanschluss Decke/Unterzug – Kern einfach	– Verbindung Modul- Fallkopfschalung ist problematisch
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine Betonierbühne für Stützen und Unterzüge erforderlich	– Die temporären Spriesse der Halbfabrikate und die Stützkonstruktion der Unterzug- und Deckenschalung können sich gegenseitig behindern – Wand muss ausgeschalt sein, bevor Stütze/Unterzug/Decke betoniert wird
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Gut in Takt integrierbar – Zeitgewinn durch gleichzeitiges Schalen bzw. Betonieren der Decke, Unterzüge und Stützen	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Keine Stillstandzeit der Unterzug- und Deckenschalung	– Erschwerte Personaltrennung – Unterschiedliches Material für Decken- und Unterzugschalung – Stillstandzeiten der Wandschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 91

- Wände:** Grossflächenschalung
- Stütze:** Halbfabrikat
- Unterzüge:** Rahmenschalung
- Decken:** Konventionelle Deckenschalung
- Treppen:** Fertigteil

### 91.1 Bauvorgang

Die Wände werden zuerst erstellt. Parallel zueinander werden anschliessend die Stützen ausgerichtet und die Unterzüge sowie die Decken geschalt. Stützen, Unterzüge und Decken werden gleichzeitig betoniert. Im letzten Arbeitsschritt werden die Treppen versetzt.

### 91.2 Interaktionen

Nummer 91.1                      Wand:                                      Stützen: Halbfabrikat  
 Unterzug:                      Decke:                                      Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Gegenseitig keine Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Sehr kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–



Nummer 91.2                      Wand:                                      Stützen: Halbfabrikat  
 Unterzug: Rahmenschalung      Grossflächenschalung  
 Decke:                                      Treppe:

Decke, Unterzüge und Stützen werden zusammen gefertigt, siehe Nummer 91.3

Nummer 91.3                      Wand:                                      Stützen: Halbfabrikat  
 Unterzug: Rahmenschalung      Grossflächenschalung  
 Decke:                                      Konv. Treppe:  
 Deckenschalung

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Stütze einfach – Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke – Unterzug - Stütze unkompliziert – Konstruktionsanschluss Decke/Unterzug – Kern unkompliziert	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine Betonierbühne für Stützen und Unterzüge erforderlich	– Die temporären Spriesse der Halbfabrikate und die Stützkonstruktionen der Unterzugschalung können sich gegenseitig behindern – Im Übergangsbereich Decke/Unterzug gegenseitige Behinderung der Schalungssysteme
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Gut in Takt integrierbar – Zeitgewinn durch gleichzeitiges Schalen bzw. Betonieren der Decke, Unterzüge und Stützen	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Keine Stillstandzeiten der Decken- und Unterzugschalung	– Sehr kranintensiv – Erschwerte Personaltrennung – Stillstandzeit der Wandschalung – Unterschiedliches Material für Decken- und Unterzugschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 92

**Wände:** Grossflächenschalung

**Stütze:** Halbfabrikat

**Unterzüge:** Rahmenschalung

**Decken:** Deckenschaltisch

**Treppen:** Fertigteil

### 92.1 Bauvorgang

Die Wände werden zuerst erstellt. Parallel zueinander werden anschliessend die Stützen ausgerichtet und die Unterzüge sowie die Decken geschalt. Stützen, Unterzüge und Decken werden gleichzeitig betoniert. Im letzten Arbeitsschritt werden die Treppen versetzt.

### 92.2 Interaktionen

Nummer 92.1

Wand:  
Grossflächenschalung  
Decke:

Stützen: Halbfabrikat

Unterzug:

Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Gegenseitig keine Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Sehr kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 92.2                      Wand:                                      Stützen: Halbfabrikat  
 Unterzug: Rahmenschalung      Grossflächenschalung  
 Decke:                                      Treppe:

Decke, Unterzüge und Stützen werden zusammen gefertigt, siehe Nummer 92.3

Nummer 92.3                      Wand:                                      Stützen: Halbfabrikat  
 Unterzug: Rahmenschalung      Grossflächenschalung  
 Decke: Deckenschaltisch        Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Stütze einfach – Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke - Unterzug – Stütze unkompliziert – Konstruktionsanschluss Decke/Unterzug – Kern unkompliziert	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine Betonierbühne für Stützen und Unterzüge erforderlich	– Im Übergangsbereich Decke/Unterzug gegenseitige Behinderung der Schalungssysteme – Die temporären Spriesse der Halbfabrikate und die Stützkonstruktionen der Unterzugschalung können sich gegenseitig behindern – Wand muss ausgeschalt sein, bevor Stütze/Unterzug/Decke betoniert wird
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Zeitgewinn durch gleichzeitiges Schalen bzw. Betonieren der Decke, Unterzüge und Stützen – Gut in Takt integrierbar	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Keine Stillstandzeit für Decken- und Unterzugschalung	– Sehr kranintensiv – Erschwerte Personaltrennung – Unterschiedliches Material für Decken- und Unterzugschalung – Stillstandzeiten der Wandschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 93

**Wände:** Grossflächenschalung

**Stütze:** Halbfabrikat

**Unterzüge:** Rahmenschalung

**Decken:** Fallkopfschalung

**Treppen:** Fertigteil

### 93.1 Bauvorgang

Die Wände werden zuerst erstellt. Parallel zueinander werden anschliessend die Stützen ausgerichtet und die Unterzüge geschalt. Stützen und Unterzüge werden gleichzeitig betoniert. In den folgenden Arbeitsschritten wird die Decke erstellt und zuletzt die Treppen versetzt.

### 93.2 Interaktionen

Nummer 93.1

Wand:  
Grossflächenschalung  
Decke:

Stützen: Halbfabrikat

Unterzug:

Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Gegenseitig keine Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Sehr kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 93.2

Wand:  
Grossflächenschalung  
Decke:

Stützen: Halbfabrikat

Unterzug: Rahmenschalung

Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Unterzug – Stütze einfach – Schalungsanschluss Unterzug – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Unterzug – Stütze unkompliziert – Konstruktionsanschluss Unterzug – Kern unkompliziert	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine Betonierbühne für Stützen erforderlich	– Die temporären Spriesse der Halbfabrikate und die Stützkonstruktionen der Unterzüge können sich gegenseitig behindern – Wand muss ausgeschalt sein, bevor Unterzug betoniert wird
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Zeitgewinn durch gleichzeitiges Betonieren von Unterzüge und Stützen –	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Sehr kranintensiv – Stillstandzeiten der Wandschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 93.3

Wand:  
Grossflächenschalung  
Decke: Fallkopfschalung

Stützen: Halbfabrikat

Unterzug: Rahmenschalung

Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke - Unterzug einfach – Schalungsanschluss Decke – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke - Unterzug unkompliziert – Konstruktionsanschluss Decke – Kern unkompliziert	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	–	– Unterzug muss ausgeschalt sein, bevor Decke eingeschalt wird
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	– Aufgrund separater Anfertigung einiger Konstruktionselemente entsteht erhöhter Zeitbedarf
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Unterschiedliches Material für Decken. Und Unterzugsschalung – Stillstandzeit für Unterzugsschalung – Stillstandzeiten für Unterzugsschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 94

<b>Wände:</b>	Grossflächenschalung
<b>Stütze:</b>	Halbfabrikat
<b>Unterzüge:</b>	Kein Unterzug
<b>Decken:</b>	Konventionelle Deckenschalung
<b>Treppen:</b>	Fertigteil

### 94.1 Bauvorgang

Die Wände werden zuerst erstellt. Parallel zueinander werden anschliessend die Stützen ausgerichtet und die Decke geschalt. Stützen und Decke werden gleichzeitig betoniert. Im letzten Arbeitsschritt werden die Treppen versetzt.

### 94.2 Interaktionen

Nummer 94.1	Wand: Grossflächenschalung	Stützen: Halbfabrikat
Unterzug:	Decke:	Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Gegenseitig keine Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Sehr kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 94.2                      Wand:                                      Stützen: Halbfabrikat  
 Unterzug: Kein Unterzug        Grossflächenschalung  
     Decke:                                      Treppe:  
 Kein Unterzug

Nummer 94.3                      Wand:                                      Stützen: Halbfabrikat  
 Unterzug: Kein Unterzug        Grossflächenschalung  
     Decke:                                      Konv. Treppe:  
     Deckenschalung

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke – Stütze einfach – Schalungsanschluss Decke – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke - Stütze unkompliziert – Konstruktionsanschluss Decke – Kern unkompliziert	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine Betonierbühne für Stützen erforderlich	– Die temporären Spriesse der Halbfabrikate und die Stützkonstruktionen Deckenschalung können sich gegenseitig behindern
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Gut in Takt integrierbar – Zeitgewinn durch gleichzeitiges Betonieren der Decke und Stützen	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Keine Stillstandzeiten der Deckenschalung	– Kranintensiv – Erschwerte Personaltrennung – Stillstandzeit der Wandschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 95

**Wände:** Grossflächenschalung

**Stütze:** Halbfabrikat

**Unterzüge:** Rahmenschalung

**Decken:** Deckenschaltisch

**Treppen:** Fertigteil

### 95.1 Bauvorgang

Die Wände werden zuerst erstellt. Parallel zueinander werden anschliessend die Stützen ausgerichtet und die Decke geschalt. Stützen und Decke werden gleichzeitig betoniert. Im letzten Arbeitsschritt werden die Treppen versetzt.

