Diploma Thesis

# Method for Placing Prefabricated Slab Elements on Bridge Decks with Additional Cast-in-Place Concrete – Comparative Analysis with Conventional Methods Regarding Construction Time and Cost Efficiency

submitted in satisfaction of the requirements for the degree of
Diplom-Ingenieur
of the TU Wien, Faculty of Civil Engineering

---

Diplomarbeit

# Herstellung der Brückenfahrbahnplatte mit Fertigteilplatten und Aufbetonschichten – Vergleichende baubetriebliche Analyse zu konventionellen Verfahren

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines
Diplom-Ingenieurs
eingereicht an der Technischen Universität Wien, Fakultät für Bauingenieurwesen

von

**Christoph Vorlen**, BSc

Matr.Nr.: 01225755

unter der Anleitung von

Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. **Gerald Goger**

Univ.Ass. Dipl.-Ing. **Tobias Bisenberger**, BSc

Institut für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement
Forschungsbereich Baubetrieb und Bauverfahrenstechnik
Technische Universität Wien
Karlsplatz 13/234-1, 1040 Wien, Österreich

Wien, im Februar 2019

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

# Kurzfassung

**Schlagwörter:** Projektanalyse, Fahrbahnplatte, Halbfertigteile, Versetzwagen, Verbundschalwagen, ortsfeste Kragarmschalung

Das Bauwesen entwickelt sich seit Jahren in eine Richtung: Es wird erwartet schneller, günstiger und mit höherer Qualität zu bauen. Im Bezug auf diese Diplomarbeit zeigt sich dieser Umstand bei Stahl-Beton-Verbundbrücken. Bei der Herstellung von Stahl-Beton-Verbundbrücken wird versucht, mit der Herstellung der Fahrbahnplatte (Sekundärtragelement) an die kurze Bauzeit der Längskonstruktion (Haupttragelement) aus Stahl anzuschließen. Allerdings scheiterte eine weitere Reduzierung der Bauzeit bei der Herstellung der Fahrbahnplatte durch die einzuhaltenden Ausschalfristen. Durch den Einsatz von Fertigteilen kann die Aushärtungszeit des Betons teilweise in das Fertigteilwerk verlagert werden. Zudem entstehen qualitative, wirtschaftliche und bauzeitliche Vorteile gegenüber Fahrbahnplatten aus reinem Ortbeton. Entscheidend ist eine genaue Planung und ein qualitativ hochwertiges Zusammenfügen von Fertigteilen und Ortbeton auf der Baustelle.

Die Grundlagen als Übersicht der Verfahren zur Herstellung der Fahrbahnplatte zeigen, dass die Fahrbahnplatte auf sehr viele verschiedene Varianten hergestellt werden kann: Ortbeton alleine oder eine Kombination aus Fertigteilen und Ortbetonergänzungen in unterschiedlichsten projektspezifischen Ausführungsvarianten. Der Schwerpunkt dieser Arbeit liegt bei zwei Schalungssystemen aus Ortbeton, der ortsfesten Kragarmschalung und dem Verbundschalwagen.

Um bei Stahl-Beton-Verbundbrücken an die schnelle Herstellung der Längskonstruktion heranzukommen, wurde vom Institut für Tragkonstruktionen – Forschungsbereich für Stahlbeton- und Massivbau ein neues, innovatives Verfahren zur Herstellung der Fahrbahnplatte mit einem Versetzwagen entwickelt. Bei diesem Verfahren wird die Fahrbahnplatte aus Halbfertigteilplatten mit Ortbetonergänzungen in zwei Schritten gebildet. Dabei werden die Vorteile des fahrenden Schalwagens sowie die von Fertigteilen miteinander verbunden. Der wesentliche Unterschied im Vergleich zum bekannten Verfahren mit dem Verbundschalwagen ist, dass zwei Betonierabschnitte pro Woche hergestellt werden können. Dieser Umstand führt fast zu einer Halbierung der normalerweise benötigten Bauzeit für die Fahrbahnplatte.

Ausgehend vom aktuellen Wissensstand des Versetzwagens und gut durchdachten Annahmen für die Berechnung, werden drei Bauverfahren (ortsfeste Kragarmschalung, Verbundschalwagen, Versetzwagen) zur Herstellung der Fahrbahnplatte wirtschaftlich miteinander verglichen. Das Hauptaugenmerk richtet sich hierbei auf die Bauzeit, die Kosten und die Baustelleneinrichtung. Im Rahmen von zwei ausgewählten Beispielprojekten wird in dieser Diplomarbeit analysiert, ab welcher Länge der Versetzwagen hinsichtlich der gewählten Parameter wirtschaftlich einsetzbar ist. Im Konkreten wird beschrieben, ob die Herstellung der Fahrbahnplatte mit dem Versetzwagen eine sinnvolle Alternative zu den aktuell bekannten Herstellungsverfahren ist und ob dieses Verfahren eine innovative Ausführungsmöglichkeit für Bauunternehmen darstellt. Ergänzend dazu wird auf die Baustelleneinrichtung eingegangen, um verfahrensbedingte Unterschiede bei der Ausführung zu erläutern.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

# Abstract

**Keywords:** Comparative Analysis, Bridge Decks, Prefabricated Elements, Installation Carriage, Formwork Carriage, Stationary Cantilever Formwork

For years, the construction industry has been evolving in one direction: Structures are expected to be constructed much faster, more cheaply and at higher quality. Thus, the aim of this thesis is to show the development of composite bridge structures. The main objective with regard to composite bridges is to reduce the construction time of bridge decks (secondary supporting structure) to approach the short construction time of the main steel superstructure. So far, the construction time of concrete-bridge decks could not be reduced, because the stripping time of the structure had to be ensured. With the use of prefabricated slab elements, the curing time can be outsourced to precast concrete plants. In contrast to the bridge deck with cast-in-place concrete, the use of prefabricated elements creates advantages such as higher quality, faster construction time and economic efficiency. It is extremely important that the assembly of precast elements with additional cast-in-place concrete on the construction site is planned cautiously.
The overview of construction methods for bridge decks shows that the bridge deck can be constructed in many different ways: cast-in-place concrete alone or a combination of prefabricated elements with additional cast-in-place concrete in variations of project-specific designs. The main focus of this paper lies on two formwork systems that use cast-in-place concrete: the stationary cantilever formwork and formwork carriage.
In order to approach the fast construction time of the main steel superstructure of a composite bridge, the Institute of Structural Engineering has developed a new, innovative construction method for bridge decks with an installation carriage. Using this construction method, the bridge deck is constructed out of prefabricated elements with additional cast-in-place concrete in two layers. This new method combines the advantage of the formwork carriage with the benefit of precast elements. In contrast to the conventional method with the formwork carriage, two concreting sections can be completed in one week by using the installation carriage, which means that the construction time of the bridge deck can be nearly halved.
Based on the current state of research and reasoned assumptions for the calculations, three construction methods for bridge decks (stationary cantilever formwork, composite formwork carriage and installation carriage) are compared with regard to efficiency. In detail, the study closely investigates construction time, expenses and construction site equipment. Within the scope of this thesis, two exemplary projects are analyzed with the objective to determine at which length the installation carriage with the given assumptions is efficiently applicable. In particular, this paper describes whether the construction of bridge decks with the installation carriage is a reasonable alternative to the conventional methods and if this construction method can be an interesting and innovative option for construction companies. In addition, the arising changes in construction site equipment for the different methods are analyzed.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

# Inhaltsverzeichnis


**1 Einleitung** **9**
- 1.1 Motivation . . . 10
- 1.2 Forschungsfragen . . . 10
- 1.3 Forschungsmethodik . . . 11

**2 Verfahrensübersicht zur Herstellung der Fahrbahnplatte bei Brücken** **13**
- 2.1 Fahrbahnplatte aus Ortbeton . . . 14
  - 2.1.1 Ortsfeste Schalung / Kragarmschalung . . . 14
  - 2.1.2 Verbundschalwagen . . . 17
- 2.2 Fahrbahnplatte mit Fertigteilen . . . 20
  - 2.2.1 Vollfertigteile als Fahrbahnplatte . . . 21
  - 2.2.2 Halbfertigteile mit Aufbetonschicht als Fahrbahnplatte . . . 25
  - 2.2.3 Neues Verfahren mit dem Versetzwagen . . . 31

**3 Herstellung der Brückenfahrbahnplatte mit Versetzwagen** **33**
- 3.1 Beschreibung des Verfahrens . . . 34
- 3.2 Einsatzmöglichkeiten und Einsatzbereich . . . 35
- 3.3 Abmessungen der Fahrbahnplatten . . . 36
- 3.4 Fugenausbildungen . . . 37
- 3.5 Besonderheiten und Innovationen des Bauverfahrens . . . 39

**4 Beschreibung der Beispielprojekte** **43**
- 4.1 Murbrücke Mixnitz . . . 43
- 4.2 Lafnitz-Brücke . . . 47

**5 Vergleichende baubetriebliche Analyse der Beispielprojekte** **51**
- 5.1 Murbrücke Mixnitz . . . 56
  - 5.1.1 Darstellung und Beschreibung des bereits gebauten Projektes mittels Verbundschalwagen . . . 56
  - 5.1.2 Einsatz des ursprünglich geplanten ParaTop-Systems – ortsfeste Kragarmschalung . . . 62
  - 5.1.3 Einsatz des Versetzwagens . . . 67
- 5.2 Lafnitz-Brücke . . . 72
  - 5.2.1 Darstellung und Beschreibung der geplanten Ausführung mittels Verbundschalwagen . . . 72
  - 5.2.2 Einsatz des Versetzwagens . . . 81

**6 Fazit der analytischen baubetrieblichen Untersuchungen** **87**
- 6.1 Zusammenfassung . . . 87
- 6.2 Beantwortung der Forschungsfragen . . . 91
- 6.3 Ausblick . . . 94



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

**A Berechnungstabellen** **101**
A.1 Murbrücke Mixnitz . . . . . 101
A.2 Lafnitz-Brücke . . . . . 110

**B Einverständnis zur Verwendung von Bildern** **117**
B.1 Springer Nature . . . . . 117
B.2 G. Mehlhorn und M. Curbach . . . . . 123
B.3 Ingenieurbüro Hauf GmbH & Co. KG . . . . . 125
B.4 Wiley . . . . . 127
B.5 SSF Ingenieure . . . . . 129

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

# Kapitel 1

# Einleitung

Die Wirtschaftlichkeit von Bauwerken wird im Bauwesen seit Jahren immer wichtiger. Dabei wird von der Baubranche folgendes erwartet: Der Preis soll möglichst gering sein, die Qualität so hoch wie möglich, das Bauwerk soll in möglichst kurzer Bauzeit fertiggestellt sein, das Bauwerk soll zusätzlich dauerhaft ausgeführt sein und auf die Umwelt soll ebenfalls Rücksicht genommen werden. Um diese Forderungen zu erreichen, müssen Planung, Errichtung und Instandhaltung optimal aufeinander abgestimmt werden und die Kosten ebenfalls im vorgegebenen Rahmen bleiben. Wirtschaftliche Konstruktionen erfordern den Einsatz von neuen Technologien und Weiterentwicklungen von Bauverfahren. Auf der einen Seite wird durch die Digitalisierung mit BIM (Building Information Modelling) das Bauwesen im Bereich der Planung, Abrechnung, Ausführung und Instandhaltung revolutioniert. Auf der anderen Seite passiert dies nicht nur durch die Bauwerksmodellierung, sondern auch durch die Umsetzung auf der Baustelle mit weiterentwickelten und schnelleren Bauverfahren. Der Einsatz von neuen Betontechnologien und deren Verknüpfung im Anwendungsfall ist sehr wichtig.
Im Falle von Brücken ist der Einsatz von Fertigteilen eine Möglichkeit, die Bauzeit wesentlich zu verkürzen. Vennemann [29] beschreibt, dass die Entwicklung zum Einsatz von Fertigteilen im Brückenbau vor rund 50 Jahren mit der Erarbeitung neuer Normalien eingeleitet wurde. Diese Normalien haben sich trotz großen Einsatzes des Autors[1] nicht zu Normen entwickelt, da jedes Bundesland Österreichs an den eigenen Vorstellungen und Präferenzen im Bauwesen festhält. Seitdem haben sich trotzdem viele Verfahren weiterentwickelt und setzen auf den Einsatz von Fertigteilen. Einen Einfluss darauf haben ebenso Weiterentwicklungen im Betontechnologiesektor, wo durch Betone mit hohen Festigkeiten das Gewicht und die Abmessungen von Fertigteilen reduziert werden konnten. Der Einsatz von Stahlbetonfertigteilen ist somit eine ausgezeichnete Lösung, die Bauzeit eines Bauwerks wesentlich zu reduzieren. Nach der Fertigung mit sehr hoher Qualität im Werk werden die Fertigteile nach dem Transport auf die Baustelle mit dem Kran passgenau eingebracht. Die durch die Fertigteile entstehenden Verbindungsfugen bringen einen entscheidenden Nachteil mit sich. Diese Fugen müssen mit zusätzlichem Ortbeton geschlossen werden. Auf diese sollte deshalb bei der Planung viel Wert gelegt werden.
Wichtig ist, dass in dieser Arbeit nicht explizit Bauverfahren zur Herstellung von Brücken beschrieben werden. Das Wesentliche sind die Herstellungsverfahren der Fahrbahnplatte bei Brücken. An manchen Stellen wird zum besseren Verständnis ein Verfahren zur Herstellung einer Brücke kurz beschrieben und auf ergänzende Literatur verwiesen. Außerdem werden zusätzliche Informationen gegeben, wenn die Herstellung der Längskonstruktion wichtige erwähnenswerte Einflüsse auf die Herstellung der Fahrbahnplatte hat. Die Beschreibung der Herstellungsverfahren von Fahrbahnplatten konzentriert sich auf Verfahren, die im Zusammenhang mit den drei, für diese Diplomarbeit, wichtigen Verfahren (ortsfeste Schalung/Kragarmschalung, Verbundschalwagen und Versetzwagen) stehen. Diese Verfahren kommen vor allem bei Stahl-Beton-Verbundbrücken

[1] Der Autor legt großen Wert auf Diversität und Gleichbehandlung. Im Sinne einer besseren Lesbarkeit wurde entschieden, entweder die maskuline oder feminine Form zu wählen. Dies impliziert keinesfalls eine Benachteiligung des jeweils anderen Geschlechts.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

zum Einsatz, da ein Überbau benötigt wird, wo die Fahrbahnplatten-Herstellungssysteme befestigt werden können. Grundsätzlich trifft dies bei Balkenbrücken zu. Wenn die Voraussetzungen für die Bauverfahren zur Herstellung der Fahrbahnplatte gegeben sind, ist die Anwendung auch bei anderen Brückenquerschnitten sinnvoll möglich. Diese Arbeit konzentriert sich vor allem auf Balkenquerschnitte, da bei beiden beschriebenen Beispielprojekten ein Balken, einer aus Stahl und einer aus Spannbeton, als Längskonstruktion im Einsatz ist.

## 1.1 Motivation

Stahl-Beton-Verbundbrücken, welche die Vorteile von Stahl und Stahlbeton ausnutzen, setzen bei Bedarf auf den Einsatz von Fertigteilen. Dauner [5] beschreibt, dass bei Stahl-Beton-Verbundbrücken die Herstellung der Längskonstruktion aus Stahl sehr schnell gebaut werden kann. Die Wirtschaftlichkeit einer Verbundbrücke ist in einem großen Maß davon abhängig, welches Verfahren zur Herstellung der Fahrbahnplatte angewendet wird. Die Längskonstruktion einer Stahl-Beton-Verbundbrücke besteht aus Stahl und kann als ganzer Teil oder in wenigen Einzelteilen eingebracht werden. Die Fahrbahnplatte als Sekundärtragwerk kann mit konventionellem Herstellungsverfahren, mit Schalgerüst und Ortbeton, nicht mit der kurzen Bauzeit der Längskonstruktion aus Stahl mithalten, da die Ausschalfristen des Stahlbetons eingehalten werden müssen und keine Vorleistungen im Werk getätigt werden können. Deshalb sind Fertigteile eine sinnvolle Lösung, die Bauzeit der Fahrbahnplattenherstellung zu verkürzen.
Da Fertigteile im Bauwesen vor allem die Bauzeit einer Konstruktion wesentlich reduzieren und Brücken dadurch in sehr kurzer Zeit gebaut werden können, befasste sich der Autor bereits in seiner Bachelorarbeit „Precast Concrete Bridge Piers and Columns“ mit dem Einsatz von Fertigteilen im Brückenbau. Dabei handelte es sich um eine Literaturrecherche, bei der die Anwendung von Fertigteilen für Pfeiler und Stützen im weltweiten Brückenbau ausfindig gemacht wurde. Allerdings ist die Verwendung von Voll- oder Halbfertigteilen für Pfeiler und Stützen bei Brücken in den USA und Japan am meisten verbreitet, aber in Österreich trotz einiger wesentlicher Vorteile bis jetzt kaum eingesetzt worden.
Mittlerweile gibt es einige Verfahren, welche Halbfertigteile, Vollfertigteile oder speziell entwickelte Schalsysteme für die Herstellung der Fahrbahnplatte verwenden. Eine Möglichkeit, die Bauzeit weiter zu reduzieren ist die Verbindung von Halbfertigteilen mit einem der existierenden und speziell entwickelten Schalsysteme. Das Institut für Tragkonstruktionen – Forschungsbereich für Stahlbeton- und Massivbau nennt diese neue innovative Technologie den Versetzwagen. Der Versetzwagen ist ein ausgezeichneter Lösungsansatz, um mit dem schnellen Herstellen der Längskonstruktion mithalten zu können und die Bauzeit im Bereich der Herstellung der Fahrbahnplatte wesentlich reduzieren zu können. Aufgrund der ständigen Weiterentwicklung in Richtung kürzerer Bauzeit, höherer Qualität und geringerer Kosten stellt das Verfahren des Versetzwagens mit dem Einsatz von Fertigteilen in Zukunft eine innovative Alternativlösung für die Fahrbahnplattenherstellung zur Verfügung.