### 95.2 Interaktionen

Nummer 95.1

Wand:  
Grossflächenschalung  
Decke:

Stützen: Halbfabrikat

Unterzug:

Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Gegenseitig keine Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Sehr kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–



Nummer 95.2                      Wand:                                      Stützen: Halbfabrikat  
 Unterzug: Kein Unterzug        Grossflächenschalung  
     Decke:                                      Treppe:  
 Kein Unterzug

Nummer 95.3                      Wand:                                      Stützen: Halbfabrikat  
 Unterzug: Kein Unterzug        Grossflächenschalung  
     Decke: Deckenschaltisch        Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke – Stütze einfach – Schalungsanschluss Decke – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke – Stütze unkompliziert – Konstruktionsanschluss Decke – Kern unkompliziert	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine Betonierbühne für Stützen erforderlich	– Die temporären Spriesse der Halbfabrikate und die Stützkonstruktionen der Deckenschalung können sich gegenseitig behindern – Wand muss ausgeschalt sein, bevor Stütze/Decke betoniert wird
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Zeitgewinn durch gleichzeitiges Betonieren der Decke und Stützen – Gut in Takt integrierbar	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Keine Stillstandzeit für Deckenschalung	– Sehr kranintensiv – Erschwerte Personaltrennung – Stillstandzeiten der Wandschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Prozesskombination 96

**Wände:** Grossflächenschalung

**Stütze:** Halbfabrikat

**Unterzüge:** Kein Unterzug

**Decken:** Fallkopfschalung

**Treppen:** Fertigteil

### 96.1 Bauvorgang

Die Wände werden zuerst erstellt. Parallel zueinander werden anschliessend die Stützen ausgerichtet und die Decke geschalt. Stützen und Decke werden gleichzeitig betoniert. Im letzten Arbeitsschritt werden die Treppen versetzt.

### 96.2 Interaktionen

Nummer 96.1

Wand:  
Grossflächenschalung  
Decke:

Stützen: Halbfabrikat

Unterzug:

Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Gegenseitig unabhängig	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Gegenseitig keine Behinderung	–
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	–	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Klar getrennter Personaleinsatz möglich	– Sehr kranintensiv
<b>Weiteres</b>	–	–

Nummer 96.2                      Wand:                                      Stützen: Halbfabrikat  
 Unterzug: Kein Unterzug        Grossflächenschalung  
     Decke:                                      Treppe:  
 Kein Unterzug

Nummer 96.3                      Wand:                                      Stützen: Halbfabrikat  
 Unterzug: Kein Unterzug        Grossflächenschalung  
     Decke: Fallkopfschalung        Treppe:

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<b>Technische Machbarkeit</b> – Schalungsanschluss – Konstruktionsanschluss	– Schalungsanschluss Decke - Stütze einfach – Schalungsanschluss Decke – Kern einfach – Konstruktionsanschluss Decke - Stütze unkompliziert – Konstruktionsanschluss Decke – Kern unkompliziert	–
<b>Geometrisch</b> – Platzverhältnis (Kern, Rand Ecken)	– Keine Betonierbühne für Stützen erforderlich	– Die temporären Spriesse der Halbfabrikate und die Stützkonstruktionen der Deckenschalung können sich gegenseitig behindern – Wand muss ausgeschalt sein, bevor Stütze/Decke betoniert wird
<b>Zeitlich</b> – Zeitaufwand – Takt	– Zeitgewinn durch gleichzeitiges Betonieren der Decke und Stützen – Gut in Takt integrierbar	–
<b>Logistisch</b> – Kran – Personaleinsatz – Materialeinsatz	– Keine Stillstandzeit für Deckenschalung	– Erschwerte Personaltrennung – Stillstandzeiten der Wandschalung
<b>Weiteres</b>	–	–

## Anhang 4 Checkliste Bewertung der berücksichtigten Bausystemkombinationen

Interaktionen	Vorteile	Nachteile
<p><b>Technische Machbarkeit</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Schalungsanschluss</li> <li>– Konstruktionsanschluss</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Gegenseitig unabhängig</li> <li>– Schalungsanschluss Unterzug – Stütze einfach</li> <li>– Schalungsanschluss Unterzug – Kern einfach</li> <li>– Schalungsanschluss Decke – Unterzug einfach</li> <li>– Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Kern einfach</li> <li>– Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Stütze einfach</li> <li>– Schalungsanschluss Decke – Kern einfach</li> <li>– Konstruktionsanschluss Unterzug – Stütze unkompliziert</li> <li>– Konstruktionsanschluss Unterzug – Kern unkompliziert</li> <li>– Konstruktionsanschluss Decke – Unterzug – Stütze unkompliziert</li> <li>– Konstruktionsanschluss Decke – Unterzug unkompliziert</li> <li>– Konstruktionsanschluss Decke/Unterzug – Stütze unkompliziert</li> <li>– Konstruktionsanschluss Decke – Kern unkompliziert</li> <li>– Konstruktionsanschluss Decke/Unterzug – Kern unkompliziert</li> <li>– Einfache Montage der Schubladenschalung an Unterzug</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Komplizierter Schalungsanschluss Unterzug – Stütze</li> <li>– Komplizierter Schalungsanschluss Unterzug – Kern</li> <li>– Komplizierter Schalungsanschluss Decke – Unterzug</li> <li>– Komplizierter Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Kern</li> <li>– Komplizierter Schalungsanschluss Decke/Unterzug – Stütze</li> <li>– Komplizierter Schalungsanschluss Decke – Kern</li> <li>– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Unterzug – Stütze</li> <li>– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Unterzug – Kern</li> <li>– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke – Unterzug – Kern</li> <li>– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke/Unterzug – Kern</li> <li>– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke – Kern</li> <li>– Aufwändiger Konstruktionsanschluss Decke/Unterzug – Stütze</li> <li>– Verbindung Modul- Fallkopfschalung ist problematisch</li> </ul>
<p><b>Geometrisch</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Platzverhältnis (Kern, Rand, Ecken)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Keine gegenseitige Behinderung</li> <li>– Keine Stützen unter Deckenschalung (Schubladenschalung)</li> <li>– Keine Betonierbühne für Stützen erforderlich</li> <li>– Keine Betonierbühne für Stützen und Unterzüge erforderlich</li> <li>– Keine Betonierbühne für Unterzüge erforderlich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Die temporären Spriesse der Halbfabrikate und die Stützkonstruktionen der Unterzugschalung können sich gegenseitig behindern</li> <li>– Wand muss ausgeschalt sein, bevor Decke/Unterzug/Decke betoniert wird</li> <li>– Wand muss ausgeschalt sein, bevor Unterzug/Decke betoniert wird</li> <li>– Wand muss ausgeschalt sein, bevor Unterzug betoniert wird</li> <li>– Unterzug muss ausgeschalt sein bevor Decke eingeschalt wird</li> <li>– Im Übergangsbereich Decke/Unterzug gegenseitige Behinderung der Schalungssysteme</li> </ul>

<p><b>Zeitlich</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Zeitaufwand</li> <li>- Takt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gut in Takt integrierbar</li> <li>- Zeitgewinn durch gleichzeitiges Betonieren der Unterzüge und Stützen</li> <li>- Zeitgewinn durch gleichzeitiges Schalen und Betonieren der Unterzüge und Decken</li> <li>- Zeitgewinn durch gleichzeitiges Schalen bzw. Betonieren der Decke, Unterzüge und Stützen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Schlecht in Takt integrierbar (falls alles einzeln gefertigt)</li> <li>- Aufgrund separater Anfertigung einiger Konstruktionselemente entsteht erhöhter Zeitbedarf</li> <li>- Aufgrund separater Anfertigung aller Konstruktionselemente entsteht stark erhöhter Zeitbedarf</li> </ul>
<p><b>Logistisch</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kran</li> <li>- Personaleinsatz</li> <li>- Materialeinsatz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Geringer Kraneinsatz</li> <li>- Klar getrennter Personaleinsatz möglich (falls alles einzeln gefertigt oder Unterzüge und Stützen zusammen)</li> <li>- Keine Stillstandzeiten der Schalung (Schalungstyp)</li> <li>- Gleiches Material für Decken und Unterzugschalung</li> <li>- Deckenschaltisch für Unterzug kann für nachfolgende Deckenschalung gebraucht werden.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kranintensiv</li> <li>- sehr kranintensiv</li> <li>- Erschwerte Personaltrennung</li> <li>- Stillstandzeit der Schalung (Schalungstyp)</li> <li>- Unterschiedliches Material für Decken- und Unterzugschalung</li> </ul>
<p><b>Weiteres</b></p>		

## Anhang 5 Berücksichtigte Bauabläufe

### Bauablauf 1

Stockwerkweise (Kern mit Grossflächenschalung) – Jedes Element für sich:

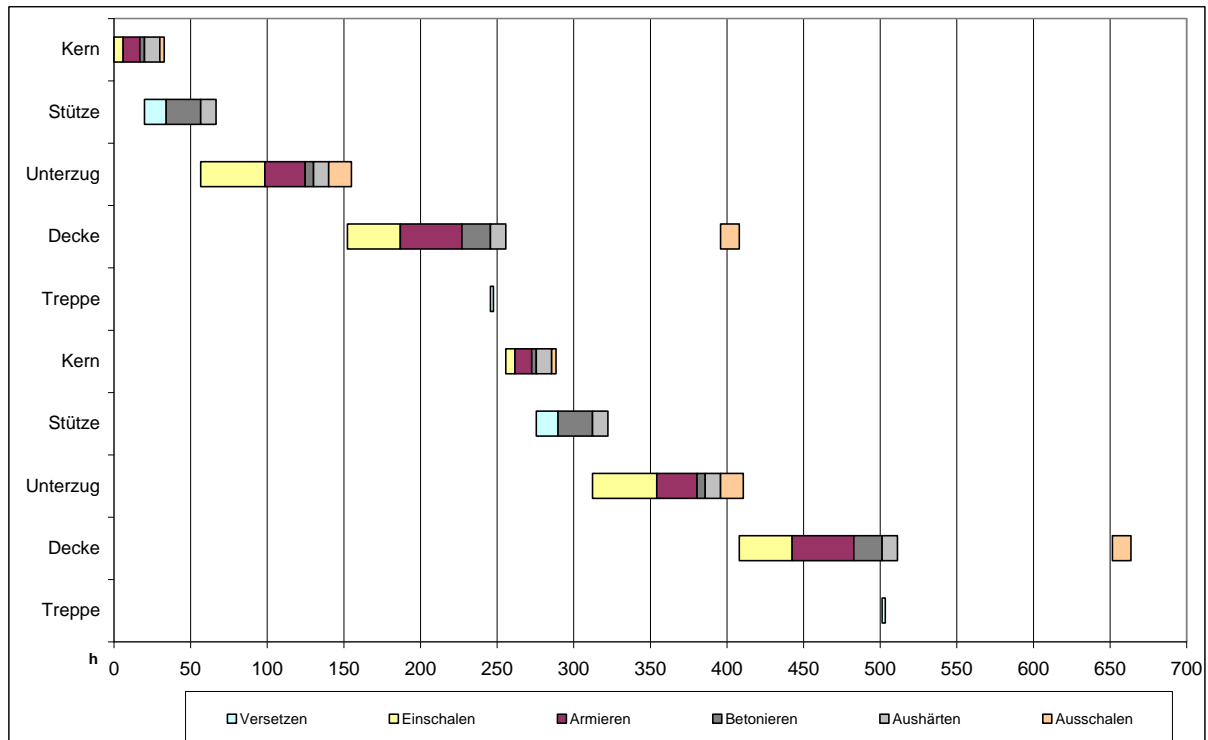


Bild 1: Bauablauf 1

- Stützen werden versetzt, sobald der Kern fertig betoniert ist. Ausschalen des Kerns hat 1. Priorität
- Unterzüge werden eingeschalt, sobald der Kern ausgeschalt ist und Stützen betoniert sind.
- Decke wird eingeschalt, sobald die Decke des unteren Stockwerks ausgeschalt ist. Bei Überschneidung mit dem Ausschalen der Unterzüge, haben diese 1. Priorität
- Decke wird ausgeschalt, sobald mit Ausschalen der Unterzüge begonnen wird. Unterzüge haben 1. Priorität.
- Treppen werden nach dem Betonieren der Decke versetzt
- Der Kern wird eingeschalt, sobald die Decke ausgehärtet, und die Treppen versetzt sind

## Bauablauf 2

### Stockwerkweise (Kern mit Grossflächenschalung) – Unterzug und Decke zusammen

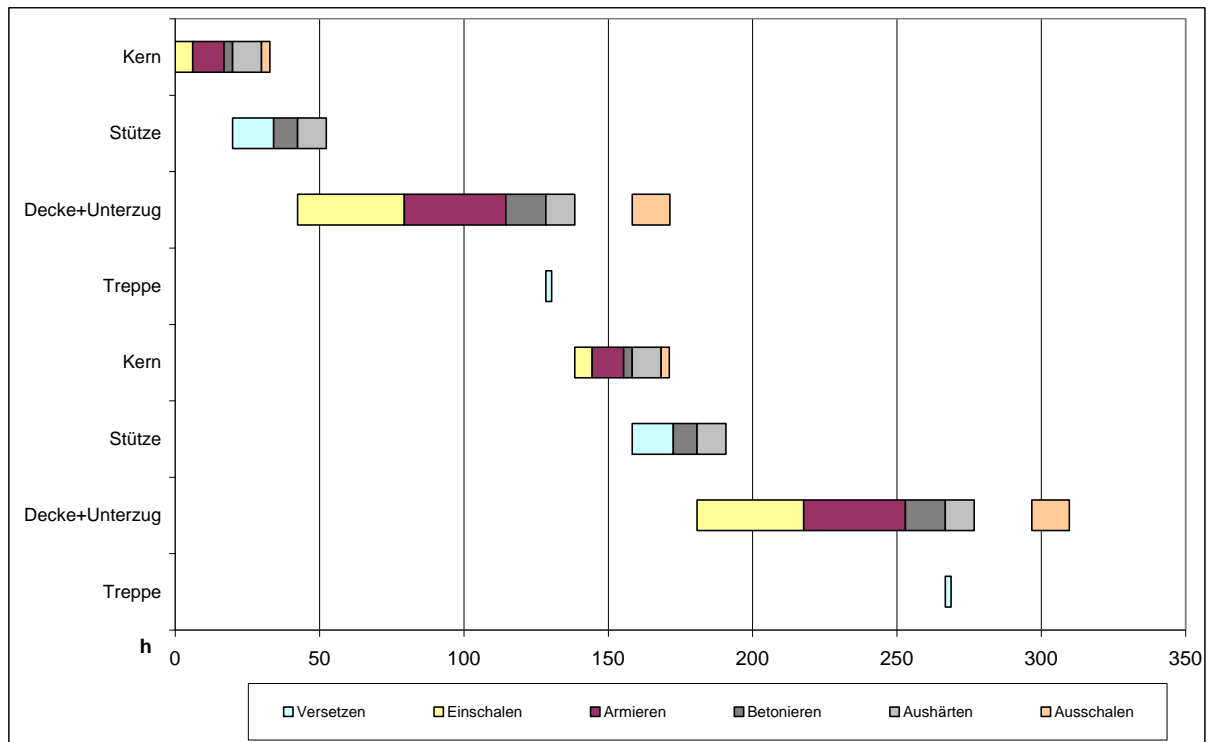


Bild 2: Bauablauf 2

- Stützen werden versetzt, sobald der Kern fertig betoniert ist. Prioritäten-Rangfolge: 1. Ausschalen des Kerns, 2. Stützen
- Unterzüge + Decke werden eingeschalt, sobald die Stützen betoniert- und die Unterzüge + Decke des unteren Stockwerks ausgeschalt sind
- Unterzüge + Decke werden ausgeschalt, sobald der Kern betoniert ist. Prioritäten-Rangfolge: 1. Ausschalen des Kerns, 2. Stützen, 3. Ausschalen der Unterzüge + Decke
- Treppen werden nach dem Betonieren der Decke versetzt
- Der Kern wird eingeschalt, sobald die Unterzüge + Decke ausgehärtet, und die Treppen versetzt sind

**Bauablauf 3**

Stockwerkweise (Kern mit Grossflächenschalung) – Unterzug und Stützen zusammen

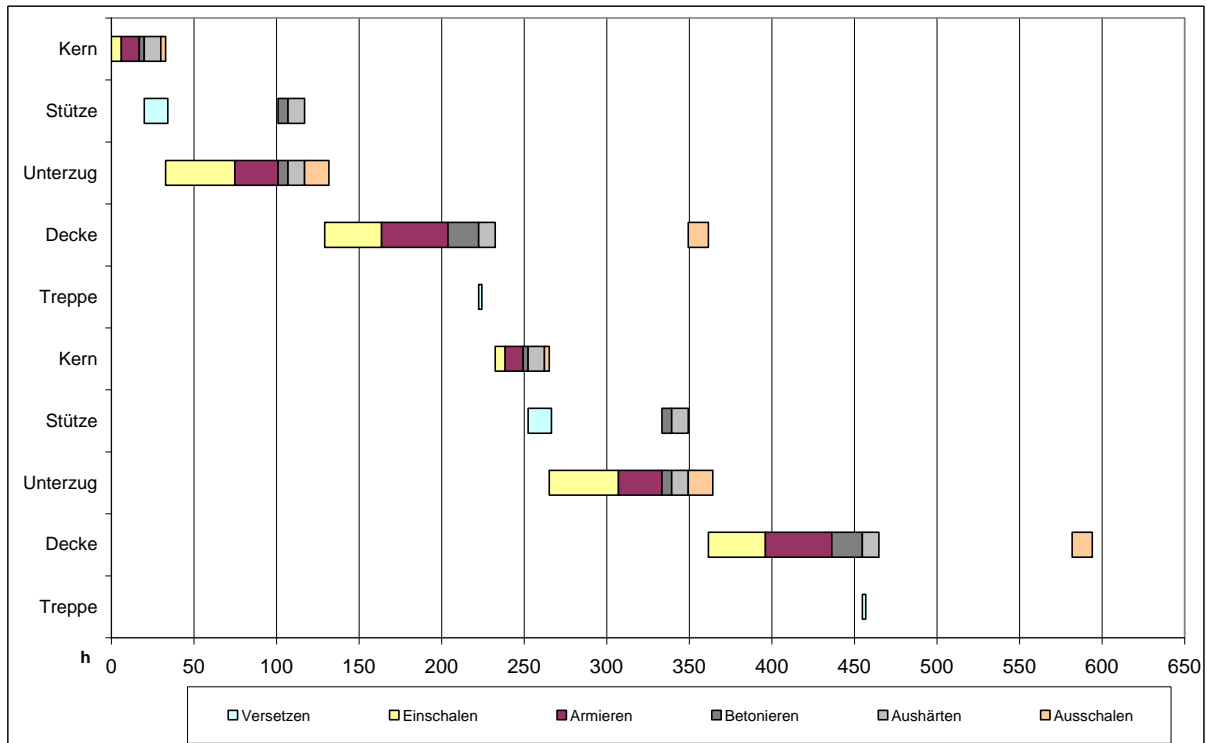


Bild 3: Bauablauf 3

- Stützen werden versetzt, sobald der Kern fertig betoniert ist. Prioritäten-Rangfolge: 1. Ausschalen des Kerns
- Unterzüge werden eingeschalt, sobald der Kern ausgeschalt ist. Prioritäten-Rangfolge: 1. Priorität Versetzen der Stütze
- Stützen und Unterzüge werden zusammen betoniert
- Ausschalen der Unterzüge und Decke starten gleichzeitig. Prioritäten-Rangfolge: 1. Ausschalen der Unterzüge, 2. Ausschalen der Decke
- Decke wird eingeschalt, sobald die Decke des unteren Stockwerks ausgeschalt ist. Prioritäten-Rangfolge: 1. Ausschalen der Unterzüge, 2. Einschalen der Decke
- Treppen werden nach dem Betonieren der Decke versetzt
- Der Kern wird eingeschalt, sobald die Decke ausgehärtet, und die Treppen versetzt sind