## 1.2 Forschungsfragen

Im Rahmen dieser Diplomarbeit soll untersucht werden, ob der Einsatz des Versetzwagens bei der Fahrbahnplattenherstellung im Vergleich zu den bereits bekannten Verfahren, dem Verbundschalwagen und dem Kragarmschalungssystem, eine wirtschaftlichere Baumethode darstellt. Einerseits soll analysiert werden, ob und ab welcher Länge der Versetzwagen hinsichtlich Bauzeit, Kosten und Baustelleneinrichtung eine sinnvolle Alternative zu ortsfester Schalung/Kragarmschalung und Verbundschalwagen darstellt. Der wirtschaftliche Einsatz des Versetzwagens wird bei zwei

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Beispielprojekten geprüft. Auf der anderen Seite soll auf die Unterschiede beim Einsatz des Verbundschalwagens, des Versetzwagens und der ortsfesten Kragarmschalung (ParaTop-System) im Bezug auf die Baustelleneinrichtung eingegangen und deren Anwendung analysiert werden. Die Forschungsfragen an sich ergaben sich daraus, dass diese Punkte für das Institut für Tragkonstruktionen – Forschungsbereich für Stahlbeton- und Massivbau analysiert werden sollen. Eine baubetriebliche und wirtschaftliche Analyse sowie Betrachtung des neuen Verfahrens ist ein wertvoller Bestandteil, um das innovative Verfahren monetär für Baufirmen als Alternativlösung zur Herstellung der Fahrbahnplatte greifbar zu machen. Die folgenden Forschungsfragen wurden zu Beginn der Diplomarbeit festgelegt und definieren, welches Ziel im Zuge der Arbeit verfolgt wird:

1. Vergleichende Analyse der Verfahren ortsfester Schalung, Verbundschalwagen und Versetzwagen hinsichtlich Bauzeit, Kosten und Baustelleneinrichtung
   - Ab welcher Länge der Fahrbahnplatte ist der Einsatz des Versetzwagens grundsätzlich eine sinnvolle Alternative?
   - Ist der Einsatz des Versetzwagens für die Fahrbahnplatte bei den beschriebenen Beispielprojekten eine wirtschaftliche Lösung?
2. Vergleich der Baustelleneinrichtung mit Verbundschalwagen / Versetzwagen / ortsfester Kragarmschalung und systematische Analyse der verfahrensbedingten Unterschiede der Baustelleneinrichtungsfläche
   - Ist beim Einsatz des Versetzwagens ein verfahrensbedingter Unterschied der Baustelleneinrichtungsfläche zu erkennen?

## 1.3 Forschungsmethodik

Um die gesetzten Ziele der zuvor erläuterten Forschungsfragen zu erfüllen, erfolgt im ersten Schritt eine ausführliche Literaturrecherche, die eine sinnvolle Struktur der Arbeit ermöglicht. Aus der Literaturrecherche werden mit Kapitel 2 die Grundlagen der Diplomarbeit mit einer Übersicht der bekannten Verfahren zur Herstellung der Fahrbahnplatte geschaffen.
Die weiteren wichtigen Punkte und Grundlagen zur Analyse der Herstellung der Fahrbahnplatte mit dem Versetzwagen erfordern, in Kapitel 3 das Verfahren mit dem Versetzwagen ausführlich zu beschreiben. Im Zuge des Einarbeitens in das neue Verfahren sind einige Überlegungen entstanden, die dazu beigetragen haben, einen sinnvollen Aufbau für die wirtschaftlichen Berechnungen zu finden.
Ausführliche Gespräche und ein Datenaustausch mit Brückenbauexperten im Schalungsbereich sowie im Bereich der Ausführung auf der Baustelle, haben zu allen wichtigen und notwendigen Informationen zu den Beispielprojekten geführt. Die Zusammenfassung dieser Unterlagen ergibt die Beschreibung der zwei Projekte in Kapitel 4. Dieses dient als Basis für die Berechnungen. Hierbei wurde im Zuge des Bearbeitens das ursprünglich gewählte Projekt (Ybbs-Brücke im Zuge der West-Autobahn A1) durch ein passenderes Projekt (Murbrücke Mixnitz) ersetzt. Ausschlaggebend war dabei, dass ein Experte darauf hingewiesen hatte, dass es sich bei der Ybbs-Brücke um ein sehr spezielles Projekt handelt. Für den allgemeinen und sinnvollen Vergleich von drei Verfahren stellt sich dabei das klassische Brückenbauprojekt (Murbrücke Mixnitz) als durchaus geeignetere und nützlichere Alternative dar.
Eine vergleichende Analyse der drei unterschiedlichen Verfahren wird mit Augenmerk auf zwei Beispielprojekte in Kapitel 5 dargestellt. Die Berechnungstabellen sind grundsätzlich so aufgebaut, dass der Ablauf auf der Baustelle und deren entstehende Kosten als Erstes angeführt sind. Daraus

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

lässt sich die Bauzeit für das jeweilige Verfahren ablesen und darstellen. Der zweite Teil beinhaltet die jeweiligen Systemkosten der Herstellungsverfahren. Die Baustellengemeinkosten, wobei die zeitgebundenen Kosten der Baustelle genauer betrachtet und verglichen werden, bilden den dritten Berechnungsteil. Wichtig ist, dass die beschriebenen Kosten immer Nettokosten sind. Der Inhalt der Berechnungstabellen wird im Rahmen des Kapitels analysiert und zum Verständnis des Lesers ausführlich in Worte gefasst.
Zum Abschluss werden im Rahmen der Zusammenfassung der Ergebnisse die wichtigen Punkte der Diplomarbeit dargestellt. Das Augenmerk liegt dabei auf den wesentlichen Ergebnissen und deren Interpretation.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

# Kapitel 2

# Verfahrensübersicht zur Herstellung der Fahrbahnplatte bei Brücken

Die Fahrbahnplatte von Brücken kann mit vielen unterschiedlichen Verfahren vom klassischen Schalgerüst bis hin zu technologisch raffinierten Schalsystemen hergestellt werden. Grundsätzlich kann man die Fahrbahnplatte aus Ortbeton oder mithilfe von Fertigteilen herstellen. Beim Einsatz von Fertigteilen wird Ortbeton meist als Ergänzung verwendet. Dieser kann dabei in großen Abschnittsbereichen zur Sicherung des Verbundes, als Aufbetonschicht für Halbfertigteile oder zum Ausgießen von Fugen verwendet werden. Bei Vollfertigteilen kann es sein, dass diese ohne zusätzlichen Ortbeton beim Einbau durch Zusammenkleben und Zusammenspannen auskommen. Dieses Kapitel konzentriert sich im Wesentlichen auf Stahl-Beton-Verbundbrücken (Verbundbrücken), da bei diesen verschiedene Verfahren zur Herstellung der Fahrbahnplatte zur Anwendung kommen. Grundsätzlich sind die Herstellungsverfahren auf ein Haupttragsystem aus Stahl ausgelegt, allerdings kann die Längskonstruktion aus projektspezifischen Gründen aus Spannbeton oder Stahlbeton ausgeführt sein. Bei Veränderung der eingesetzten Materialien für die Längskonstruktion, also keine Stahl-Beton-Verbundbrücke mehr, werden die Herstellungsverfahren der Fahrbahnplatte an die neuen Randbedingungen angepasst.
Es gibt unzählige Faktoren, welche die Wahl des Bauverfahrens zur Herstellung der Fahrbahnplatte beeinflussen:

- Kosten
- Bauzeit
- beteiligte Unternehmen
- Mitsprache des Bauherrn im Projekt
- Spannweiten der Brücke
- geographische Lage
- verfügbarer Platz bei der Baustelleneinrichtung

In den folgenden Kapiteln werden einige Fachbegriffe verwendet. Diese werden zum besseren Verständnis definiert:

**Stahl-Beton-Verbundbrücke**
Bei Stahl-Beton-Verbundbrücken handelt es sich um Brücken, welche die Vorteile der Baustoffe Stahl und Stahlbeton vereinen. Die Längstragstruktur besteht dabei aus einem Stahlquerschnitt als Tragsystem in Verbund mit einer darüber liegenden Betonplatte.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

**Fahrbahnplatte**
Die Fahrbahnplatte einer Brücke ist der tragende Teil, welcher einwirkende Lasten aus Eigengewicht und Verkehr und anderen Einwirkungen in das Haupttragsystem der Brücke weiterleitet. Die Normalkräfte und Schubkräfte werden über Verbundmittel in das Haupttragsystem eingeleitet. Die ebene und vollflächige Fahrbahnplatte wird entweder direkt befahren oder durch einen Fahrbahnaufbau wie zum Beispiel Asphalt ergänzt. Es werden bis heute Verfahren zur Herstellung der Fahrbahnplatte aus Beton weiterentwickelt. Wie oben beschrieben, unterscheidet man Fahrbahnplatten, die direkt auf der Baustelle aus Ortbeton hergestellt werden, und Fahrbahnplatten, die mit Fertigteilen und Ortbetonergänzung für Fugen oder als Aufbeton hergestellt werden.

Die heutzutage wichtigsten Herstellungsverfahren von Fahrbahnplatten bei Stahl-Beton-Verbundbrücken werden in diesem Kapitel 2 beschrieben. Auf die Unterschiede, Vor- und Nachteile sowie den Einfluss auf baubetriebliche Aspekte wird in den Unterkapiteln genauer eingegangen.

## 2.1 Fahrbahnplatte aus Ortbeton

Bei der konventionellen Art der Herstellung einer Fahrbahnplatte werden Schalelemente verwendet, welche einerseits als Formgebung für den Ortbeton dienen, andererseits die zusätzlichen vertikalen Lasten des Frischbetongewichtes auf die Stahlkonstruktion ableiten müssen. Horizontale Lasten aus Wind, seitlicher Frischbetondruck und andere auftretende Kräfte müssen durch die Schalung in die Längskonstruktion der Brücke eingeleitet werden. Dabei ist der Bauzustand bei Stahl-Beton-Verbundbrücken sehr wichtig, da der Querschnitt erst nach Erhärten des Ortbetons die Steifigkeit des Endzustandes des Verbundes erreicht. U. Kuhlmann, A. Detzel und G. Hauf empfehlen in *Handbuch Brücken* [26] offene Querschnitte als Längstragwerk, da der Arbeitsraum im Vergleich zum Kastenquerschnitt nicht behindert wird.
Grundsätzlich ist die Herstellung der Fahrbahnplatte mit konventioneller Art des Schalens und dem Betonieren mit Ortbeton auf der Baustelle sehr flexibel einsetzbar, da Öffnungen in der Platte aber auch Querschnittsänderungen einfach hergestellt werden können. Im Bezug auf die Detailausführung der Fugenausbildung muss man sich bei der Ausführung der Fahrbahnplatte mit Ortbeton wenig Gedanken machen, da meist die Verbundmittel, als Schnittstelle von Stahllängstragwerk und Fahrbahnplatte aus Beton, in einem Schritt miteinbetoniert werden.
Aus baubetrieblicher Sicht entstehen bei der Verwendung klassischer Schalung durch die Wartezeit auf das Aushärten des Betons sowie durch die Umsetzzeiten der Schalelemente lange Zykluszeiten. Schalungshersteller haben Systeme entwickelt, um Bauzeit und dementsprechend Kosten bei Herstellung der Fahrbahnplatte wesentlich zu verringern. In diesem Zusammenhang wurde versucht, für Stahl-Beton-Verbundbrücken die Herstellung der Fahrbahnplatte aus Ortbeton an die bauzeitlich sehr rasche Konstruktion der Stahllängskonstruktion anzuknüpfen. Zwei davon werden in Abschnitt 2.1.1 und 2.1.2 vorgestellt. Dabei werden nur die zwei größten und bekanntesten Schalungshersteller in Österreich, Doka und Peri, mit Schalungssystemen erwähnt, wobei es auf dem weltweiten Markt noch andere Systeme gibt, auf welche in der vorliegenden Diplomarbeit nicht näher eingegangen wird.

### 2.1.1 Ortsfeste Schalung / Kragarmschalung

Die Herstellung der Fahrbahnplatte bei Verbundbrücken mit kleinen Spannweiten wird oft mittels ortsfester Schalung hergestellt. Das Gewicht des Frischbetons muss dabei von den Schalelementen in die Längskonstruktion der Brücke abgeleitet werden, bis der Beton erhärtet ist und die Schalung entfernt werden kann. Die Firma Doka entwickelte ein System namens ParaTop, welches das Verwenden ortsfester Schalung als sogenannte Kragarmschalung dort möglich macht, wo vom

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Boden aus kein Gerüst mehr aufgestellt werden kann. Zusätzlich wird die Kragarmschalung dort verwendet, wo aus gegebenen Gründen keine Gerüste aufgebaut werden können. Dabei stützt sich die Schalung am Stahlquerschnitt ab und kann dabei vollkommen von der Brückenoberseite bedient werden. In Abb. 2.1 sieht man die Kragarmschalung im Einsatz bei einem Projekt in Panama. Die Brücke Curva del Cebo wurde 2013 fertiggestellt [8]. Dabei wurden zuerst die vorgefertigten Träger der Brücke auf die Brückenpfeiler versetzt. Zum Betonieren der großen Kragplatten wurde die Kragarmschalung ParaTop verwendet.

**Abb. 2.1:** Schalung der Kragarme an einer Brücke in Panama mithilfe des Systems ParaTop der Firma Doka, [8]

Der genaue Ablauf für die Herstellung der Fahrbahnplatte mit dem ParaTop-System ist in einem Video [7] der Firma Doka beschrieben. Die Materialien für das Schalsystem werden auf die Baustelle geliefert. Im Vorhinein müssen sogenannte Einbauschuhe am Längsträger der Brücke befestigt werden. Auf der Baustelle werden die vorgefertigten Elemente schnell zu einem ParaTop-Element montiert. Das fertige Element, im Video mit einer Breite von 2,45 m und zu sehen in Abb. 2.2, wird mit dem Kran eingehoben und auf dem Einbauschuh eingehängt. An dieser Stelle wird das ParaTop-Element mit dem Stahllängsträger verbunden, befestigt durch Schräganker, welche durch die Einbauschuhe geführt werden. Nach fertiger Montage aller Elemente auf dem Längstragsystem wird bewehrt und anschließend betoniert. Im Rahmen des Ausschalens werden die Schräganker gelöst und der Kran hebt die Elemente zur Wiederverwendung auf den Montageplatz.
Laut Firmenangabe von Doka sowie Peri können die Systeme für Kragarmschalungen sowohl bei Stahl-Beton-Verbundbrücken als auch bei Betonfertigteilbrücken verwendet werden. Der Unterschied liegt an der Befestigung des Einbauschuhs am Überbau. Berger [3] beschreibt, dass durch das Einhängen der fertigen Schalungselemente mit dem Kran die Umsetzzeiten im Vergleich zum konventionellen Aufbauen des Gerüstes deutlich reduziert werden können. Haupteinsatzgebiet sind laut Angabe der Firma Peri Brücken mit bis zu 150 m Länge, bei denen eine verfahrbare Lösung wie der beschriebenen Methode in Kapitel 2.1.2 nicht wirtschaftlich ist. Ein weiterer Vorteil ist, dass unterhalb der Brücke kaum Platz benötigt wird und zum Beispiel darunterliegender fahrender Verkehr nicht behindert wird.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

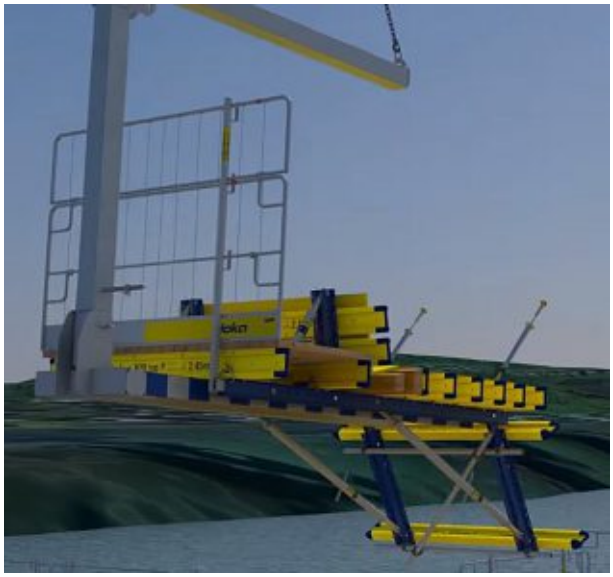


**Abb. 2.2:** Zusammengebautes ParaTop-Element am Kran im Vorstellungsvideo des Schalungssystems der Firma Doka, Abbildung aus Video [7]

**Beispiel: Fahrbahnplatte der Stahl-Beton-Verbundbrücke Rathausen hergestellt mit dem ParaTop System**

Dieser Vorteil ist beim Beispielprojekt der Stahl-Beton-Verbundbrücke in Rathausen in der Schweiz entscheidend. Diese Stahl-Beton-Verbundbrücke mit einer Gesamtlänge von 75 m (zwei Felder mit rund 37 m Spannweite) und einer Breite von 9 m wurde 2014 fertiggestellt [6]. Aufgrund eines stark variierenden Pegels im Fluss Reuss und die dadurch eingeschränkten Platzverhältnisse unterhalb der Längskonstruktion wurde die Fahrbahnplatte mithilfe des ParaTop-Systems hergestellt. Abb. 2.3 zeigt die Verbundbrücke Rathausen im teilweise eingeschalten Bauzustand.

**Abb. 2.3:** Stahl-Beton-Verbundbrücke Rathausen hergestellt mithilfe des Schalungssystems ParaTop der Firma Doka, [6]

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

### 2.1.2 Verbundschalwagen

Die Herstellung der Fahrbahnplatte mit dem Verbundschalwagen entstand aus der erforderlichen Beschleunigung der Errichtungsgeschwindigkeit der Fahrbahnplatte bei Verbundbrücken. Laut Dauner [5], hat die Art und Weise wie die Fahrbahnplatte einer Verbundbrücke hergestellt wird einen großen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit bei der Herstellung der Verbundbrücke.
Der fahrende Schalwagen benötigt als Basis im Wesentlichen eine tragende Längskonstruktion, auf welcher der Schalwagen als fahrende Rüstung rollen kann und welche die Last von Schalwagen und Frischbeton ohne Mitwirkung der Platte aufnehmen kann. Der tragende Teil kann zum Beispiel aus einem Hohlkastentrog oder zwei Längsträgern aus Stahl bestehen. Die Schalungshersteller Doka [11] und Peri [27] bieten Verbundschalwagen an, welche sehr anpassungsfähig sind und für mehrere unterschiedliche Projekte verwendet werden können.
Der Verbundschalwagen des Herstellers Doka besteht im Wesentlichen aus Längsträgern mit 5 m Länge und 2 m Höhe. Diese Maße geben den Raster der Konstruktion vor. Mithilfe von zwei darüberliegenden Querfachwerken kann der Schalwagen in Brückenquerrichtung angepasst werden. Die Darstellung eines Querschnitts zeigt die einzelnen Elemente des Verbundschalwagens. Dabei handelt es sich um einen oben fahrenden Verbundschalwagen, welcher auf der Talbrücke Nessetal in Deutschland verwendet wurde. Die folgenden Unterpunkte beschreiben die einzelnen Elemente in Abb. 2.4:

- Nummer 1: Längsfachwerk bzw. Längsträgerkonstruktion des Verbundschalwagens
- Nummer 2: Aufhängungen bzw. Zugstäbe als Verbindung zwischen Querfachwerk und Kragarmschalung
- Nummer 3: Querfachwerk, welches über dem Längsfachwerk liegt
- Nummer 4: seitlicher Hängeträger als Unterstützung der Schalung der Kragarme
- Nummer 5: seitliche Schalung des Kragarmes
- Nummer 6: Stahlstummel und Rollen, auf denen sich der Verbundschalwagen auf dem bereits errichteten Überbau bewegt
- Nummer 7: Überbau der Brücke – zwei geschlossene Hohlkastenquerschnitte aus Stahl – mit beiden Stahllängsträgern ist der Verbundschalwagen jeweils an der Stelle Nummer 6 verbunden

Der oben fahrende Schalwagen ist die erste Variante des Verbundschalwagens, welcher in Abb. 2.4 und 2.5 dargestellt ist. Dabei erkennt man bei Abb. 2.5 die als Längstragsystem verwendeten I-Träger aus Stahl, welche auf dem Betonpfeiler aufliegen. Wie im Handbuch Brücken [26] beschrieben, bewegt sich die Innenschalung auf Schienen und liegt auf den Querträgern auf. Beim Betonieren wird die Innenschalung bei Notwendigkeit durch Aufhängungen, welche an den Stahlträgerobergurten befestigt sind, unterstützt. Die seitlichen Kragarmschalungen stützen sich über Aufhängungen punktuell auf den Stahlträgerobergurten an den Stellen der Querrahmen ab. Die Durchdringungen werden im Nachhinein ausbetoniert oder mit Ankerstopfen geschlossen, da die Aufhängungen in der Fahrbahn Löcher hinterlassen.

Die zweite Variante ist der unten fahrende Verbundschalwagen, bei dem die seitlichen Kragarme mit einer unten hängenden Schalwagenkonstruktion geschalt und betoniert werden. Dabei ist der Schalwagen an einem längslaufenden Stahlprofil eingehängt. Die Durchdringungen durch die Fahrbahnplatte entfallen bei dieser Variante. Dementsprechend kann die Fahrbahnplatte ungehindert bewehrt und betoniert werden und die Durchdringungen der Aufhängungen mitsamt

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

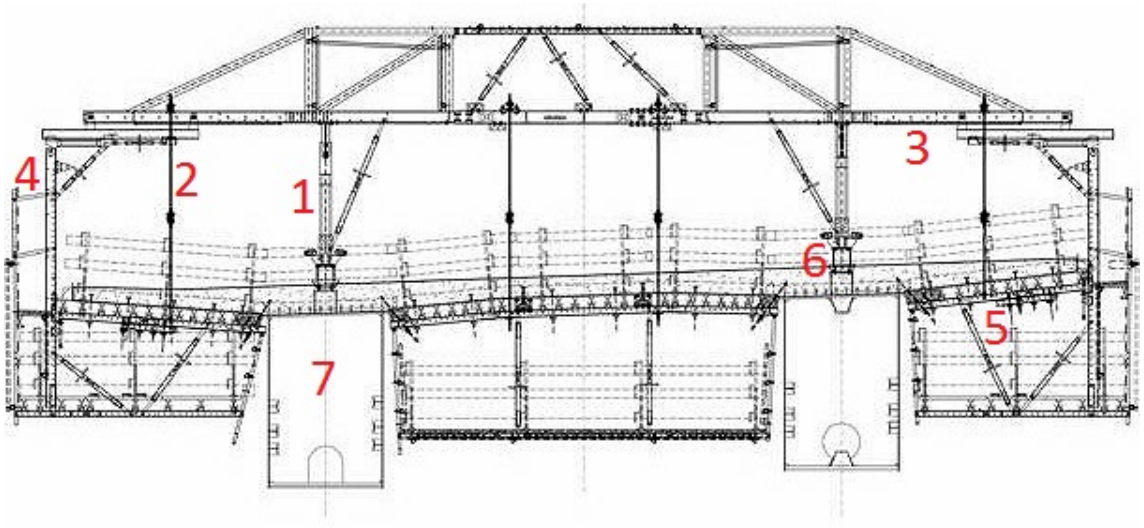



**Abb. 2.4:** Querschnitt eines oben fahrenden Schalwagens der Firma Doka, [10]

**Abb. 2.5:** Oben fahrender Schalwagen der Firma Doka, [11]

Ausbetonieren der Öffnungen werden vermieden. Der Schalungshersteller Doka [11] verspricht einen hohen Sicherheitsstandard durch den barrierefreien Zugang zur gesamten Fahrbahnplatte bei breiten Brückenquerschnitten mit Schrägstreben. Ein Beispiel für den unten fahrenden Schalwagen ist mit dem Beispielprojekt der Stahl-Beton-Verbundbrücke Nuttlar im deutschen Bestwig gegeben.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

**Beispiel: Fahrbahnplatte der Stahlverbundbrücke Nuttlar hergestellt mit unten fahrendem Verbundschalwagen**

Die Stahlverbundbrücke Nuttlar in Bestwig, Deutschland, wurde 2016 vom Unternehmen Max Bögl fertiggestellt. Dabei handelt es sich um eine 660 m lange, einzellige Stahl-Beton-Verbundbrücke mit 1000 m Radius, die im Zuge der Autobahn A46 gebaut wurde. Der Überbau besteht aus einem 6 m hohen geschlossenen Stahlkastenquerschnitt mit außenliegenden Schrägstreben und einem Stahlverbund-Längsträger an den Brückenrändern, zur Unterstützung der Kragarme. Die 28,60 m breite Fahrbahnplatte wurde mit einem unten fahrenden Verbundschalwagen des Schalungsherstellers Doka mit einer konstanten Querneigung von 4 % in Ortbeton mit dem Pilgerschrittverfahren hergestellt [9].

Die vier identischen, unten fahrenden Verbundschalwagen wurden auf die 9 m breiten und im Drittelspunkt unterstützten Kragplatten am Brückenrand ausgelegt. Durch das Vermeiden von Durchdringungen durch die Fahrbahnplatte konnte störungsfrei an der Oberseite der Fahrbahnplatte gearbeitet werden. In der Abbildung 2.6 ist die Brücke im Bauzustand dargestellt. Auf der linken Seite in Abb. 2.6a erkennt man den Querschnitt sowie die Schrägstrebe und den Längsträger aus Stahl. Dahinter liegend erkennt man den unten fahrenden Verbundschalwagen, welcher wie in Abb. 2.6b dargestellt, am Längsträger des Überbaus der Brücke befestigt und aufgehängt ist.

**(a)** Stahlverbundbrücke Nuttlar im Bauzustand – unten fahrender Verbundschalwagen

**(b)** Befestigung des unten fahrenden Schalwagens am Stahllängsträger

**Abb. 2.6:** Stahl-Beton-Verbundbrücke Nuttlar in Deutschland, hergestellt mit unten fahrendem Schalwagen, befestigt am Längsträger aus Stahl, [9]

Aus baubetrieblicher Sicht kann die Fahrbahnplatte laut Dauner [5] in 10-40 m Abschnittslängen im Wochenrhythmus betoniert werden. Jung et al. [18] gibt die Abschnittslänge mit rund 20 m pro Woche an. Einflussfaktoren auf die Wochenrhythmen sind die Abschnittslänge, das Bewehren, das Einbringen des Betons, die Aushärtungszeit des Betons, bei Notwendigkeit das Vorspannen sowie die Umsetzungszeit des Verbundschalwagens. Der Fahrbahnplattenquerschnitt bestimmt zudem die Betonmenge, die an einem Tag eingebracht werden muss. Dauner [5] beschreibt, dass der Verbundschalwagen bei Brücken mit bis zu 60 m Spannweiten zwei Wochen pro Feld benötigt. Das Einbringen des Stahlträgers benötigt im Vergleich nur die Hälfte dieser Zeit. Der Verbundschalwagen ist laut Dauner somit bei langen Brücken am wirtschaftlichsten, wo der Schalwagen auf das Bauwerk abgeschrieben werden kann. Zusätzlich ist die Herstellung mit Verbundschalwagen bei Verbundbrücken eine gute Wahl, wenn Schalgerüste nicht mehr alleine

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

vom Boden aus aufgestellt werden können und die Fahrbahnplatte als Obergurt der Konstruktion mitwirkt. Die Firma Doka beschreibt baubetriebliche Vorteile durch geringes Eigengewicht, hohe Tragfähigkeit, die Möglichkeit des Fahrens des gesamten Verbundschalwagens als eine Einheit, der Anpassungsmöglichkeit an schlanke Bauwerke sowie der Betonage im Wochentakt [11].
Die Herstellung der Fahrbahnplatte mit dem Verbundschalwagen ist bei sehr hohen Brücken in tiefen Tälern und über Flüsse sinnvoll. Für diese Fälle ist das Einrüsten mit konventioneller Schalung für die Herstellung der Fahrbahnplatte sehr schwierig oder kaum möglich. Wenn noch dazu kein Kran im Tal oder Fluss aufgestellt werden kann, muss dies berücksichtigt werden. Durch eine exakte und ausführliche Planung können in diesen Fällen Schalung und Stützkonstruktionen komplett entfallen. Dieser Vorteil trifft einerseits auf den Verbundschalwagen zu, andererseits auf die Verwendung von Fertigteilen für die Fahrbahnplattenherstellung, welche in Kapitel 2.2 beschrieben werden. Allerdings muss dabei die Länge des Kranauslegers ausreichen, um die Brücke mit Fertigteilen versorgen zu können. Ansonsten ist ein mehrmaliges Umsetzen des Krans notwendig.
Grundsätzlich verwendet man zur abschnittsweisen Herstellung der Fahrbahnplatte mit dem Verbundschalwagen das Pilgerschrittverfahren, bei dem die Feldbereiche vor den Stützbereichen betoniert werden. Dadurch werden die Betonzugspannungen in der Platte im Stützbereich stark reduziert. Eine genaue Beschreibung und Analyse der abschnittsweisen Herstellung der Fahrbahnplatte und der entstehenden Betonspannungen beschreibt Garg in seinem Werk „Betonspannungen in Fahrbahnplatten weit gespannter Verbundbrücken bei abschnittsweiser Herstellung im Pilgerschrittverfahren“ [13].

## 2.2 Fahrbahnplatte mit Fertigteilen

Weiterentwicklungen und Verbesserungen bestimmter Methoden sowie die Forderung nach möglichst schneller Bauzeit mit sehr hoher Qualität verändern Bauweisen und Herstellungsmethoden seit Jahrzehnten. Aus diesem Grund hat sich die Verwendung von Fertigteilen im Brückenbau schon seit längerer Zeit etabliert. Vennemann [29] beschreibt, dass vor allem die Bauzeitverkürzung und die geringe Beeinträchtigung des fließenden Verkehrs große Vorteile bringen. Bei der Herstellung der Fahrbahnplatte kann der Vorteil von Fertigteilen genutzt werden. Durch die Zeit- und Aufwandsersparnis bei Fertigteilen sinken die Errichtungskosten der Brücke. Fertigteile, egal ob als Vollfertigteile oder Halbfertigteile, können vor Baubeginn im Werk hergestellt werden. Durch die idealen Bedingungen im Fertigteilwerk können Produkte mit sehr hoher Qualität gefertigt werden. Bei ständiger Kontrolle während des Aushärtens des Betons im Werk können Fertigteile nach Erfordernis nachbehandelt werden. Vennemann [29] fordert, dass im Fertigteilwerk die Ausschalfristen eingehalten werden und gewissenhaft nachbehandelt werden soll.
Da die Fertigteile vom Werk auf die Baustelle transportiert und dort eingebaut werden müssen, sind Abmessungen und Gewicht der Teile essentiell. Die Betongüte wird daher bei Fertigteilen erhöht. Die Kosten steigen dabei, jedoch erhält der Beton dadurch andere Vorteile. Hue [16] beschreibt, dass durch einen höheren Zementgehalt und einen niedrigeren Wasserbindemittelwert, der Beton kompakter und dauerhafter wird. Durch die begrenzten Abmessungen entstehen viele Fugen, die durch eine genaue Planung berücksichtigt werden müssen. Berger [3] gibt eine genaue Beschreibung der Fugenausbildung bei Fertigteilplatten an. In den folgenden Kapiteln 2.2.1 und 2.2.2 werden Herstellungsmethoden für Fahrbahnplatten mit Fertigteilen beschrieben. Dabei werden als Vollfertigteile jene Elemente bezeichnet, welche ihre vollständige statische Nutzhöhe bereits erreicht haben und Ortbeton nur bei Fugen und bestimmten Ergänzungsbereichen eingesetzt wird. Halbfertigteile dienen als verlorene Schalung und werden auf der Baustelle in die

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

endgültige Position gebracht, durch Aufbeton ergänzt und tragen nach dem Erhärten des Betons mit.