### Bauablauf 4

Stockwerkweise (Kern mit Grossflächenschalung) – Stützen, Unterzüge und Decke zusammen

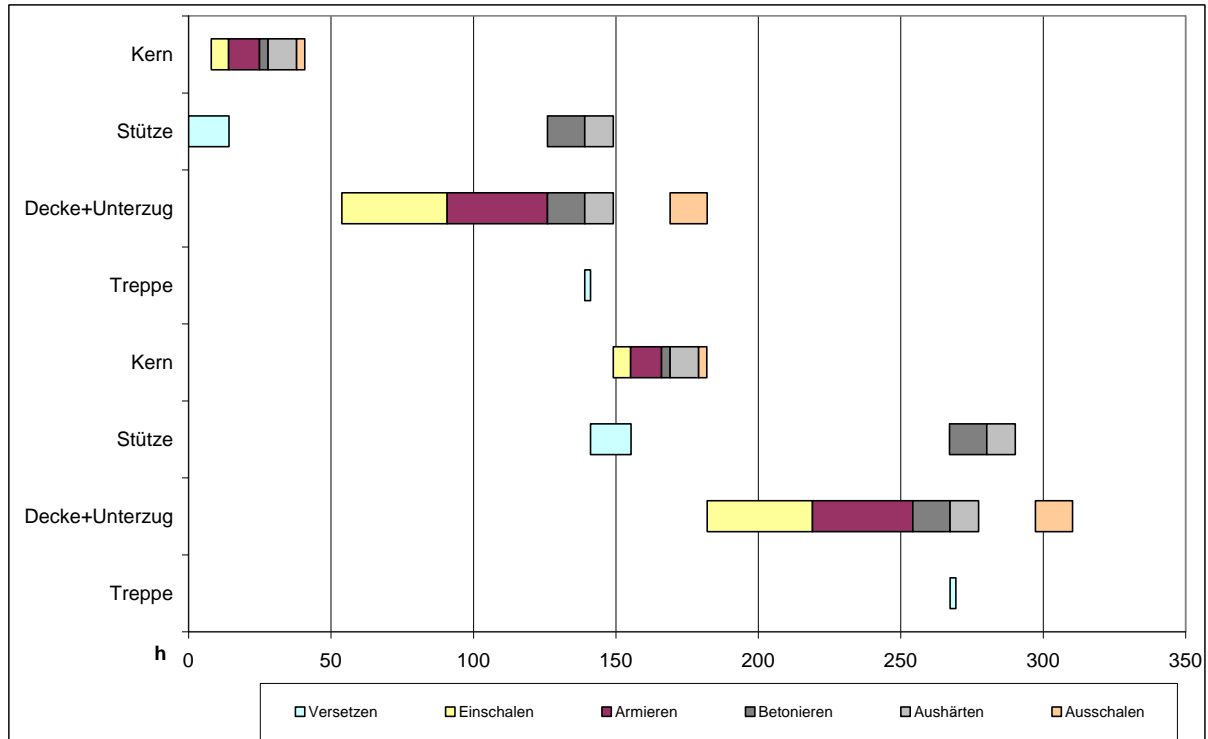


Bild 4: Bauablauf 4

- Stützen werden versetzt, nach dem die Treppen versetzt sind. Prioritäten-Rangfolge: 1. Einschalen des Kerns
- Der Kern wird eingeschalt, sobald die Unterzüge + Decke ausgehärtet -, und die Treppen versetzt sind
- Unterzüge + Decke werden eingeschalt, sobald die Unterzüge + Decke des unteren Stockwerks ausgeschalt sind. Prioritäten-Rangfolge: 1. Ausschalen des Kerns
- Stützen, Unterzüge und Decken werden zusammen betoniert.
- Unterzüge + Decke werden ausgeschalt, nach dem der Kern betoniert ist. Prioritäten-Rangfolge: 1. Ausschalen des Kerns
- Treppen werden versetzt, nachdem Unterzüge + Decke betoniert sind

## Bauablauf 5

## Stockwerkweise (Kern mit Kletterschalung) – Kern und Decke zusammen

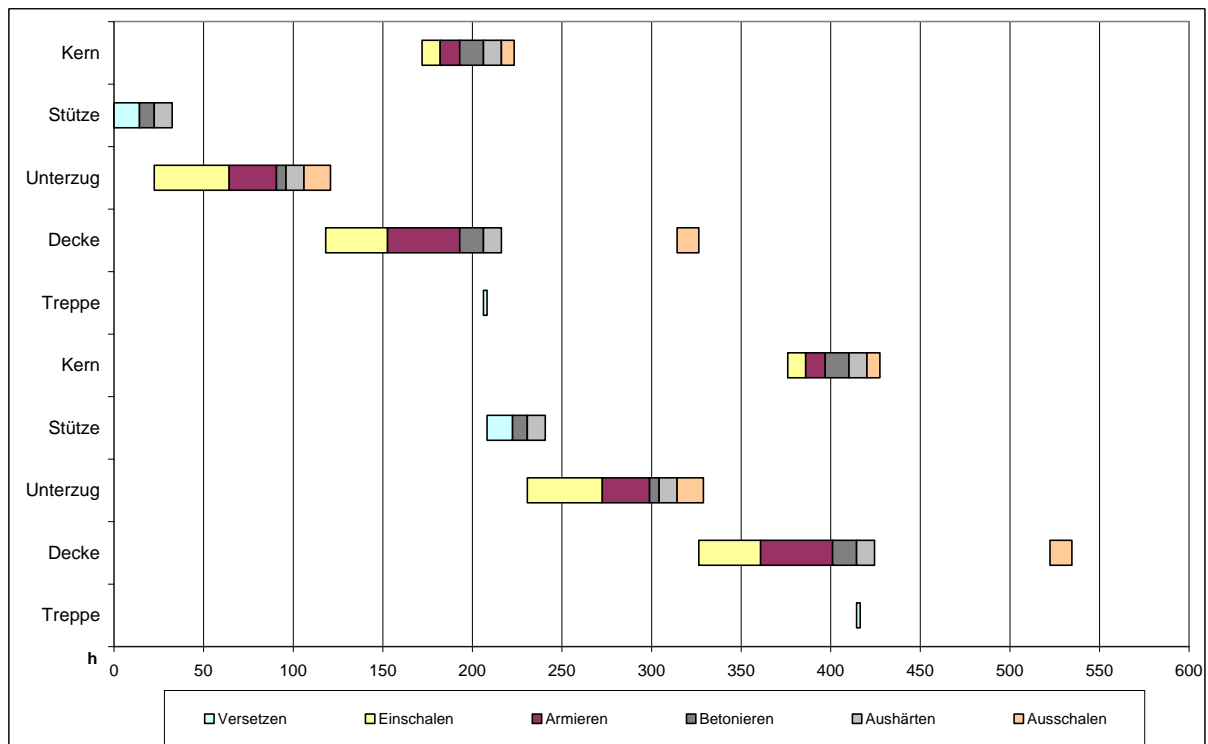


Bild 5: Bauablauf 5

- Stützen werden versetzt, nach dem die Treppen versetzt sind. Prioritäten-Rangfolge: 1. Stützen, 2. Kern
- Unterzüge werden eingeschalt, sobald der Kern ausgeschalt ist und Stützen betoniert sind.
- Decke wird eingeschalt, sobald die Decke des unteren Stockwerks ausgeschalt ist. Prioritäten-Rangfolge: 1. Ausschalen der Unterzüge, 2. Einschalen der Decke
- Decke wird ausgeschalt, sobald mit Ausschalen der Unterzüge begonnen wird. Prioritäten-Rangfolge: 1. Ausschalen der Unterzüge, 2. Ausschalen der Decke
- Treppen werden nach dem Betonieren des Kerns und der Decke versetzt. Prioritäten-Rangfolge: 1. Versetzen der Treppen
- Kern und Decke werden zusammen betoniert.
- Kern wird ausgeschalt, sobald der Beton ausgehärtet ist. Prioritäten-Rangfolge: 1. Treppen, 2. Stützen, 3. Einschalen der Unterzüge, 4. Kern ausschalen.
- Kern hat 2. Priorität bezüglich Decke

## Bauablauf 6

Stockwerkweise (Kern mit Kletterschalung) – Kern, Unterzug und Decke zusammen

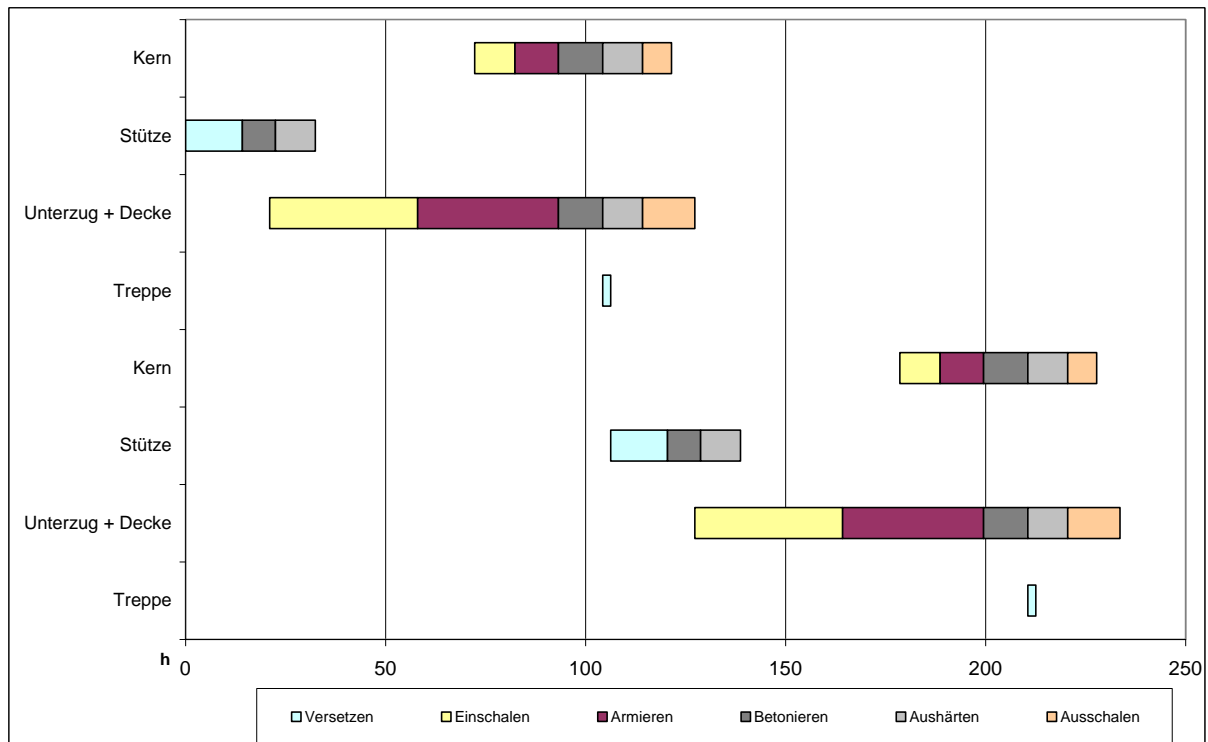


Bild 6: Bauablauf 6

- Stützen werden versetzt, nach dem die Treppen versetzt sind. Prioritäten-Rangfolge: 1. Stützen, 2. Ausschalen Unterzüge + Decke, 3. Kern
- Unterzüge + Decke werden eingeschalt, sobald die Unterzüge + Decke des unteren Stockwerks ausgeschalt sind. Prioritäten-Rangfolge: 1. Betonieren der Stützen
- Kern, Unterzug und Decke werden zusammen betoniert.
- Kern, Unterzüge + Decke werden ausgeschalt, sobald sie ausgehärtet sind. Prioritäten-Rangfolge: 1. Stützen, 2. Ausschalen Unterzüge + Decke, 3. Kern
- Treppen werden nach dem Betonieren der Decke versetzt
- Kern hat 2. Priorität bezüglich Decke

*Bauablauf 7*

Stockwerkweise (Kern mit Kletterschalung) – Stützen und Unterzug zusammen, Kern und Decke zusammen

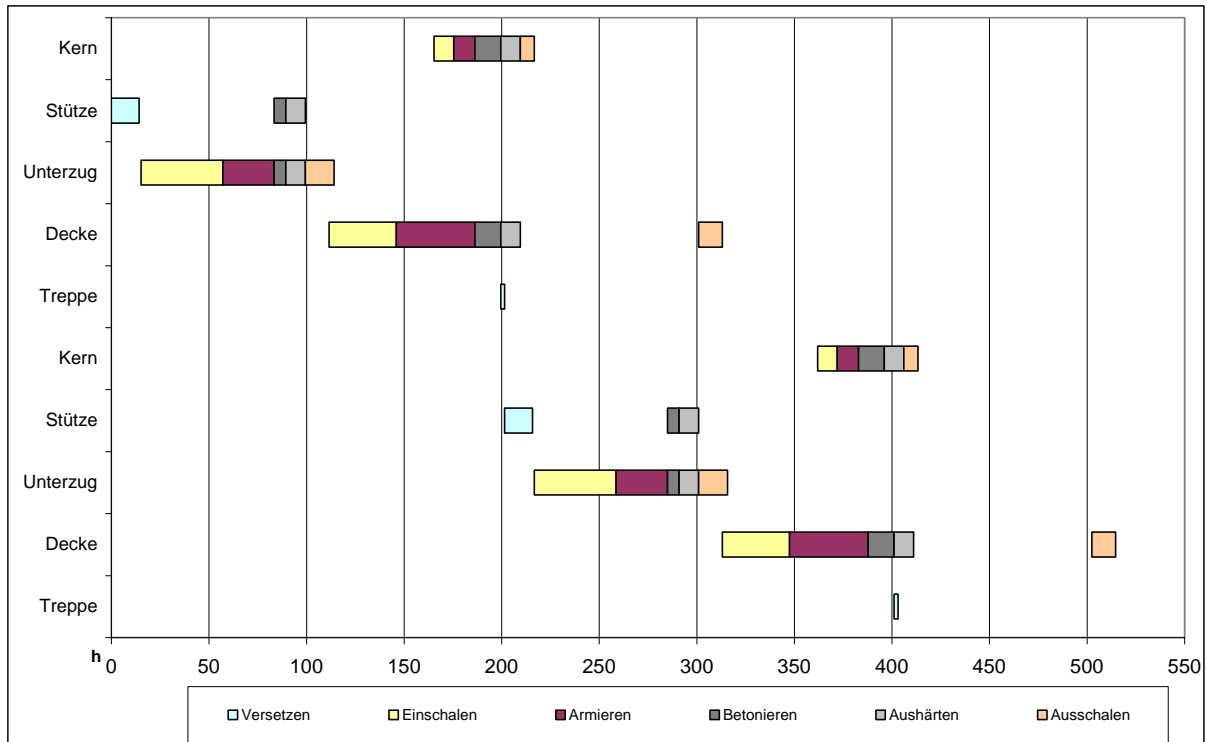


Bild 7: Bauablauf 7

- Stützen werden versetzt, sobald die Treppen versetzt sind. Prioritäten-Rangfolge: 1. Stützen, 2. Kern
- Unterzüge werden eingeschalt, sobald der Kern ausgeschalt ist. Prioritäten-Rangfolge: 1. Versetzen der Stützen, 2. Einschalen Unterzüge
- Kern wird ausgeschalt, nachdem er ausgehärtet ist. Prioritäten-Rangfolge: 1. Versetzen der Stützen, 2. Einschalen der Unterzüge, 3. Kern ausschalen.
- Stützen und Unterzüge werden zusammen betoniert
- Kern und Decke werden zusammen betoniert
- Ausschalen der Unterzüge und Decke starten gleichzeitig. Prioritäten-Rangfolge: 1. Unterzüge, 2. Decke
- Decke wird eingeschalt, sobald die Decke des unteren Stockwerks ausgeschalt ist. Prioritäten-Rangfolge: 1. Unterzüge, 2. Decke
- Treppen werden nach dem Betonieren der Decke versetzt
- Kern hat 2. Priorität bezüglich Decke

### Bauablauf 8

Stockwerkweise (Kern mit Kletterschalung) – Stütze, Unterzüge, Decke und Kern zusammen