### 2.2.1 Vollfertigteile als Fahrbahnplatte

Bei Vollfertigteilen als Fahrbahnplatte handelt es sich um Fertigteile, welche im Werk produziert werden und bereits die vollständige Nutzhöhe besitzen. Diese werden nach Fertigstellung auf die Baustelle transportiert und meistens mit Hilfe eines Krans an die endgültige Position gehoben. Auf der Baustelle kommt es nur zu einer lokalen Verwendung von Ortbeton für Fugen und bei beabsichtigt freigehaltenen Bereichen zur Herstellung des Verbundes mit dem Stahlbau. Dies ermöglicht wesentliche Zeiteinsparung auf der Baustelle durch die Verlagerung der Aushärtungszeiten des Betons in das Werk. Jung et al. [18] beschreiben, dass Vollfertigteile eine häufig ausgeführte Variante für die Herstellung der Fahrbahnplatte von Stahl-Beton-Verbundbrücken im internationalen Großbrückenbau sind und beispielsweise bei Schrägseilbrücken zum Einsatz kommen. Beispiele [18] sind die Sunshine-Skyway-Bridge in Florida, die Schrägseilbrücke über den Mississippi in Burlington und die Zwillings-Verbund-Schrägkabelbrücke über den Houston Ship Channel bei Baytown in Texas.
Ein Beispiel, das nicht zu den beiden erwähnten Bauverfahren in den folgenden Kapiteln 2.2.1.1 und 2.2.1.2 passt, aber trotzdem Vollfertigteile für die Fahrbahnplatte verwendet, ist die Bahretalbrücke südöstlich von Dresden in Deutschland. Durch die Forderung einer sehr kurzen Bauzeit wurde schon in der Entwurfsphase an die Herstellung der Fahrbahnplatte mit Fertigteilen gedacht. Der Regelquerschnitt in Abb. 2.7 zeigt die Wahl von Vollfertigteilen für die Kragbereiche. Diese Elemente haben Abmessungen von 3,5 m mal 3,5 m und ein Gewicht von rund 10 t. In der Mitte befindet sich ein 3,1 m breiter Streifen mit Ortbetonergänzung, welcher die Verbundwirkung der Fertigteile beider Kragbereiche und dem Obergurt des Stahl-Hohlkastens herstellt.

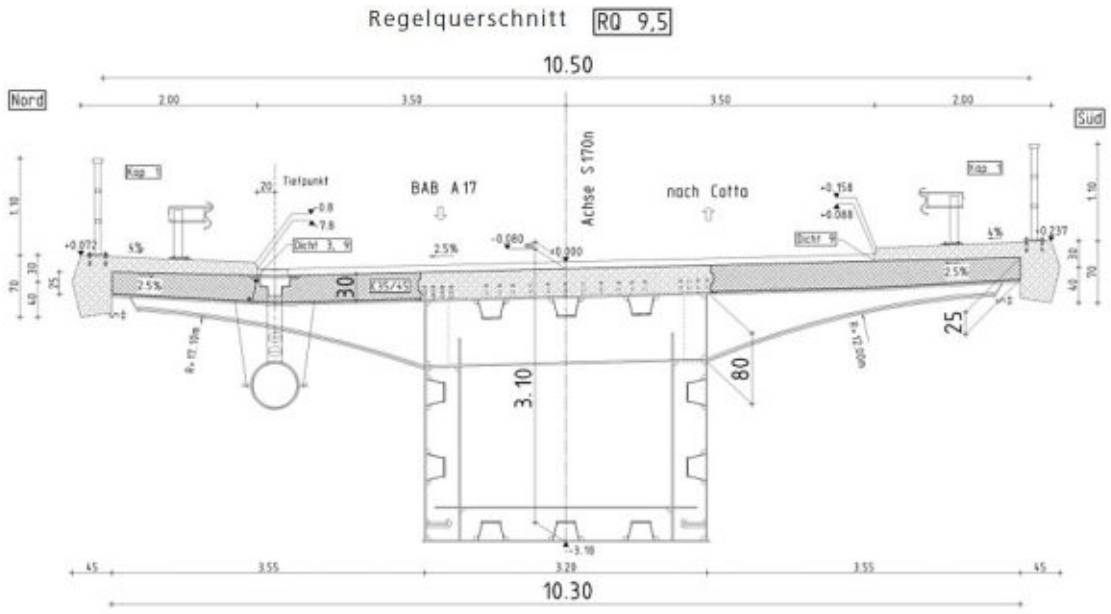



**Abb. 2.7:** Entwurf des Regelquerschnittes der Bahretalbrücke, [18]

Die Fertigteile der Fahrbahnplatte wurden parallel zur Stahlbaufertigung hergestellt. Dabei mussten im Vorhinein sämtliche Einbauteile für die Brückenentwässerung berücksichtigt werden. Nach Fertigstellung im Fertigteilwerk wurden die Segmente auf die Baustelle geliefert und zwischengelagert. Mit Ende des Einschubes der Stahllängskonstruktion erfolgte die Montage der

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Fertigteile mithilfe eines Großkrans, welcher in Abb. 2.8a dargestellt ist. Die Fertigteilmontage, Abb. 2.8b, erfolgte für die Kragarme am Stahllängsträger und an den auskragenden Querträgern.

**(a)** Großkran für das Einheben der Vollfertigteile bei der Bahretalbrücke

**(b)** Montage der Vollfertigteile mithilfe des Großkrans am Stahllängsträger

**Abb. 2.8:** Bahretalbrücke – Stahl-Beton-Verbundbrücke bei der Vollfertigteile für die Herstellung der Fahrbahnplatte verwendet wurden – Darstellung des Großkrans und Montage der Fertigteile, [18]

Die Fertigteile auf einer Brückenlänge von 352 m wurden innerhalb von 3 Wochen eingebaut. Diese Zeit erhöht sich, wenn man das mehrmalige Umsetzen des Großkrans dazurechnet. Zusätzliche Zeitersparnis erreichte man durch das gleichzeitige Montieren der Fertigteile und das Verlegen der Bewehrung an der Stelle mit ausstehender Ortbetonergänzung. Diese Restfläche in der Mitte wurde in einem Schritt von einem Ende der Brücke bis zum anderen innerhalb von 12 Stunden betoniert.
Für die Bemessung ist besonders wichtig daran zu denken, dass bei der Verwendung von Vollfertigteilen für die Fahrbahnplatte das gesamte Gewicht in einem Schritt auf die Stahllängskonstruktion wirkt. Im Vergleich dazu wird bei der Verwendung von Ortbeton das Gewicht abschnittweise in Betonierabschnitten aufgebracht. Dadurch entstehen andere Bemessungs- und Montagezustände, die bei der Planung berücksichtigt werden müssen. Aus baubetrieblicher Sicht kann man hervorheben, dass durch die Ausführung mit Vollfertigteilen laut Jung et al. [18] einige Vorteile entstanden sind:

- hohe Betonqualität aufgrund der Vorfertigung im Werk
- parallele Fertigung von Stahlbau und Betonbau – kurze Bauzeit
- wirtschaftliche Konstruktion
- Herstellung der Fertigteile für die Fahrbahnplatte unabhängig von Witterungseinflüssen im Werk – das Wetterrisiko beschränkt sich auf wenige Tage, weil nur mehr die Montage, das Bewehren und Ortbetonergänzungen auf der Baustelle erledigt werden müssen

Nachteile sind die meist schwierige Fugenausbildung und die Sicherstellung des Verbundes. Aus der Recherche geht hervor, dass es viele verschiedene ähnliche Ausführungsmethoden gibt, die sich in Details und projektspezifischen Anpassungen unterscheiden. Zwei Herstellungsverfahren der

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Fahrbahnplatte mit Vollfertigteilen werden dabei in den folgenden Kapiteln 2.2.1.1 und 2.2.1.2 beschrieben.

#### 2.2.1.1 Einschubverfahren

Das Einschubverfahren wurde in der Schweiz in den 1970er Jahren entwickelt [4], [5]. Mittlerweile wurde diese Methode aber vom Verbundschalwagen abgelöst. Im Prinzip wird in oder vor der Brücke ein rund 30 m langes, absenkbares Schalbrett aufgebaut. Nach dem Ausgießen und Erhärten des Ortbetons wird das Schalbrett abgesenkt und die Fahrbahnplatte als Vollfertigteil etappenweise auf den Trägerobergurten in seine Position geschoben. Durch Aussparungen in der Vollfertigteilplatte wird Platz für die Verbundherstellung mittels Kopfbolzendübel freigehalten, siehe Abb. 2.9. Die Kopfbolzen müssen nachträglich (nach Einschub der Vollfertigteilplatte) auf der Baustelle auf die Längsträger aufgeschweißt werden.

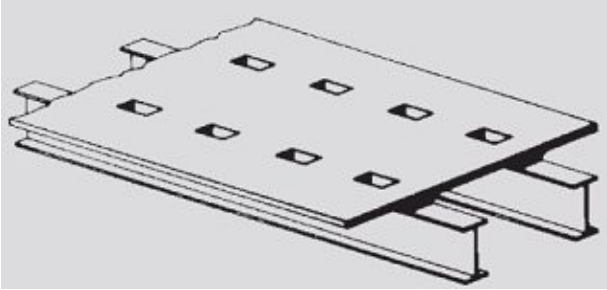


**Abb. 2.9:** Vollfertigteilplatte auf der Brückenlängskonstruktion mit Aussparungen zur Verbundherstellung, [5]

Der Verschub in Längsrichtung wird durch Druckkolben erzeugt. Gleitschuhe auf Graphitpulver helfen jeweils an den Punkten der Aussparungen das Verschieben des Vollfertigteiles zu erleichtern. Das Einschubverfahren kann nur bei Brücken angewendet werden, die in einem Kreis oder einer Geraden liegen. Ähnlich zum Verbundschalwagen wird im Wochenrhythmus betoniert. Durch den Verschub der Vollfertigteilplatten und der entstehenden Reibung ist das Herstellungsverfahren laut Dauner [5] mit einer Brückenlänge von 300 bis 400 m begrenzt. Um in beide Richtungen verschieben zu können, kann bei einer Brückenlänge ab 300 m das Schalbett in der Mitte eingehängt werden. Dauner beschreibt Brücken aufgrund hoher Installationskosten bis zu 300 m Länge mit dem stationären Schalbrett als nicht rentabel. Durch die große Betonmenge, die auf der Baustelle betoniert werden muss, findet zudem kein substantieller Zeitgewinn bei der Fahrbahnplattenherstellung statt.
Eine sehr ähnliche Methode wurde in Frankreich verwendet. Die Dübel zur Verbundherstellung können dabei bereits in der Werkstatt versetzt werden, da eine Aussparung über die ganze Brückenlänge ausgeführt wird. Somit wird diese Fuge im Nachhinein mitsamt Obergurt und Dübel über die gesamte Brückenlänge mit Ortbeton ausgegossen. Zu sehen ist diese Methode in Abb. 2.10.
Dauner [4] beschreibt einige Nachteile der erwähnten Methoden mit Vollfertigteilen. Dabei entstehen Schwindrisse in der Betonoberfläche im Bereich der Aussparungen und der Fugen. Bei manchen Ausführungsmethoden wird zudem nur der Stahlobergurt um die Dübelgruppen ausbetoniert, sodass unkontrollierbare Korrosion in den Zwischenräumen auftreten kann. Eine weitere ähnliche Methode zur Herstellung der Fahrbahnplatte mit Fertigteilen und ausbetonierten Fugen, welche in der Schweiz in den 1960er und 1970er Jahren bei einigen Verbundbrücken ausgeführt wurde, ist von Dauner [5] in „Techniken zum Bau der Fahrbahnplatte bei Verbundbrücken“ beschrieben. Das Verfahren wurde allerdings aus Qualitätsgründen vom Einschubverfahren und

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

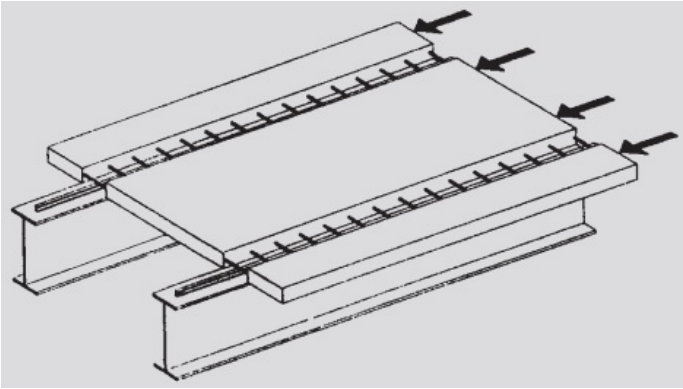


**Abb. 2.10:** Vollfertigteilplatte auf der Brückenlängskonstruktion mit beidseitigen Aussparungen zur Verbundherstellung über die gesamte Brückenlänge, [5]

im Anschluss vom Verbundschalwagen ersetzt.
Um einen Überblick über die unterschiedlichen Verfahren zur Herstellung der Fahrbahnplatte zu erhalten, reichen die hier beschriebenen Methoden aus. Deshalb werden an manchen Stellen Methoden nur kurz erwähnt und auf weiterführende Literatur verwiesen.

#### 2.2.1.2 Fahrbahnplatte mit verklebten Fertigteilen

Bei diesem Verfahren werden transportfähige Plattenelemente im Fertigteilwerk mit der sogenannten Match-Casting Methode hergestellt. Dabei werden die nummerierten Segmente so gegeneinander betoniert, dass auf der Baustelle jedes Segment mitsamt aller Öffnungen und Kabelkanäle zueinander passt. Diese Segmente werden stirnseitig am Einbauort, wie in Abb. 2.11 gezeigt, mit Epoxydharzmörtel verspachtelt. Die Dichtungsringe haben die Aufgabe, den Kabelkanal von Kleber freizuhalten. Um eine bündige Verklebung der Segmente untereinander herzustellen, werden die Elemente mit einer äußeren Montagevorspannung aneinander gepresst. Ein 2 cm dicker Teflongleitschuh stellt sicher, dass die Segmente auf den Stahlobergurten gleiten. Zur Verbundherstellung muss in die verbleibende Fuge zwischen Stahlträger und Beton-Fahrbahnplatte Zementmörtel injiziert werden.

**Abb. 2.11:** Segment aus dem Fertigteilwerk nach dem Positionieren auf dem Längsträger – wird mit Klebemörtel verspachtelt – runder Dichtungsring dient als Schutz für den Kabelkanal, [5]

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Als Beispiel für diese Herstellungsmethode der Fahrbahnplatte erwähnt Dauner [4] die Talbrücke Dättwil in der Schweiz, bei der durch den Einsatz der Klebetechnik für die Herstellung der Fahrbahnplatte ein Zeitgewinn von rund 4 Monaten entstand. Dort kamen Plattensegmente mit einer Breite von 16,60 m und Länge von 3,20 m sowie einem Gewicht von rund 49 t zum Einsatz. Die Längskonstruktion, ausgeführt als Rohrfachwerk, der Talbrücke Dättwil ist in Abb. 2.12 zu sehen.

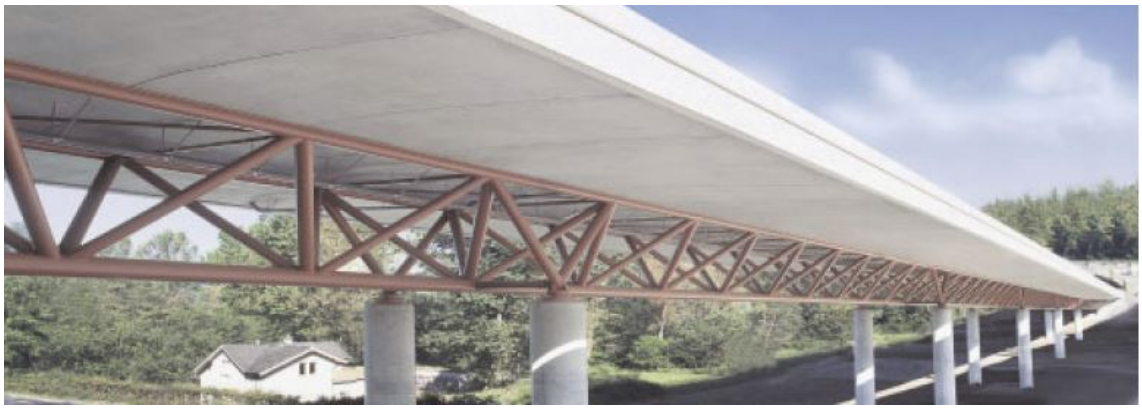


**Abb. 2.12:** Ausführung der Fahrbahnplatte mit verklebten Fertigteilen am Beispiel der Talbrücke Dättwil mit Rohrfachwerk als Längstragwerk, [4]

Entwickelt hat sich die Herstellungsmethode der Fahrbahnplatte mit verklebten Fertigteilen aus der Segmentbauweise von Spannbetonbrücken von französischen Ingenieuren. Der Ablauf ist sehr ähnlich, allerdings wird dabei nicht die Fahrbahnplatte sondern das Längstragwerk hergestellt. Genauere Beschreibungen findet man in den Werken *Bauverfahren des Brückenbaus* [15] und *Handbuch Brücken* [26]. Ein Beispiel, wo diese Segmentbauweise für die Längskonstruktion Anwendung fand, ist der Bangkok Expressway in Thailand [14].