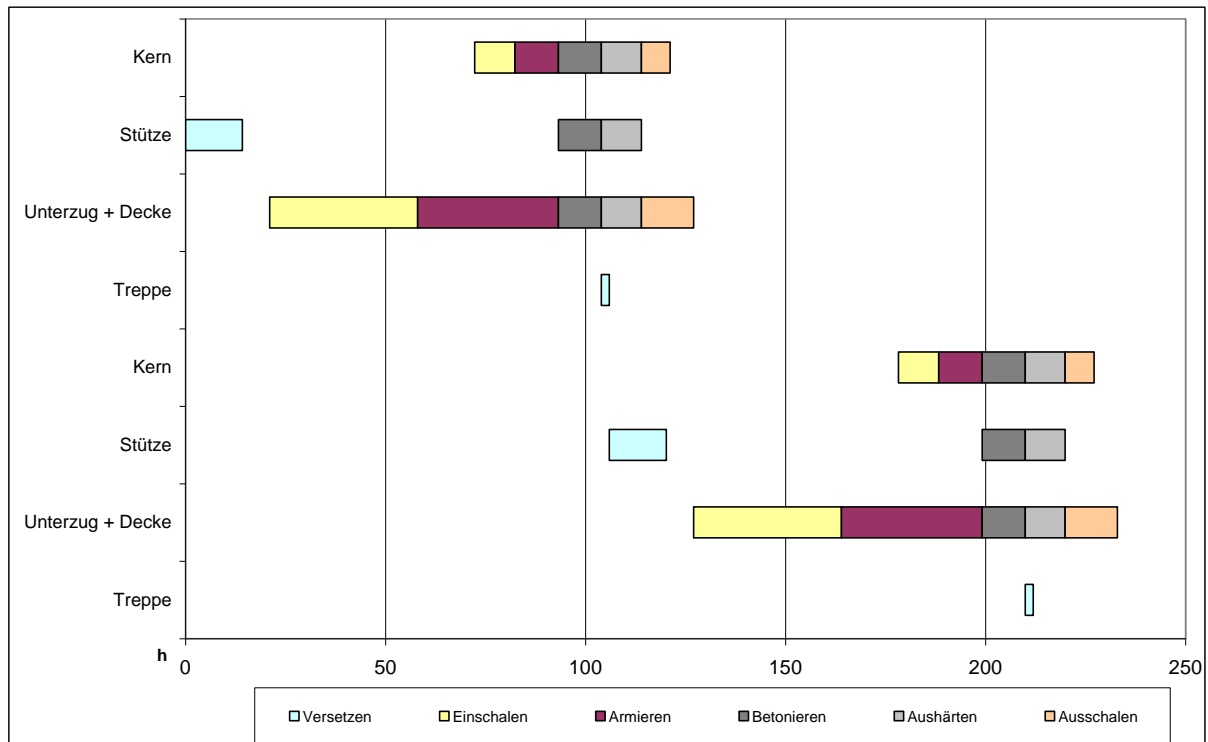


Bild 8: Bauablauf 8

- Stützen werden versetzt, sobald die Treppen versetzt sind. Prioritäten-Rangfolge: 1. Stützen, 2. Unterzüge + Decke, 3. Kern
- Unterzüge + Decke werden eingeschalt, sobald die Decke des unteren Stockwerks ausgeschalt ist. Prioritäten-Rangfolge: 1. Stützen, 2. Unterzüge + Decke, 3. Kern
- Kern, Stützen, Unterzüge und Decken werden zusammen betoniert.
- Unterzüge, Decke und Kern werden ausgeschalt, nachdem sie erhärtet sind. Prioritäten-Rangfolge: 1. Stützen, 2. Unterzüge + Decke, 3. Kern
- Treppen werden versetzt nachdem die Decke betoniert ist
- Kern hat 2. Priorität bezüglich Decke

## Bauablauf 9

## Kern vorauseilend (mit Gleit- oder Kletterschalung) – Jedes Element einzeln

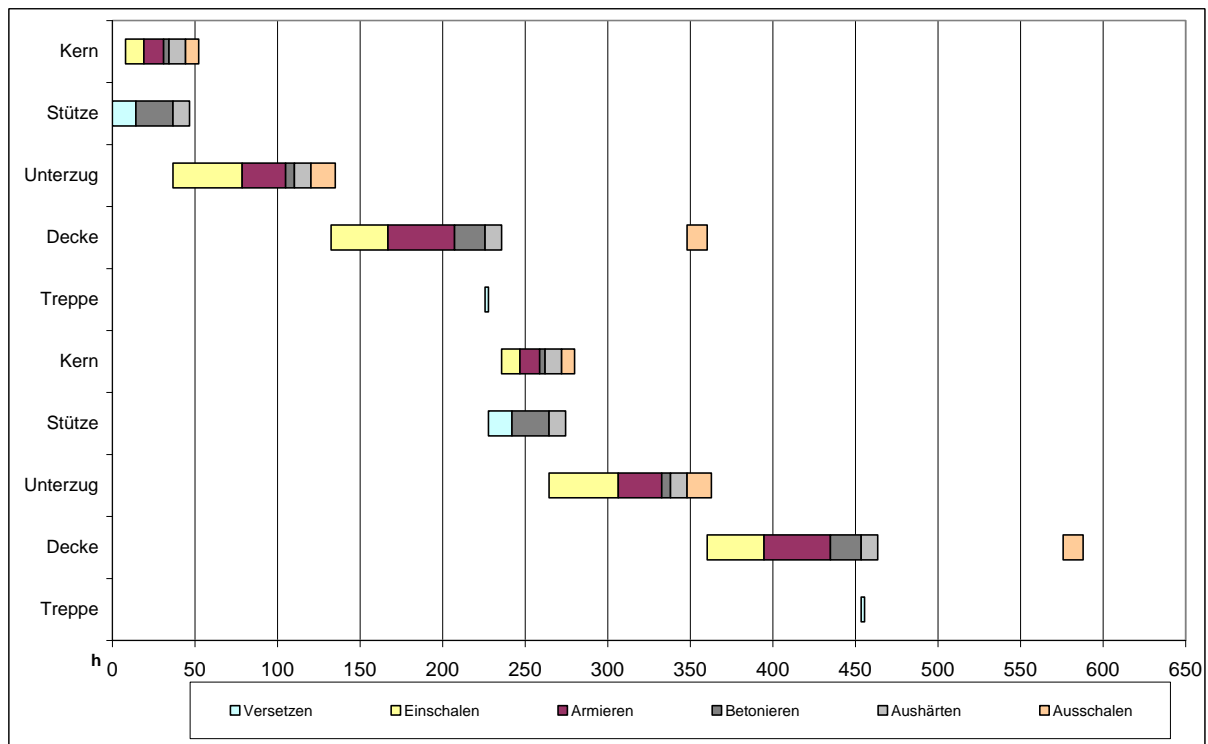


Bild 9: Bauablauf 9

- Stützen werden versetzt, nach dem die Treppen versetzt sind. Prioritäten-Rangfolge: 1. Stützen, 2. Kern
- Der Kern wird eingeschalt, sobald die Decke ausgehärtet -, und die Treppen versetzt sind. Prioritäten-Rangfolge: 1. Stützen, 2. Unterzüge, 3. Kern
- Die Unterzüge werden eingeschalt, sobald die Stützen betoniert sind. Prioritäten-Rangfolge: 1. Unterzüge, 2. Kern
- Die Decke wird ausgeschalt, wenn mit dem Ausschalen der Unterzüge begonnen wird. Prioritäten-Rangfolge: 1. Unterzug, 2. Decke, 3. Kern
- Decke wird eingeschalt, sobald die Decke des unteren Stockwerks ausgeschalt ist. Prioritäten-Rangfolge: 1. Unterzug, 2. Decke
- Treppen werden nach dem Betonieren der Decke versetzt

### Bauablauf 10

Kern vorausseilend (mit Gleit- oder Kletterschalung) – Unterzug und Decke zusammen

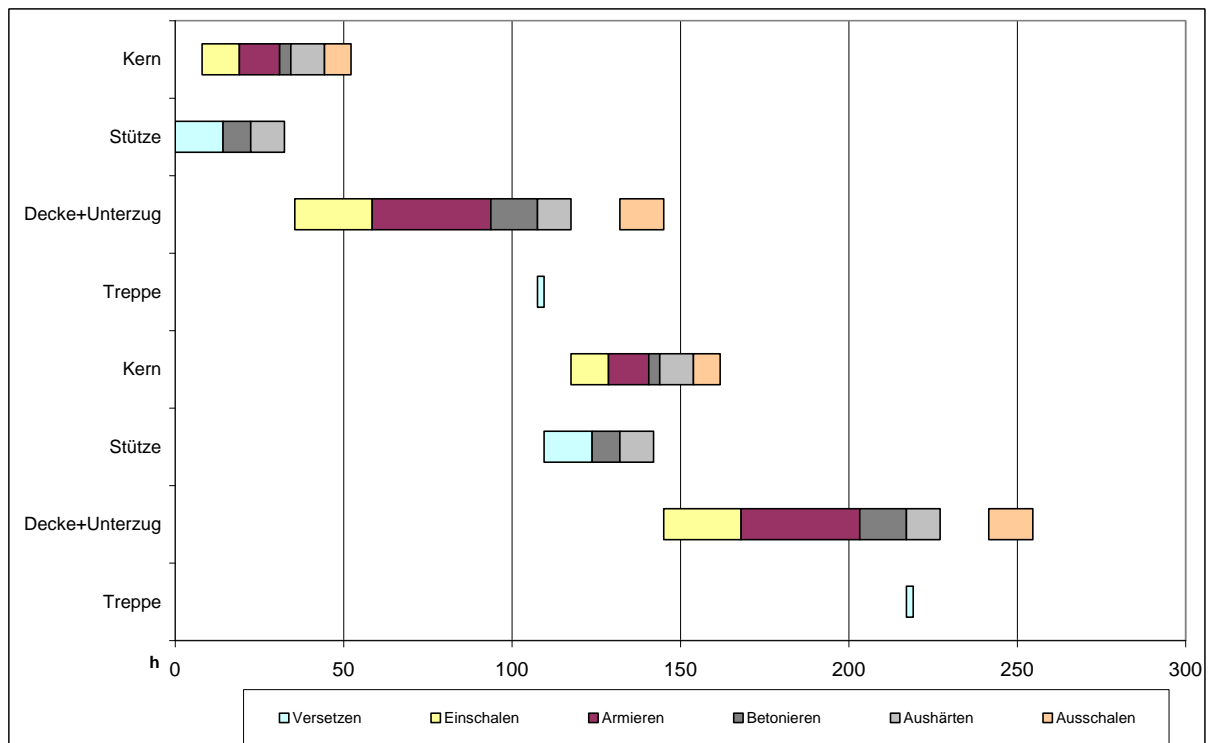


Bild 10: Bauablauf 10

- Stützen werden versetzt, nach dem die Treppen versetzt sind. Prioritäten-Rangfolge: 1. Stützen, 2. Kern
- Der Kern wird eingeschalt, sobald die Decke + Unterzug ausgehärtet -, und die Treppen versetzt sind. Prioritäten-Rangfolge: 1. Stützen, 2. Unterzug + Decke, 3. Kern
- Die Decke + Unterzüge werden eingeschalt, sobald die Decke + Unterzüge des unteren Stockwerks ausgeschalt sind.
- Die Decke + Unterzüge werden ausgeschalt, nachdem die Stützen betoniert sind. Prioritäten-Rangfolge: 1. Decke + Unterzüge, 2. Kern
- Decke + Unterzüge werden zusammen betoniert
- Treppen werden nach dem Betonieren der Unterzüge + Decke versetzt
- Kern hat 2. Priorität bezüglich Decke