### 2.2.2 Halbfertigteile mit Aufbetonschicht als Fahrbahnplatte

Bei der Verwendung von Halbfertigteilen für die Herstellung der Fahrbahnplatte entfällt die Schalung. Die unten liegenden Halbfertigteilelemente übernehmen diese Aufgabe und tragen nach dem Erhärten des Aufbetons im Verbund zusätzlich statisch mit. Nach dem Verlegen der Platten wird die Bewehrung für die Aufbetonschicht als auch für die Fugenstöße zwischen den Fertigteilen eingebracht. Üblicherweise wird der Ortbeton in einem Schritt eingebracht, sodass sämtliche zusätzliche Fugen entfallen.

Im Rahmen des hier erwähnten Brückenbauprojekts werden einige entscheidende Vorteile gegenüber konventioneller Schalung aufgezeigt. Der Neubau der Straßenbrücke Horsterdamm in Deutschland ist ein Beispiel für die Herstellung der Fahrbahnplatte mit Halbfertigteilen und anschließendem Aufbeton [25]. Die verwendete Methode hat projektspezifische Anpassungen, ist aber trotzdem ein erwähnenswertes Beispielprojekt für die Herstellung der Fahrbahnplatte. Das Stahllängstragwerk mit rund 75 m, bestehend aus einem Stabbogen mit Rundstahlhängern, Versteifungsträgern und Querträgern, wurde auf der Baustelle vormontiert und mittels Längsverschub auf einem Ponton, einem Schwimmkörper, lanciert. Abb. 2.13 zeigt die eingeschobene Brücke, querende Leerrohre und die verlegten Beton-Halbfertigteilplatten. Sowohl die zahlreichen Leerverrohrungen als auch die möglicherweise schwierigen Betonierarbeiten über dem Elbe-Lübeck-Kanal und der darunterliegenden Bahnstrecke führten zur Wahl von Halbfertigteilen als Schalung für die Fahrbahnplatte.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

**Abb. 2.13:** Ansicht der Bogenbrücke Horsterdamm: Zu sehen sind dabei die Leerverrohrungen, das Haupttragwerk und die verlegten Halbfertigteile, [25]

Die Fertigteile wurden mit einer lichten Spannweite von 3,20 m und Dicke von d = 12 cm als Einfeldträger geplant. Abb. 2.14 zeigt die innerhalb einer Woche fertig verlegten Halbfertigteile als Schalung für den Aufbeton. In der Abbildung sehr gut zu erkennen ist dabei die aufgeraute Betonoberfläche zur Mithilfe einer einwandfreien schubfesten Verbindung. Vor dem Eingießen der 23 cm Ortbetonschicht wurden die freien Ränder der Fertigteile mit einem Fugenband verschlossen. Toleranzmaße konnten mit Elastomerstreifen als Auflager der Fertigteile ausgeglichen werden. Der Verbund von Fertigteilen und Ortbeton wurde durch oben offene Bügel, die die Ortbetonbewehrung umschließen, sichergestellt. Die Fahrbahnplatte aus Stahlbeton ist durch Kopfbolzen schubfest mit der Stahlkonstruktion verbunden.

**Abb. 2.14:** Eingebaute Halbfertigteile als Schalung für den Aufbeton, [25]

Lühr et al. [25] beschreiben einige wesentliche Vorteile, die durch die Herstellung der Fahrbahnplatte mit untenliegenden Halbfertigteilen entstanden sind:

- Durch den geringeren Anteil an Frischbeton (23 cm Aufbetonschicht mit 12 cm Halbfertigteildicke) gibt es rund 30 % weniger Wärmeentwicklung als bei Herstellung einer Vollplatte aus 35 cm Ortbeton.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

- Bei der Betonage wirkt das 12 cm Fertigteil dämpfend auf die Wärmeentwicklung und erreicht nur eine Temperatur von rund 15°C an der Plattenunterseite.
- Die auftretenden Zugnormalkräfte im Frischbeton können durch das bereits tragfähige Fertigteil als Druckkräfte abgebaut werden.
- Infolge Zwang kann ein Durchreißen der Fahrbahnplatte in Längsrichtung ausgeschlossen werden, da der Zwang in den Fertigteilen Druckkräfte erzeugt.
- An den freien Rändern der Fertigteile können in Querrichtung der Brücke Risse entstehen und durch die gesamte Platte verlaufen. Deshalb muss für diesen Fall zwingend an der Unterseite eine rissverteilende Bewehrung eingebaut werden.
- Bei einem Vergleich der konventionell geschalten Stahlbetonfahrbahnplatte mit der Fahrbahnplatte mit Halbfertigteilen und Aufbetonschicht sieht man, dass bei gleicher Bauteildicke der Fahrbahnplatte die Rissneigung aus Zwang durch abfließende Hydratationswärme beim Einsatz von Fertigteilen tendenziell abnimmt und somit weniger Bewehrung erforderlich ist.
- Durch die Verwendung von Fertigteilen und den dadurch entstehenden Wegfall des Ausschalens, konnte laut Lühr et al. [25] rund 1 Monat an Bauzeit im Vergleich zur konventionellen Bauweise gespart werden.

Es gibt viele Herstellungsmethoden, die durch projektspezifische Anpassungen entstanden sind und sich nur in wenigen Details unterscheiden. Zwei interessante Herstellungsverfahren der Fahrbahnplatte mit Halbfertigteilen, die einen guten Überblick geben, werden dabei in den folgenden Kapiteln 2.2.2.1 und 2.2.2.2 beschrieben.

#### 2.2.2.1 Großflächenschalelemente

Eine Möglichkeit Halbfertigteile für die Brücken-Fahrbahnplatte zu verwenden, ist der Einsatz von Großflächenschalelementen [26], [28]. Dabei werden rund 10 cm dicke Halbfertigteilplatten aus Beton auf die Stahllängskonstruktion gelegt. Sie dienen als Ersatz für die Schalung und werden nach dem Ausbetonieren in die Verbundplatte integriert. Grundsätzlich gibt es zwei Arten der Halbfertigteilplatten bei diesem System: einfache Elemente zwischen den Stahlträgern und Randelemente für die Kragarme. Der erste Typ stützt sich zwischen den beiden Stegen der Stahlträger ab. Diese Platten spannen in Querrichtung. Der zweite Typ von Halbfertigteilplatte sind die auskragenden Platten. Diese liegen auf den beiden Längsträgern sowie auf den rund 1,45 m auskragenden Querträgern (die mindestens zweimal pro Halbfertigteilplatte angeordnet sind) auf. Die unterstützenden Querträger sind in Abb. 2.17 in der linken unteren Ecke zu erkennen. Abb. 2.15 zeigt im Querschnitt die zwei Typen von Halbfertigteilen, welche bei zwei I-Trägern aus Stahl als Schalung im Einsatz sind.
Um die Halbfertigteilplatten am Rand auf den äußeren Träger auflegen zu können werden entsprechend Dübel-Aussparungen vorgesehen. U. Kuhlmann, A. Detzel und G. Hauf in *Handbuch Brücken* [26] beschreiben, dass durch die Verwendung von Doppeldübel eine teilweise wirkende Stahlträger-Fertigteil-Verbundwirkung in Längsrichtung erreicht werden kann. Nach dem Ausgießen der Längs- und Querfugen inklusive der Dübel-Aussparungen ist der Verbund nach dem Erhärten des Betons vollkommen vorhanden. Die Fertigteile werden auf schmalen Elastomerstreifen auf den Stahlträgern aufgelagert. Dadurch wird die Fuge abgedichtet und auftretende Toleranzen können aufgefangen werden. In Abb. 2.16 ist das Anschlussdetail der Fertigteilplatten

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

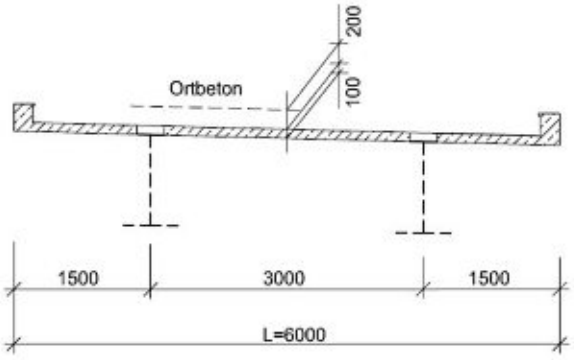



**Abb. 2.15:** Querschnitt einer Brücke mit zweistegiger Stahllängskonstruktion (I-Träger) und Verwendung von Halbfertigteilen als Schalung für den Aufbeton, (Bild aus Kuhlmann, Ulrike, A. Detzel und G. Hauf: Herstellung und Ausführungsmethoden – Brücken in Verbund- und Mischbauweise) In: [26]

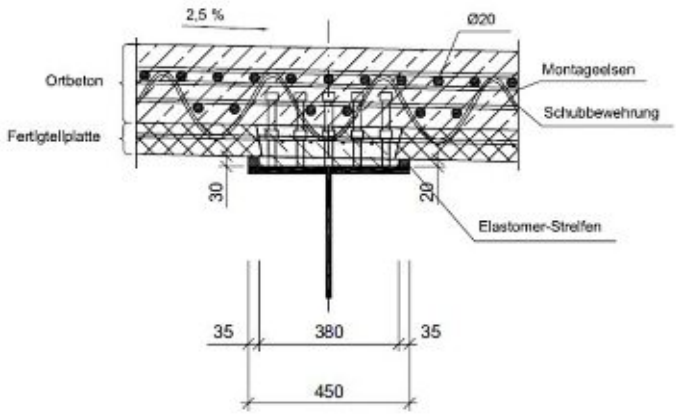



**Abb. 2.16:** Anschlussdetail des Stahlträgerauflagers, (Bild aus Kuhlmann, Ulrike, A. Detzel und G. Hauf: Herstellung und Ausführungsmethoden – Brücken in Verbund- und Mischbauweise) In: [26]

mit dem Stahllängsträger dargestellt. Zu erkennen sind der beschriebene Elastomerstreifen, die rund 10 cm dicke Fertigteilplatte und Ortbetonschicht sowie die Doppeldübel.

Die Halbfertigteile werden mithilfe eines Krans auf die richtige Position gehoben. Abb. 2.17 in [19] zeigt die Donaubrücke Lauingen im Bauzustand. Nachdem die Halbfertigteile fertig verlegt sind, wird die Ortbetonschicht aufgetragen. Der Querschnitt in Abb. 2.15 verlangt 20 cm Aufbeton. Verwendet werden die Großflächenschalelemente für kleinere und mittlere Spannweiten [26].

#### 2.2.2.2 Verbund-Fertigteil-Träger (VFT) bei Verbundbrücken

In der VFT-Bauweise wird ein Verbundfertigteilträger, bestehend aus Stahlträger und Betonfertigteilflansch, als Einheit auf die Baustelle transportiert. Der Betonflansch dient als Schalung für die Ortbetonergänzung und hat zusätzlich die Aufgabe den Träger bei Transport und Montage zu stabilisieren. Der Stahlträger ist in der Regel ein I-Träger oder ein U-förmiger Hohlkasten, ausgebildet als Schweißträger. Beschrieben wird die VFT-Bauweise in den Werken *„VFT-Bauweise - Entwicklung von Verbundfertigteilträgern im Brückenbau“* [12], *Brücken mit Verbund-Fertigteil-Trägern* [17] und *Handbuch Brücken* [26]. Abb. 2.18 zeigt einen Verbund-

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

**Abb. 2.17:** Auflegen der Großschalelemente mittels Kran, [19]

Fertigteil-Träger-Querschnitt. Dabei sind Beschreibungen zu erkennen, welche ungefähre Ansätze für Abmessungen und Betongüten angeben. Der Betondruckflansch des Teilverbundquerschnittes erzeugt einen steifen Verbundquerschnitt. Durch die Mithilfe des Betonflansches bereits beim Betonieren, kann der Stahlquerschnitt wesentlich verkleinert werden und Material gespart werden.

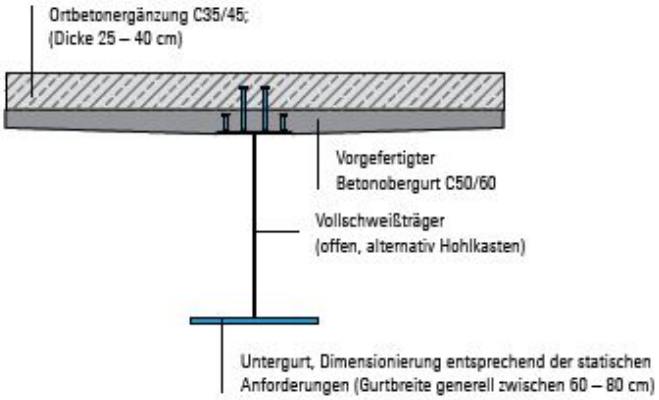



**Abb. 2.18:** Verbund-Fertigteil-Träger (VFT) als offener I-Vollschweißträger mit konstanter Bauhöhe, [17]

Die Herstellung des Stahlträgers startet im Stahlwerk inklusive der Ergänzung von Kopfbolzen am Obergurt zur Verbundsicherung. Die Höhen der Kopfbolzen unterscheiden sich, um einerseits Verbund zum Fertigteilflansch zu sichern, andererseits Verbund mit der Ortbetonschicht zu bewerkstelligen. Der fertige Stahlträger wird eingeschalt, bewehrt und betoniert. Am Obergurt entsteht somit ein üblicherweise rund 3 m breiter Betondruckflansch. Aufgrund dieser begrenzten Breite werden meist mehrere VFT-Träger aneinander angeordnet. Das ausgehärtete Verbundfertigteil wird ausgeschalt und auf dem Fertigungsplatz spannungsfrei zwischengelagert und von dort auf die Baustelle geliefert. Auf der Baustelle wird das VFT-Fertigteil mit dem Kran positioniert, passend dazu Abb. 2.19, und auf das temporäre Auflagergerüst gehoben.
Falls der Fall nebeneinanderliegender Betonflansche eintritt, müssen diese laut Doss et al. [12] untereinander gekoppelt werden. Am Ende wird die Ortbetonergänzung betoniert. Durch den vorhandenen Obergurtbetonflansch wird keine Montageaussteifung während des Betonierens verwendet.

Durch Weiterentwicklungen und projektspezifische Anpassungen entstanden einige ähnliche

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

**Abb. 2.19:** Vollschweißträger mit einer Bauhöhe von 2,65 m, Betonfertigteilflansch mit 3,10 m Breite und einem Verlegegewicht von 80 t am Beispiel der Talbrücke Oberharthmannsreuth, Deutschland, [17]

Verfahren zum VFT-Träger, welche in [12], [17] und [26] beschrieben sind, aber für diese Arbeit nicht wesentlich sind. Die Idee des Verbund-Fertigteil-Trägers (VFT) für den Stahl-Beton-Verbundbau kommt aus dem Spannbetonbrückenbau, bei dem mehrstegige Plattenbalkenfertigteile inklusive breiter Obergurte als Schalung zum Betonieren der Ortbetonplatte zum Einsatz kommen. Doss et al. [12] beschreibt, dass dabei die Spannbetonbrücken aufgrund des großen Eigengewichts auf rund 30-40 m Stützenweite beschränkt sind. Diesen Vorteil nutzt im Vergleich zum Spannbetontragwerk der Verbundbau mit geringerem Gewicht. Dies ist auch der Grund, weshalb der wirtschaftliche Einsatz von Verbunddeckbrücken im Bereich von 20-80 m Stützeweite liegt. Die Ingenieurgesellschaft SSF Ingenieure [17] beschreibt, dass eine Trägerlänge beim Transport über die Straße von 60 m und über Wasser eine Länge bis zu 100 m möglich ist. Weitere baubetriebliche Vorteile sind laut Doss et al. [12]:

- Materialersparnis bei Baustahl und dadurch entstehende günstigere Herstellungskosten
- hoher Vorfertigungsgrad und damit kürzere Bauzeit
- hohe Qualität durch Herstellung im Werk
- einfache Prüfbarkeit der Bausubstanz
- Dauerhaftigkeit der Konstruktion und nachträgliche Verstärkung einfach möglich

Ein sehr gutes Beispiel um zu sehen, wie Bauverfahren bei komplexen Aufgabenstellungen miteinander verknüpft werden, ist die in Abb. 2.19 und 2.21 gezeigte Talbrücke Oberharthmannsreuth [1]. Ausgeführt wurde diese Brücke mit Spannweiten von rund 44 m in 5 Feldern mithilfe von VFT-Trägern. Dabei wurde nicht wie die Prinzipskizze Abb. 2.20 (grundsätzlicher Ablauf bei Einsatz eines VFT-Trägers von links nach rechts) zeigt, Ortbeton auf den Betonfertigteilgurt des VFT-Trägers gegossen, sondern ein Verbundschalwagen für die Herstellung der Fahrbahnplatte verwendet.