## Bauablauf 11

Kern vorauseilend (mit Gleit- oder Kletterschalung) – Stützen und Unterzüge zusammen

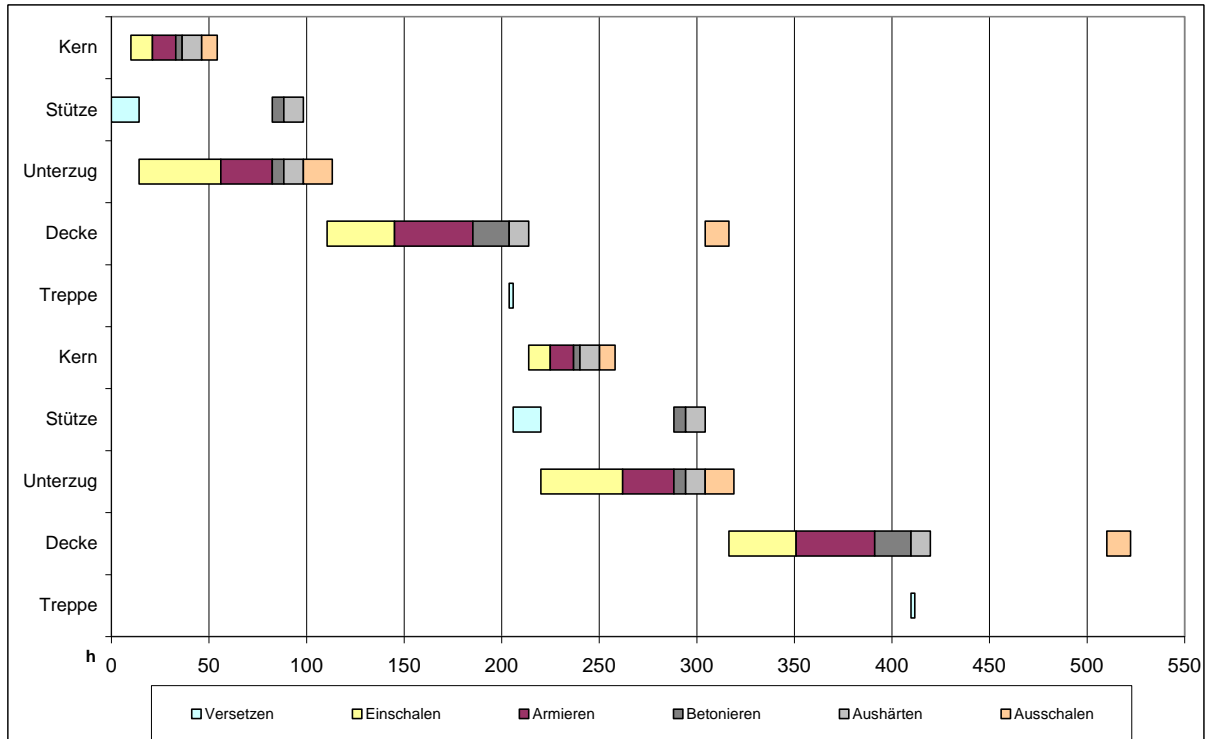


Bild 11: Bauablauf 11

- Stützen werden versetzt, nach dem die Treppen versetzt sind. Prioritäten-Rangfolge: 1. Stützen, 2. Kern
- Der Kern wird eingeschalt, sobald die Decke ausgehärtet ist, und die Treppen versetzt sind. Prioritäten-Rangfolge: 1. Stützen, 2. Unterzug, 3. Kern
- Der Unterzug wird eingeschalt, nachdem die Stützen versetzt sind. Prioritäten-Rangfolge: 1. Unterzug, 2. Decke, 3. Kern
- Die Decke wird ausgeschalt, sobald mit dem Ausschalen des Unterzugs begonnen wird. Prioritäten-Rangfolge: 1. Unterzug, 2. Kern
- Die Decke wird eingeschalt, sobald die Decke des unteren Stockwerks ausgeschalt ist. Prioritäten-Rangfolge: 1. Ausschalen Unterzug, 2. Decke
- Treppen werden nach dem Betonieren der Unterzüge versetzt
- Stützen und Unterzüge werden zusammen betoniert



## Bauablauf 12

Kern vorauseilend (mit Gleit- oder Kletterschalung) – Stützen, Unterzüge und Decken zusammen

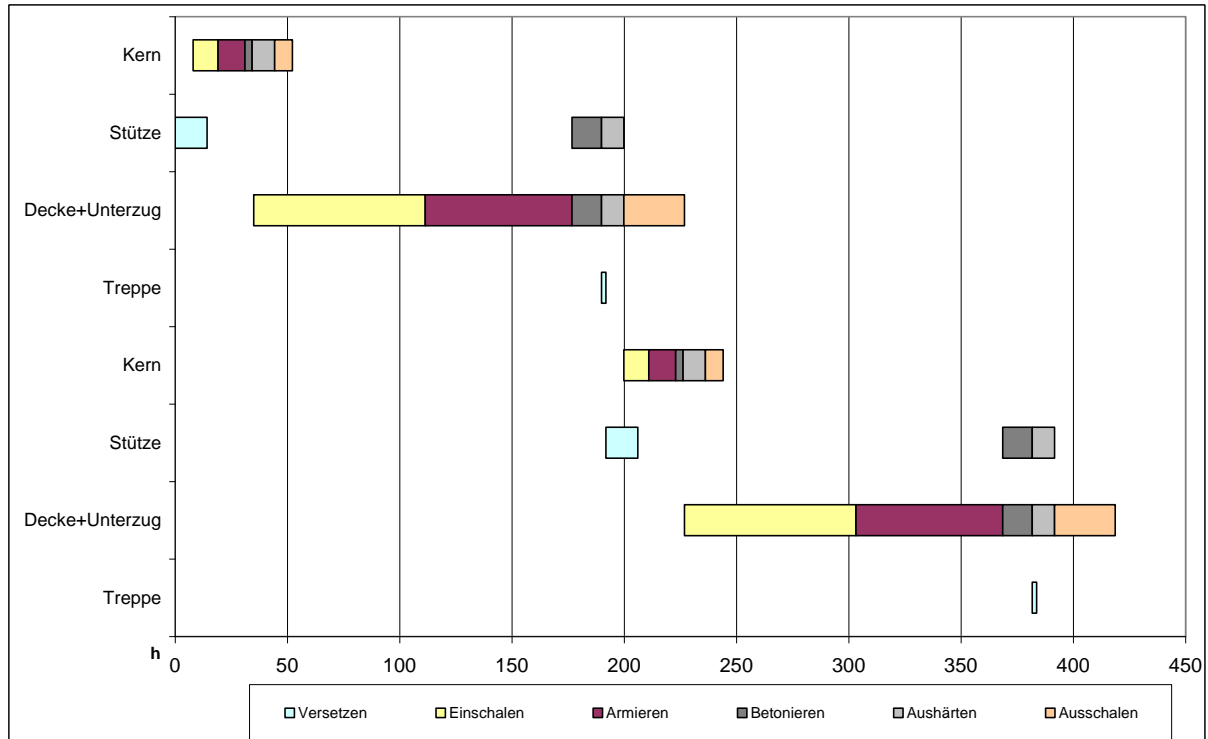


Bild 12: Bauablauf 12

- Stützen werden versetzt, nach dem die Treppen versetzt sind. Prioritäten-Rangfolge: 1. Stützen, 2. Unterzüge + Decke, 3. Kern
- Der Kern wird eingeschalt, sobald die Unterzüge + Decke ausgehärtet-, und die Treppen versetzt sind. Prioritäten-Rangfolge: 1. Stützen, 2. Unterzüge + Decke, 3. Kern
- Die Unterzüge + Decke werden eingeschalt, sobald die Unterzüge + Decke des unteren Stockwerks ausgeschalt sind. Prioritäten-Rangfolge: 1. Ausschalen Unterzüge + Decke, 2. Kern
- Treppen werden nach dem Betonieren der Unterzüge + Decke versetzt
- Stützen, Unterzüge und Decke werden zusammen betoniert