Nach Fertigstellung der Pfeiler wurden die VFT-Träger auf die unterstützenden Montagekonstruktionen gesetzt. Die 44 m langen, 3,10 m breiten und rund 80 t schweren VFT-Träger mussten vom Fertigteilwerk auf die Baustelle transportiert werden. Dafür war eine Gesamtfahrzeuglänge der LKWs von 55 m erforderlich. Die VFT-Träger wurden mithilfe eines 850 t Hydraulik Autokrans eingehoben. Wie im Ablaufschema Abb. 2.21 zu erkennen ist, erfolgte nach der Positionierung der VFT-Träger die Herstellung der Betonquerträger an den End- und Pfeilerquerschnitten. Nach Montage des Schalwagens konnte die Herstellung der Fahrbahnplatte in 22,40 m langen Betonierabschnitten ausgeführt werden. Aufgrund der Breite der Fahrbahnplatte (dafür wären sehr viele VFT-Träger notwendig gewesen) und anderen gegebenen Umständen

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

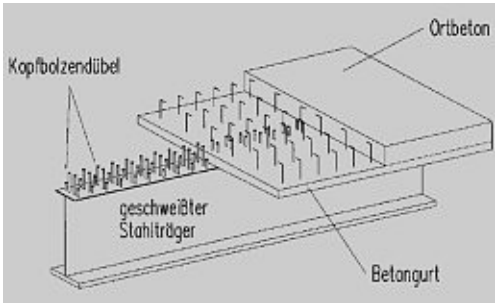



**Abb. 2.20:** Prinzipskizze des VFT-Trägers, [1]

wurde hier nicht zur klassischen Art der Ortbetonergänzung bei VFT-Trägern gegriffen, sondern zusätzlich die Fahrbahnplatte mit dem Verbundschalwagen mit Ortbeton ausgeführt.

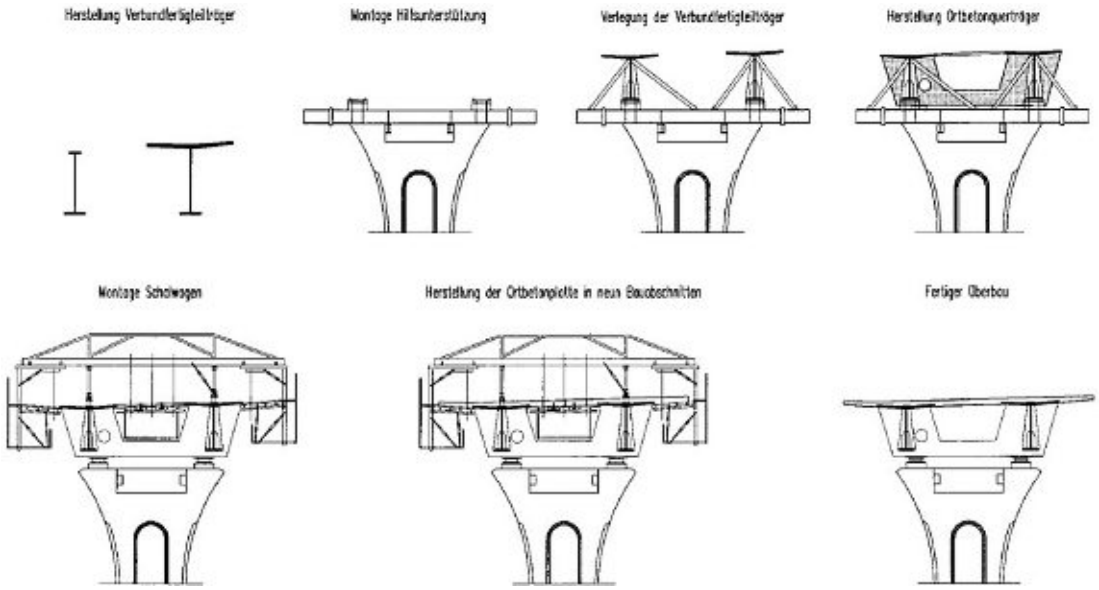



**Abb. 2.21:** Ablaufschema bei der Herstellung des Überbaus der Talbrücke Oberhartmannsreuth, [1]

### 2.2.3 Neues Verfahren mit dem Versetzwagen

Das vom Institut für Tragkonstruktionen - Forschungsbereich für Stahlbeton- und Massivbau (Patent erteilt in Österreich – laufend auf Prof. Dr.-Ing. Johann Kollegger [21]) entwickelte Bauverfahren setzt bei der Herstellung der Fahrbahnplatte auf Halbfertigteile, die nachträglich mit Aufbetonschichten in zwei Schritten ergänzt werden [23]. Die 7 cm dicken Fertigteilelemente, welche im Hochbau als Großflächenplatten bzw. Elementdecken zum Einsatz kommen, werden vom Fertigteilwerk auf den Montageplatz der Baustelle geliefert. Am Montageplatz, zu sehen in der oberen Abb. 2.22, werden die Halbfertigteilplatten auf Montageträgern positioniert und die zusätzlich notwendige Bewehrung verlegt. Anschließend wird eine 5 cm Aufbetonschicht aufgebracht. Nach dem Erhärten des Betons, was rund ein bis zwei Tage in Anspruch nimmt, fährt der Versetzwagen zum Montageplatz und hebt die Betonplatte auf. Die höhenverstellbaren Zugstangen müssen am Montageplatz noch fixiert werden. Es handelt sich

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

dabei nur um den Anschluss, da der untere Teil der Abhängungen bereits im Fertigteil verankert ist.

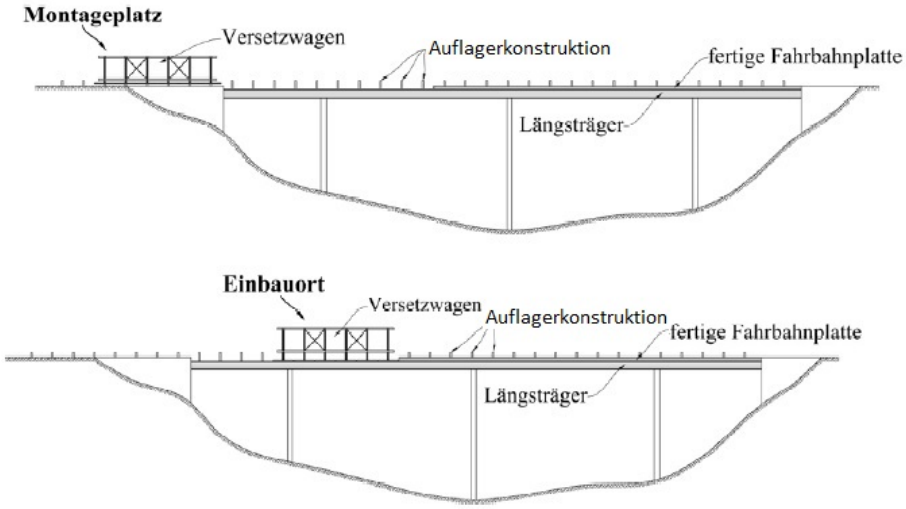



**Abb. 2.22:** Ablaufschema bei der Verwendung des Versetzwagens für die Herstellung der Fahrbahnplatte, [24]

Der Versetzwagen ist das Beförderungsmittel und wird auf Auflagerkonstruktionen entlang der Längskonstruktion verfahren. Er entwickelte sich aus dem Verbundschalwagen und weist deshalb einige Ähnlichkeiten auf. Der Versetzwagen bringt die 12 cm dicken Platten zum Einbauort. An der Stelle des Einbauorts, zu sehen in der unteren Abb. 2.22, legt der Versetzwagen die Platte am Brückenträger ab und die zweite Aufbetonschicht aus Ortbeton wird aufgebracht. Nach dem Erhärten der 2.Aufbetonschicht kann der Versetzwagen zum Montageplatz zurückfahren. Der Verbund zwischen Halbfertigteil und Ortbeton entsteht durch aufgeraute Oberflächen und Bügelbewehrung. Bei der Herstellung der Fahrbahnplatte mit dem Versetzwagen entsteht durch die Verwendung von Halbfertigteilplatten eine große Zeitersparnis, welche einen 3-Tages-Betonierrhythmus ermöglichen soll. Die Beschreibung an dieser Stelle dient dazu, einen kurzen Einblick in das neue Verfahren zu geben. Genauer wird das Verfahren mit dem Versetzwagen in Kapitel 3 beschrieben.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

# Kapitel 3

# Herstellung der Brückenfahrbahnplatte mit Versetzwagen

Die Fahrbahnplatte aus Stahlbeton bei Brücken kann durch sehr viele verschiedene Verfahren hergestellt werden. Da die Bauzeit bei Projekten eine immer größer werdende Bedeutung darstellt und die Herstellung der Fahrbahnplatte mit der kurzen Bauzeit der Längskonstruktion (zum Beispiel das Lanzieren von Stahlträgern) nicht mithalten kann, sollen mit dem Einsatz des Versetzwagens mit Halbfertigteilen bei der Fahrbahnplatte zwei Bauabschnitte pro Woche betoniert werden. Im Vergleich dazu wird mit dem aktuell eingesetzten Verbundschalwagen ein Bauabschnitt pro Woche hergestellt.
Die Verbindung von Halbfertigteilen mit Aufbeton als Ergänzung in zwei Schritten zeichnet das Verfahren zur Herstellung der Fahrbahnplatte mit dem Versetzwagen bei Brücken aus. Wichtig für die Anwendung des Versetzwagens ist es, dass er auf der Längskonstruktion fahren kann. Es ist möglich, das Verfahren bei allen Querschnitttypen (zum Beispiel Balken- oder Hohlkastenquerschnitt) von Längskonstruktionen anzuwenden, wenn der Versetzwagen Auflagerkonstruktionen an zwei Seiten im Querschnitt besitzt. Da die beiden Beispielprojekte (Murbrücke Mixnitz und Lafnitzbrücke) Balken als Längsträger aus Stahl bzw. Spannbeton haben, wird für die Beschreibung des Verfahrens von Längsträgern mit Balkenquerschnitt aus Stahl ausgegangen.
Der Versetzwagen ist eine Weiterentwicklung des Verbundschalwagens. Ein Modell des Versetzwagen ist in Abb. 3.1 gezeigt.

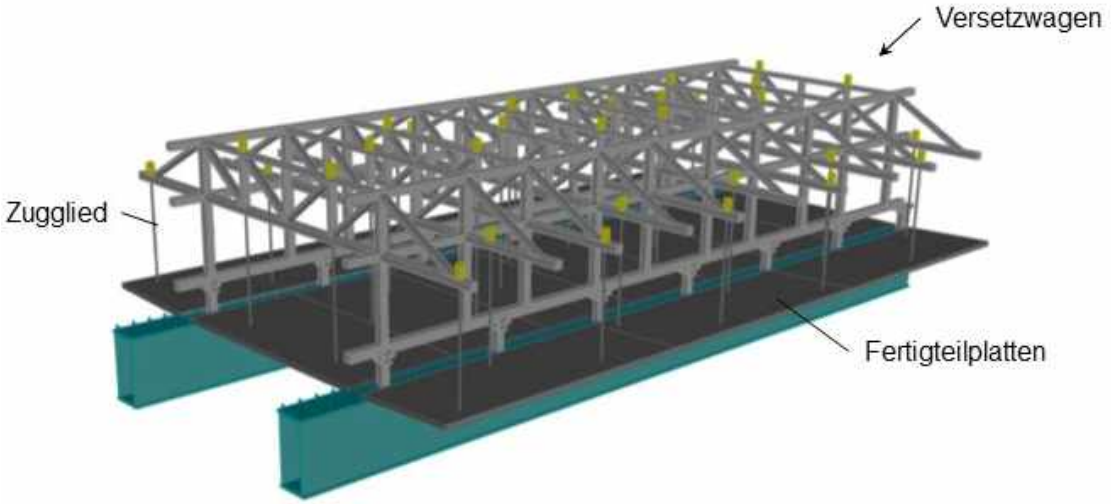



**Abb. 3.1:** Versetzwagen auf den Stahllängsträgern – Fertigteile durch Zugglieder gehalten, [24]

In den folgenden Abschnitten dieses Kapitels wird das Verfahren zur Herstellung der Fahrbahnplatte mit dem Versetzwagen und dessen möglicher Einsatzbereich beschrieben. Die Abmessungen der Bauabschnitte der Fahrbahnplatte und deren entstehenden Fugen durch begrenzte Abmessungen

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

der Fertigteile werden erwähnt und die Lösung zur Herstellung einer monolithischen Fahrbahnplatte aufgezeigt. Zum Abschluss des Kapitels wird auf die Besonderheiten und Neuerungen des Versetzwagens eingegangen.

## 3.1 Beschreibung des Verfahrens

Das neue Verfahren zur Herstellung der Brückenfahrbahnplatte, entwickelt vom Institut für Tragkonstruktionen – Forschungsbereich für Stahlbeton- und Massivbau, verbindet Halbfertigteile mit zwei Aufbetonschichten zu einer Fahrbahnplatte [23]. Die Produktion der 7 cm dicken Halbfertigteile kann vor Baubeginn im Fertigteilwerk erfolgen. Dabei können die Platten im Werk unabhängig von Wind und Wetter mit sehr hoher Qualität gefertigt werden. Die Fertigteile werden nach der Herstellung mit dem LKW auf die Baustelle gebracht und in der Nähe des Montageplatzes gelagert. Am Montageplatz wird eine Konstruktion aus Montageträgern hergestellt, auf der die Fertigteile im Anschluss mithilfe eines Krans positioniert werden. Abb. 3.2 zeigt die Montageträger, auf denen die Halbfertigteilplatten aufgelagert sind.

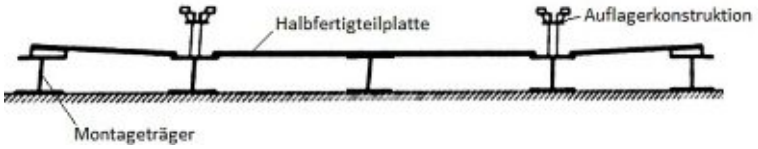



**Abb. 3.2:** Montageplatz auf der Baustelle – Auflagerung der Halbfertigteile auf den Montageträgern, (Skizze vom Institut für Tragkonstruktionen)

Ein Teil der statisch erforderlichen unteren Bewehrung ist im Halbfertigteil bereits vorhanden. Die untere Bewehrung in Längsrichtung sowie die obere Bewehrungslage, die verlegt werden kann und im weiteren Verlauf des Transports auf den Einbauort kein Hindernis darstellt, wird nach Positionierung der Fertigteile auf den Montageträgern ergänzt. Im letzten Schritt auf dem Montageplatz wird eine 5 cm Aufbetonschicht betoniert. Diese Betonschicht mit Länge eines Bauabschnittes befindet sich im mittleren Feld zwischen den Auflagerkonstruktionen in Abb. 3.2 und an den beiden Kragarmfeldern. Beide Bereiche, an den Stellen wo die Fertigteile auflagern, werden am Montageplatz nicht mitbetoniert. Die Vorbereitungstätigkeiten am Montageplatz können bereits kurz vor fertiger Herstellung der Längstragkonstruktion beginnen. Aus baubetrieblicher Sicht ist es am sinnvollsten, die erste Aufbetonschicht über das Wochenende zwei bis drei Tage aushärten zu lassen. Nach dem Aushärten der Aufbetonschicht fährt der Versetzwagen zum Montageplatz und die Platten werden am Versetzwagen mithilfe von Aufhängungen fixiert. Die Verankerungen sind in den Fertigteilen implementiert und eingebaut, um die Arbeit am Montageplatz so kurz wie möglich zu halten. Auf den Auflagerkonstruktionen, zu sehen in Abb. 3.3, fährt der Versetzwagen auf der Längskonstruktion zum Einbauort. Die Platten werden an der vorgesehenen Stelle mithilfe von Hohlkolbenpressen an den Aufhängungen abgesenkt, auf die Längskonstruktion aufgelagert und weiter gehalten.
Die obere Bewehrungslage in Querrichtung wird am Einbauort ergänzt. Es handelt sich um Bewehrung im Bereich quer über den Stahlträgern. Der größte Anteil der Bewehrung wird bereits am Montageplatz eingebaut, da es für Arbeiter weniger aufwendig ist, die Bewehrung am Montageplatz als auf der Brücke am Versetzwagen zu verlegen. Der letzte Schritt am Einbauort ist das Betonieren der Aufbetonschicht, bei der die aufgebrachte Schichtdicke aus statischen Anforderungen je nach Projekt variiert. Die drei Halbfertigteilplatten inklusive der ersten Aufbetonschicht (zwei Kragarmplatten links und rechts in Abb. 3.4, eine Platte in der Mitte) verfestigen sich im Verbund mit den Kopfbolzendübeln der Längsträger und der Bewehrung der

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

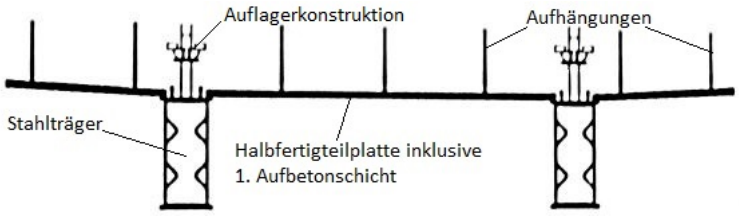



**Abb. 3.3:** Einbauort auf der Längskonstruktion – Auflagerung der Halbfertigteile auf den Längsträgern, gehalten durch Aufhängungen, (Skizze vom Institut für Tragkonstruktionen)

Platten zu einer monolithischen Fahrbahnplatte mit Länge eines Bauabschnittes. Abb. 3.4 zeigt die Aufbetonschicht am Einbauort. Nach dem Erhärten des Betons werden die Aufhängungen gelöst und der Versetzwagen fährt zum Montageplatz zurück, um den nächsten Bauabschnitt zu holen. Die Löcher in der Fahrbahnplatte, welche durch die Aufhängungen geblieben sind, werden anschließend durch das Ausbetonieren der Löcher oder sogenannte Ankerstopfen geschlossen.

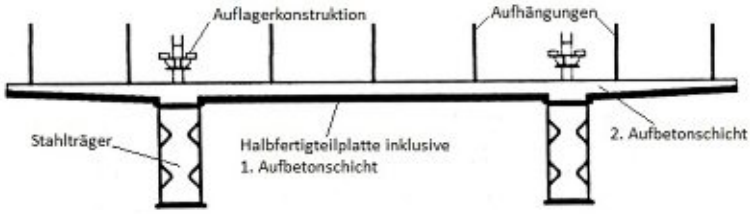



**Abb. 3.4:** Einbauort auf der Längskonstruktion – zweite Aufbetonschicht bereits aufgebracht, (Skizze vom Institut für Tragkonstruktionen)

## 3.2 Einsatzmöglichkeiten und Einsatzbereich

Der Versetzwagen für die Herstellung der Fahrbahnplatte kann bei allen Typen von Brückenquerschnitten (zum Beispiel Balken- oder Hohlkastenquerschnitte) zum Einsatz kommen, die eine beidseitige Möglichkeit der Auflagerung zum Verfahren bieten. Wichtig ist, dass die Auflagerkonstruktion auf der Längskonstruktion montiert werden kann. Der Unterschied bei einem Stahllängsträger zu einem Längsträger aus Spannbeton liegt nur in der Befestigung der Auflagerkonstruktion. Im Rahmen dieser Diplomarbeit kommt der Versetzwagen bei Balkenbrücken einerseits aus Stahl und andererseits aus Spannbeton zum Einsatz. Da sich der Versetzwagen aus dem Verbundschalwagen entwickelt hat, liegt der Haupteinsatzbereich bei Stahl-Beton-Verbundbrücken.
Der Versetzwagen kann in der Geraden sowie bei im Radius verlaufenden Abschnitten verwendet werden. Im Radius werden trapezförmige Fertigteilelemente eingesetzt. Bei der abschnittsweisen Herstellung der Fahrbahnplatte kann das Pilgerschrittverfahren, welches in Abschnitt 2.1.2 erklärt ist, verwendet werden.
Einsatzmöglichkeiten des Versetzwagens bieten sich ähnlich zum Verbundschalwagen bei hohen Tälern, wo ein Kran an seine Grenzen stößt, oder Bereichen über Flüssen, wo nur das Arbeiten von oben möglich ist. Zusätzlich bietet sich der Versetzwagen dort an, wo vom Boden aus kein Schalgerüst mehr aufgestellt werden kann. Der wirtschaftliche Einsatz des Verbundschalwagens bei sehr langen Brücken trifft auf den Versetzwagen ebenso zu. In welchem Bereich der Ver-

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

setzwagen am wirtschaftlichsten eingesetzt werden kann, soll im Rahmen dieser Diplomarbeit herausgefunden werden.

## 3.3 Abmessungen der Fahrbahnplatten

Die Abmessungen der Fahrbahnplatte variieren je nach Brückenprojekt und werden projektspezifisch angepasst. Um den Versetzwagen und die Aufteilung der Platten anschaulich erklären zu können, wurden die Abmessungen in Abb. 3.5 für einen 25 m Bauabschnitt gewählt.

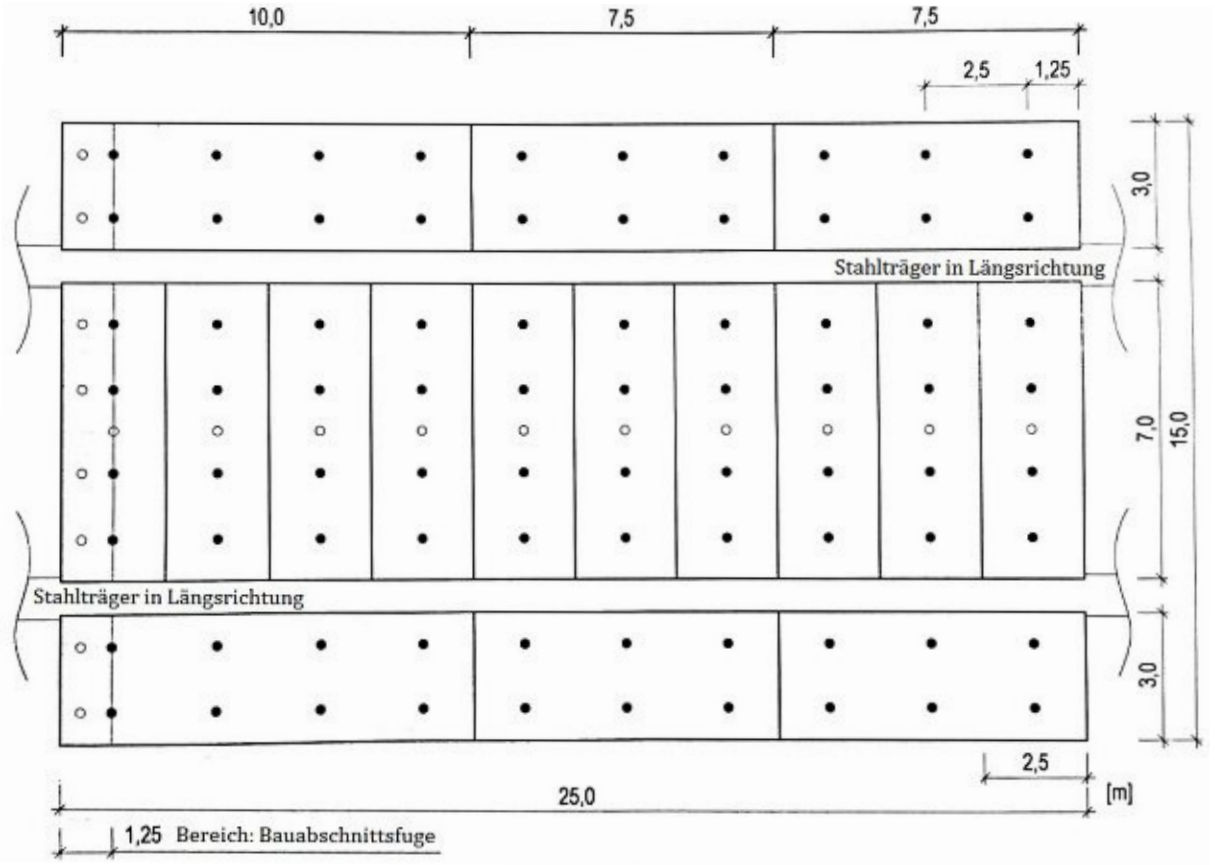



**Abb. 3.5:** Fertigteile der Fahrbahnplatte eines 25 m Bauabschnittes, (Skizze vom Institut für Tragkonstruktionen)

Im Fertigteilwerk müssen in diesem Fall vier Typen an Platten hergestellt werden:

- Mittelfeldplatte im Regelbereich mit 2,5 m mal 7,0 m
- Mittelfeldplatte der Bauabschnittsfuge
- Kragarmplatte mit 7,5 m mal 3,0 m
- Kragarmplatte der Bauabschnittfuge mit 10,0 m mal 3,0 m

In diesem Fall werden zwei Platten mit 25 m mal 3,0 m und eine mit 25 m mal 7,0 m mit dem Versetzwagen zum Einbauort transportiert. Die genaue Anordnung der Fertigteile und deren Fugen werden in Abschnitt 3.4 beschrieben. In Abbildung 3.5 sind die Anordnungen der Aufhängungen gezeigt. Der schwarze Kreis stellt dabei Aufhängungen dar, welche für den

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Transport vom Montageplatz zum Einbauort montiert werden müssen. Die weißen Kreise mit schwarzem Rand kennzeichnen die zusätzlich benötigten Aufhängungen bei der Betonage am Einbauort.
Die Abmessungen der Fahrbahnplatte sind projektspezifisch unterschiedlich, allerdings sind die Maße der Fertigteile durch den Transport auf dem Lkw und deren Herstellung auf Schaltischen bei Umlaufanlagen im Fertigteilwerk standardmäßig auf rund 14 m mal 3 m beschränkt.

## 3.4 Fugenausbildungen

Grundsätzlich entstehen bei der Herstellung der Fahrbahnplatte mit dem Versetzwagen Längs- und Querfugen. Die Querfugen befinden sich zwischen den einzelnen Halbfertigteilplatten und im Anschlussbereich zum nächsten Bauabschnitt. Abb. 3.6 zeigt die Halbfertigteile mit ihren Querfugen auf den Montageträgern am Montageplatz positioniert. Ein Detail der Querfugen der Halbfertigteilplatten ist in Abb. 3.7 dargestellt.

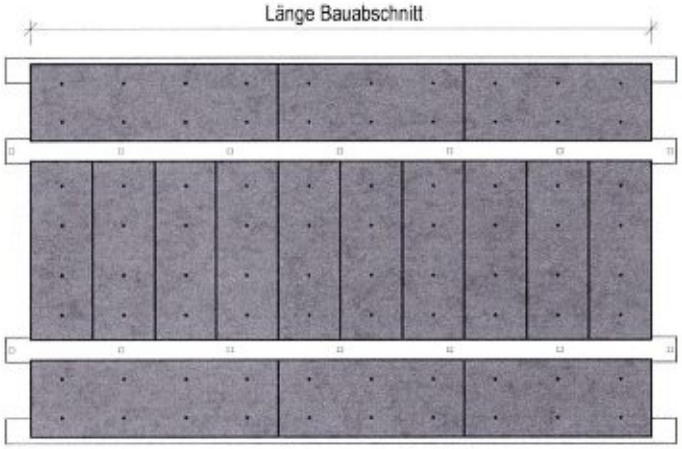



**Abb. 3.6:** Querfugen der Halbfertigteile eines 25 m Bauabschnittes, (Skizze vom Institut für Tragkonstruktionen)

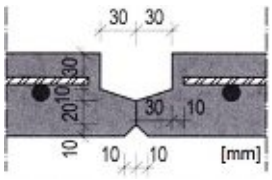



**Abb. 3.7:** Detail – Querfugen der Halbfertigteile, (Skizze vom Institut für Tragkonstruktionen)

Im nächsten Schritt wird die erste Aufbetonschicht mit 5 cm aufgebracht. Durch die Aufbetonschicht sind die Querfugen mit Beton gefüllt, siehe Abb. 3.8. Auf der rechten Seite der Abb. 3.8 sind die Bewehrungseisen mit der Verankerungslänge $l_{bd}$ (rund 1,25 m Länge in diesem Fall) zu erkennen. Diese dienen dem Anschluss zu dem bereits fertigen Bauabschnitt. Auf der linken Seite wird der Aufbeton im Bereich von $l_{bd}$ nicht aufgebracht. Dieser Bereich wurde durch Bewehrung ergänzt und dient dem Anschluss für den nächsten Bauabschnitt.
Nach dem Transport des Bauabschnitts mit dem Versetzwagen zum Einbauort wird die Fahrbahnplatte, wie in Abb. 3.9 dargestellt, abgesenkt. Die jeweiligen Anfangs- bzw. Endbereiche

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

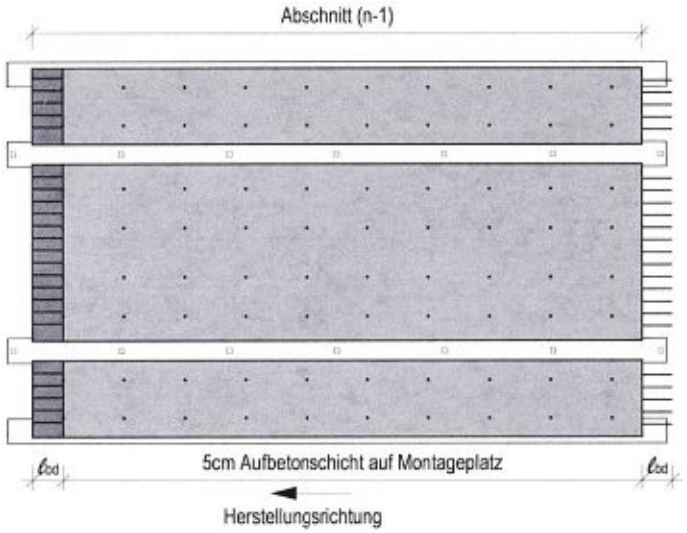



**Abb. 3.8:** Erste Aufbetonschicht am Montageplatz – auf der linken und rechten Seite der Platte die Querfugen als Bauabschnittsfugen, (Skizze vom Institut für Tragkonstruktionen)

der Verankerungslängen $l_{bd}$ der Bauabschnitte, auf der rechten Seite der Abb. 3.9 ersichtlich, überlappen sich.

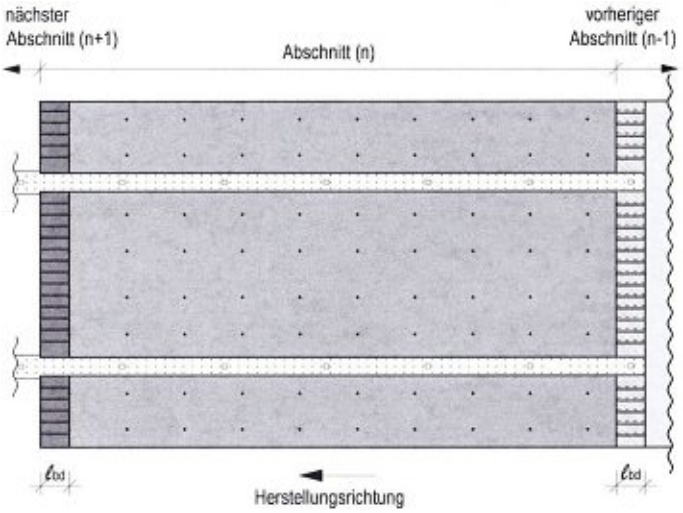



**Abb. 3.9:** Überlappung der Verankerungslängen $l_{bd}$ der beiden Bauabschnitte im rechten Bereich des Bildes, (Skizze vom Institut für Tragkonstruktionen)

Im letzten Schritt wird die vorbereitete Bauabschnittsfuge mit der zweiten Aufbetonschicht gemeinsam mit der restlichen Fahrbahnplatte ausbetoniert. In Abb. 3.10 ist zu erkennen, dass außerdem die Längsfugen zu den Stahlträgern mit Beton gefüllt sind. Nur die linke Verankerungslänge $l_{bd}$ bleibt frei von der zweiten Aufbetonschicht, um für den nächsten Bauabschnitt als Bauabschnittsfuge zu dienen.
Im Detail ist die Verbundherstellung der Stahllängsträger mit der Fahrbahnplatte in Abb. 3.11 dargestellt. Die Elastomerstreifen dienen als Auflager und haben den Zweck, Toleranzen auszugleichen. Zusätzlich werden dadurch die Längsfugen abgedichtet. Die Abmessungen der Abbildung 3.11

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

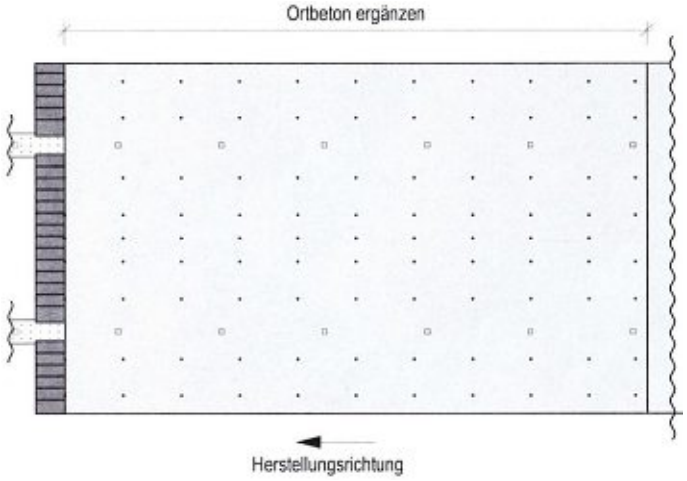



**Abb. 3.10:** Zweite Aufbetonschicht auf die Fahrbahnplatte aufgebracht – Fugen sind vergossen, (Skizze vom Institut für Tragkonstruktionen)

sollen eine grobe Vorstellung des Auflagerdetails geben. Die Dicke der Ortbetonschicht sowie die anderen dargestellten Maße des Auflagerdetails sind projektabhängig anzupassen.