## Anhang 6 Vergleich der untersuchten Bauabläufe

	Kern	Stützen	Unterzüge	Decken	Treppen	Bauablauf	Dauer für ein Stockwerk [h]	Zuschlag wegen Kranüberbeanspruchung [h]		
						Kern vorauseilend				
1	1	Gleitschalung	Fertigteil	Grossflächenschalung	Fertigteil	Jedes Element wird unabhängig vom anderen gefertigt.	257.4	45.7		
2	2						Deckenschaltisch	217.1	25.5	
3	3						Fallkopfschalung	204.1	2.7	
4	9			Rahmenschalung			kein Unterzug	Fallkopfschalung	233.6	2.7
5	10							konv. Deckenschalung	170.5	32.1
6	11							Deckenschaltisch	130.7	12.3
7	12							Fallkopfschalung	130.8	2.7
						Kern vorauseilend				
8	34	Gleit-schalung	Halbfabrikat	Grossflächenschalung	Fertigteil	Stützen und Unterzüge werden zusammen betoniert. Die restlichen Elemente werden unabhängig voneinander gefertigt.	258.0	52.2		
9	35						Deckenschaltisch	217.7	32.0	
10	36			Fallkopfschalung			204.7	9.2		
11	42			Rahmenschalung			Fallkopfschalung	234.2	9.2	
						Kern vorauseilend				
12	46	Gleitschalung	Fertigteil	Modulschalung	Fertigteil	Unterzüge und Decken werden zusammen betoniert. Die restlichen Elemente werden unabhängig voneinander gefertigt.	158.4	49.4		
13	47						Deckenschaltisch	128.5	32.8	
14	48			Fallkopfschalung			113.2	11.1		
15	49			Rahmenschalung			konv. Deckenschalung	155.3	45.8	
16	50						Deckenschaltisch	127.3	31.1	
						Kern vorauseilend				
17	76	Gleitschalung	Halbfabrikat	Modulschalung	Fertigteil	Stützen, Unterzüge (falls vorhanden) und Decken werden zusammen betoniert. Die restlichen Elemente werden unabhängig voneinander gefertigt.	315.8	122.0		
18	77						konv. Deckenschalung	260.4	86.8	
19	78						Deckenschaltisch	215.9	32.5	
20	79			Rahmenschalung			konv. Deckenschalung	323.7	106.3	
21	80						Deckenschaltisch	269.6	79.7	
22	82			kein Unterzug			konv. Deckenschalung	175.6	76.1	
23	83						Deckenschaltisch	144.5	65.1	
24	84						Fallkopfschalung	118.6	29.4	
						Kern vorauseilend				
25	85	Selbstkletternde Kletterschalung	Fertigteil	Grossflächenschalung	Fertigteil	Jedes Element wird unabhängig vom anderen gefertigt.	267.9	48.8		
26	86						konv. Deckenschalung	227.4	28.3	
27	87			Deckenschaltisch			211.5	2.7		
28	90			Fallkopfschalung			233.6	2.7		
29	91			Rahmenschalung			konv. Deckenschalung	170.5	108.0	
30	92						Deckenschaltisch	130.7	16.6	
31	93	kein Unterzug	Fallkopfschalung	130.8	2.7					
						Kern vorauseilend				
32	112	Selbstkletternde Kletterschalung	Halbfabrikat	Grossflächenschalung	Fertigteil	Stützen und Unterzüge werden zusammen betoniert. Die restlichen Elemente werden unabhängig voneinander gefertigt.	258.0	54.4		
33	113						konv. Deckenschalung	217.7	34.2	
34	114			Deckenschaltisch			204.7	11.5		
35	120			Rahmenschalung			Fallkopfschalung	234.2	11.5	
						Kern vorauseilend				
36	124	Selbstkletternde Kletterschalung	Fertigteil	Modulschalung	Fertigteil	Unterzüge und Decken werden zusammen betoniert. Die restlichen Elemente werden unabhängig voneinander gefertigt.	158.4	100.7		
37	125						konv. Deckenschalung	128.5	58.5	
38	126			Deckenschaltisch			113.2	30.7		
39	127			Rahmenschalung			konv. Deckenschalung	113.7	31.2	
40	128						Deckenschaltisch	127.3	66.8	
						Kern vorauseilend				
41	154	Selbstkletternde Kletterschalung	Halbfabrikat	Modulschalung	Fertigteil	Stützen, Unterzüge (falls vorhanden) und Decken werden zusammen betoniert. Die restlichen Elemente werden unabhängig voneinander gefertigt.	315.8	422.0		
42	155						konv. Deckenschalung	260.4	303.6	
43	156			Deckenschaltisch			215.9	40.6		
44	157			Fallkopfschalung			323.7	415.5		
45	158			Rahmenschalung			konv. Deckenschalung	269.6	290.3	
46	160						Deckenschaltisch	175.6	211.3	
47	161			kein Unterzug			konv. Deckenschalung	144.5	154.1	
48	162						Deckenschaltisch	118.6	39.2	

Teil 11: Anhang zu Teil 4 (Interaktionen der Rohbauprozesse)

	Kern	Stützen	Unterzüge	Decken	Treppen	Bauablauf	Dauer für ein Stockwerk [h]	Zuschlag wegen Kranüberbeanspruchung [h]	
						Kern vorausseilend			
49	247	Nicht Selbstkleternde Kleiterschalung	Fertigteil	Grossflächenschalung	konv. Deckenschalung	Jedes Element wird unabhängig vom anderen gefertigt.	257.4	49.1	
50	248						Deckenschaltisch	217.1	28.9
51	249						Falkkopfschalung	204.1	6.1
52	255			Rahmenschalung	Falkkopfschalung		233.6	4.8	
53	256			kein Unterzug	konv. Deckenschalung		Deckenschaltisch	170.5	109.8
54	257							130.7	37.2
55	258							Falkkopfschalung	130.8
						Kern vorausseilend			
56	280	Nicht Selbstkleternde Kleiterschalung	Halbfabrikat	Grossflächenschalung	konv. Deckenschalung	Stützen und Unterzüge werden zusammen betoniert. Die restlichen Elemente werden unabhängig voneinander gefertigt.	258.0	67.3	
57	281						Deckenschaltisch	217.7	47.1
58	282			Falkkopfschalung	204.7		24.3		
59	288			Rahmenschalung	Falkkopfschalung		234.2	24.3	
						Kern vorausseilend			
60	292	Nicht Selbstkleternde Kleiterschalung	Halbfabrikat	Modulschalung	konv. Deckenschalung	Unterzüge und Decken werden zusammen betoniert. Die restlichen Elemente werden unabhängig voneinander gefertigt.	166.7	119.6	
61	293						Deckenschaltisch	136.7	87.1
62	294			Falkkopfschalung	121.5		49.1		
63	295			Rahmenschalung	konv. Deckenschalung		163.6	116.0	
64	296			Deckenschaltisch	135.5		85.4		
						Kern vorausseilend			
65	322	Nicht selbstkleternde Kleiterschalung	Halbfabrikat	Modulschalung	konv. Deckenschalung	Stützen, Unterzüge (falls vorhanden) und Decken werden zusammen betoniert. Die restlichen Elemente werden unabhängig voneinander gefertigt.	315.8	514.1	
66	323						Deckenschaltisch	260.4	367.1
67	324						Falkkopfschalung	215.9	69.8
68	325			Rahmenschalung	konv. Deckenschalung		323.7	509.0	
69	326			Deckenschaltisch	269.6		340.9		
70	328			kein Unterzug	konv. Deckenschalung		Deckenschaltisch	175.6	247.6
71	329							144.5	174.9
72	330							Falkkopfschalung	118.6
									Stockwerkweiser Bauablauf
73	423	Grossfläche nschalung	Fertigteil	Rahmenschalung	Falkkopfschalung	Jedes Element wird unabhängig vom anderen gefertigt.	266.0	7.1	
74	424			kein Unterzug	konv. Deckenschalung		202.9	36.5	
75	425			Deckenschaltisch	163.1		16.8		
76	426			Falkkopfschalung	163.2		7.1		
						Stockwerkweiser Bauablauf			
77	439	Grossflächen-schalung	Fertigteil	Grossflächenschalung	konv. Deckenschalung	Stützen und Unterzüge werden zusammen betoniert. Die restlichen Elemente werden unabhängig voneinander gefertigt.	295.0	76.0	
78	440						Deckenschaltisch	254.7	55.8
79	441						Falkkopfschalung	241.6	33.0
80	448		Halbfabrikat	Grossflächenschalung	konv. Deckenschalung		297.1	82.5	
81	449						Deckenschaltisch	256.8	62.3
82	450						Falkkopfschalung	243.8	39.5
83	456						Rahmenschalung	Falkkopfschalung	273.3
						Stockwerkweiser Bauablauf			
84	460	Grossflächen-schalung	Fertigteil	Modulschalung	konv. Deckenschalung	Zuerst werden die Stützen gefertigt. Unterzüge und Decken werden zusammen betoniert. Die restlichen Elemente werden unabhängig voneinander gefertigt.	226.1	110.5	
85	461						Deckenschaltisch	194.3	92.1
86	462						Falkkopfschalung	164.0	55.3
87	463			Rahmenschalung	konv. Deckenschalung		226.1	105.1	
88	464			Deckenschaltisch	196.4		88.8		
						Stockwerkweiser Bauablauf			
89	490	Grossflächenschalung	Halbfabrikat	Modulschalung	konv. Deckenschalung	Stützen, Unterzüge (falls vorhanden) und Decken werden zusammen betoniert. Die restlichen Elemente werden unabhängig voneinander gefertigt.	212.8	95.0	
90	491						Deckenschaltisch	181.0	76.6
91	492						Falkkopfschalung	164.1	53.2
92	493			Rahmenschalung	konv. Deckenschalung		212.8	87.1	
93	494			Deckenschaltisch	183.2		73.3		
94	496			kein Unterzug	konv. Deckenschalung		Deckenschaltisch	143.1	53.3
95	497							122.4	46.2
96	498							Falkkopfschalung	105.1