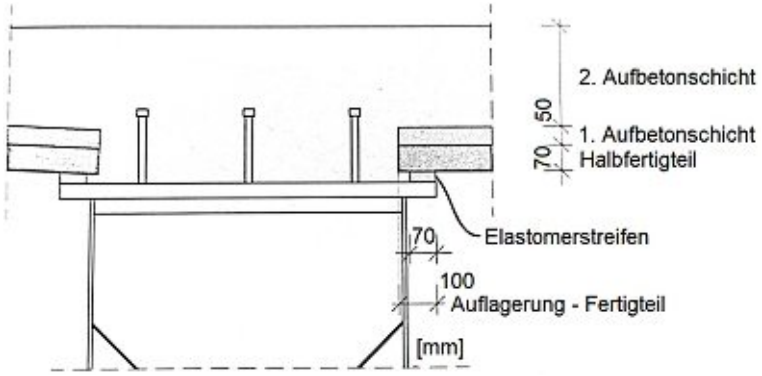



**Abb. 3.11:** Detaildarstellung der Längsfuge mit groben Abmessungen, (Skizze vom Institut für Tragkonstruktionen)

Die entstehenden Quer- und Längsfugen bei der Herstellung der Fahrbahnplatte mit dem Versetzwagen erzeugen mithilfe der beschriebenen vier Schritte eine monolithische Fahrbahnplatte auf der Baustelle.
Um den Herstellungsprozess der Fahrbahnplatte mit dem Versetzwagen zu visualisieren, befindet sich in Abb. 3.12 die Darstellung der Prozesse. Am linken Rand der Abbildung befinden sich die Standorte, an denen die Prozessschritte durchgeführt werden. Die Arbeitsschritte sind in Kapitel 5 auf Seite 53 ausführlich beschrieben.

## 3.5 Besonderheiten und Innovationen des Bauverfahrens

Die neue Technologie zur Herstellung der Brückenfahrbahnplatte verbindet die Vorteile von Halbfertigteilen und die des Verbundschalwagens miteinander. Die Vorfertigung der Halbfertigteile im Werk erspart auf der Baustelle viel Zeit. Durch die Verbindung dieses Vorteiles mit jenem des Verbundschalwagens entsteht bei der Herstellung der Fahrbahnplatte bei Brücken, die schwierig

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

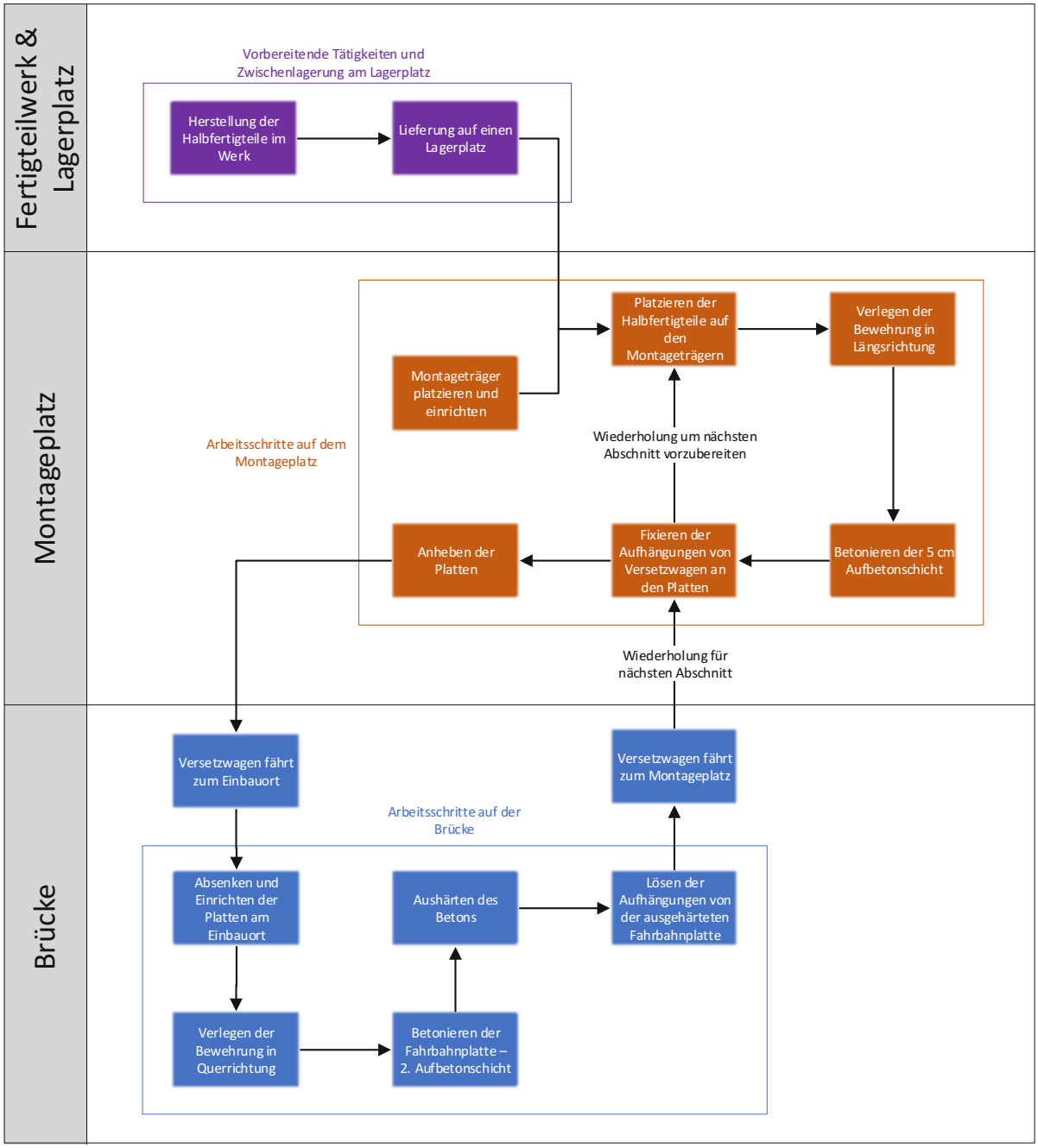



**Abb. 3.12:** Prozessablauf bei Fahrbahnplattenherstellung mit dem Versetzwagen

mit Gerüst geschalt werden können, eine wesentliche Bauzeitverkürzung. Um die Fahrbahnplatte pro Woche um zwei Bauabschnittslängen erweitern zu können, sind zwei Mannschaften, jeweils eine am Montageplatz und Einbauort, notwendig. Im Rahmen dieser Diplomarbeit soll analysiert werden, ob der Versetzwagen (geplant mit 2 Bauabschnitten pro Woche) im Vergleich zum Verbundschalwagen mit einem Bauabschnitt pro Woche, wirtschaftlicher einsetzbar ist. Durch die Herstellung der Fahrbahnplatte mit dem Versetzwagen kann an zwei Orten gleichzeitig gearbeitet werden. Wenn man das Fertigteilwerk dazu zählt, sind es sogar drei Standorte (Fertigteilwerk, Montageplatz, Einbauort), an denen parallel gearbeitet werden kann.
Eine weitere Besonderheit ist, dass Kragplatten mit dem Versetzwagen sehr gut herstellbar

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

sind und im Vergleich zum oben fahrenden Verbundschalwagen keine Arbeitsschritte von unten (wie beispielsweise das Lösen der untenliegenden seitlichen Schalung des Kragarmes des Verbundschalwagens nach dem Aushärten des Betons) durchgeführt werden müssen. Die Bedienung erfolgt bei Verwendung des Versetzwagens von oben. Der mittlere Bereich der Fahrbahnplatte ist im Vergleich zum Verbundschalwagen wesentlich leichter herzustellen, da das zeitaufwändige Vorziehen der Schalung im Mittelfeld durch den Einsatz von Halbfertigteilplatten entfällt. Erst im Nachhinein, nach Fertigstellung der Fahrbahnplatte sind Arbeitsschritte von unten notwendig, um die durch die Aufhängungen entstandenen Durchdringungen zu verschließen. Die Löcher können mithilfe von sogenannten Ankerstopfen, die unter anderem von der Firma Doka angeboten werden, geschlossen werden. Es bietet sich an, diese Löcher mithilfe eines Brückenkontrollgerätes oder Lkw mit Arbeitsbühne in einem Schritt für die gesamte Brücke zu schließen. Eine Alternative sind Bedienstege, welche an den Stahllängsträgern montiert sind, von denen aus die Ankerstopfen in die Löcher positioniert werden können.
Der Keilbereich bei gedrehten Widerlagern, wo normalerweise konventionell mit Gerüsten geschalt werden muss, kann durch den Einsatz von Fertigteilen schneller hergestellt werden und mit dem Versetzwagen im Vergleich zum Verbundschalwagen wesentlich leichter verbunden werden.
Die Fugen, welche beim Verlegen der Halbfertigteilplatten entstehen, beschrieben in Abschnitt 3.4, werden durch schichtenweises Aufbringen des Ortbetons ausbetoniert. Durch diese innovative und geschickte Abfolge entsteht im Endzustand eine monolithische Fahrbahnplatte, die einer Herstellung mit reinem Ortbeton ähnelt.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

# Kapitel 4

# Beschreibung der Beispielprojekte

Die zwei Beispielprojekte Murbrücke Mixnitz und Lafnitz-Brücke (siehe Abschnitt 4.1 und 4.2) dienen als Ausgangsbasis um herauszufinden, ob der Versetzwagen im Vergleich zum Verbundschalwagen und ortsfester Schalung/Kragarmschalung wirtschaftliche Vorteile bei Bauzeit, Kosten und Baustelleneinrichtung aufweist. Da die hier angegebenen Daten im folgenden Kapitel 5 weiterverwendet werden, wird versucht, die notwendigen Daten so genau wie möglich zu beschreiben.

## 4.1 Murbrücke Mixnitz

Im Rahmen der Sanierung einer Stahl-Beton-Verbundbrücke über die Mur bei Mixnitz der Landesstraße L133 in der Steiermark wurde die alte Fahrbahnplatte abgetragen und die Stahllängskonstruktion ertüchtigt. Im Zuge dessen wurde der Korrosionsschutz mit einer 4-fachen Beschichtung aufgebracht. Die neue Fahrbahnplatte samt Randbalken wurde mit dem Verbundschalwagen hergestellt. Die Firma Teerag-Asdag wurde beauftragt die 75 m lange Brücke zu sanieren. Die Herstellung der Fahrbahnplatte erfolgte in Bauabschnittslängen von jeweils 15 m, wobei sich der Verbundschalwagen (16 m Länge) aus drei Einheiten mit zweimal 5 m und einmal 6 m zusammensetzt. Ein zusätzlicher Meter ist für den vordersten Abschnitt in Fahrtrichtung notwendig, um die Stirnabschalung und die Bewehrungsübergriffe aufnehmen zu können. In Abb. 4.1 ist der Regelquerschnitt des Verbundschalwagens der Murbrücke bei Mixnitz zu erkennen.
Bei der Wahl des Herstellungsverfahrens der Fahrbahnplatte gibt es viele unterschiedliche Einflussfaktoren, die in den einführenden Kapiteln ausführlich beschrieben werden. Beim Projekt der Murbrücke Mixnitz war der Bauleiter und Polier des Projektes in die Entscheidung zur Wahl der Herstellungsmethode eingebunden. Durch die Erfahrung der Arbeitsmannschaft mit dem Verbundschalwagen reduzierte sich die Einarbeitungszeit der Arbeiter drastisch. Diese Zeitersparnis konnte bei einer Länge der Brücke von 75 m durch den Einsatz einer anderen bekannten Herstellungsmethode nicht mehr aufgeholt werden. Ein weiterer Grund für den Einsatz des Verbundschalwagens war die einfache und rasche Herstellung der Randbalken beim Zurückfahren des Verbundschalwagens. Die Schalung wurde nach Fertigstellung der Kragarmplatten der Fahrbahnplatte zu einer Randbalkenschalung umgebaut. Die Herstellung der Fahrbahnplatte in 5 Wochen Bauzeit, mit einem Abschnitt mit 15 m pro Woche, war notwendig, da die Ertüchtigung der Stahllängskonstruktion und deren Beschichtung viel Zeit in Anspruch genommen hatte. Grundsätzlich war für die Murbrücke Mixnitz der Einsatz der ParaTop-Schalung der Firma Doka für die Schalung der Kragarme geplant. Es stellte sich allerdings heraus, dass die Stahllängskonstruktion für die Lasten aus der Aufhängung nicht geeignet gewesen wäre. Aus diesem Grund und den anderen erwähnten Einflussfaktoren wurde letztendlich der Verbundschalwagen für die Herstellung der Fahrbahnplatte eingesetzt.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

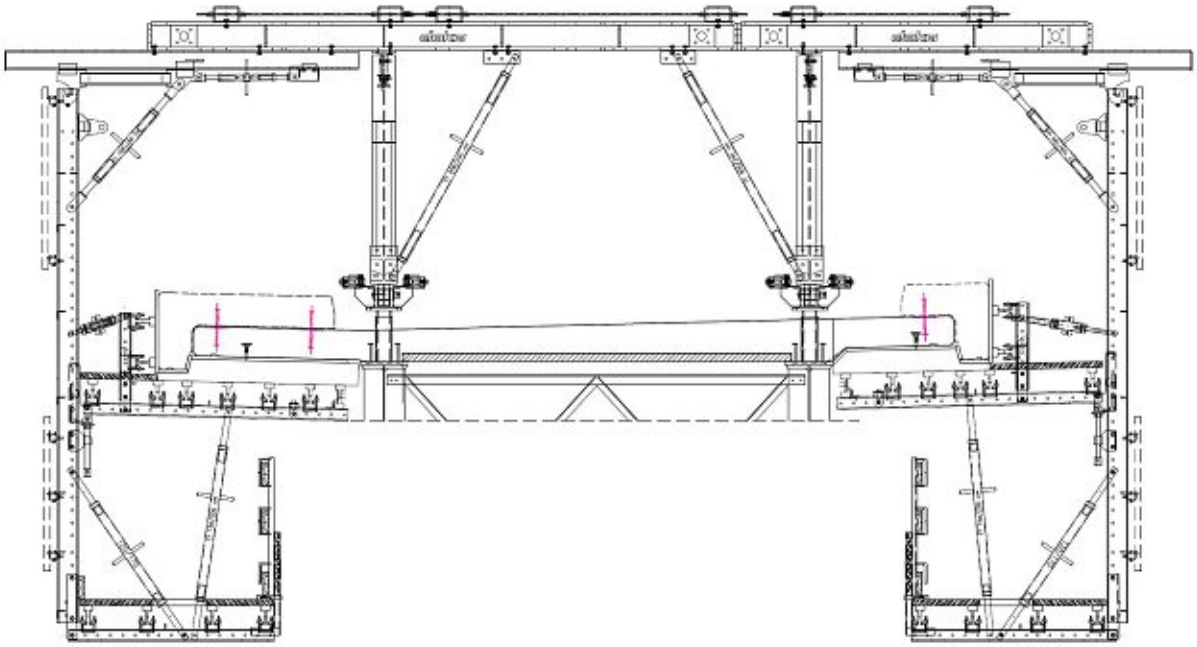


**Abb. 4.1:** Regelquerschnitt des Verbundschalwagens der Murbrücke Mixnitz, (aus Unterlagen der Firma Doka)

### Genauer Ablauf der Herstellung der Fahrbahnplatte

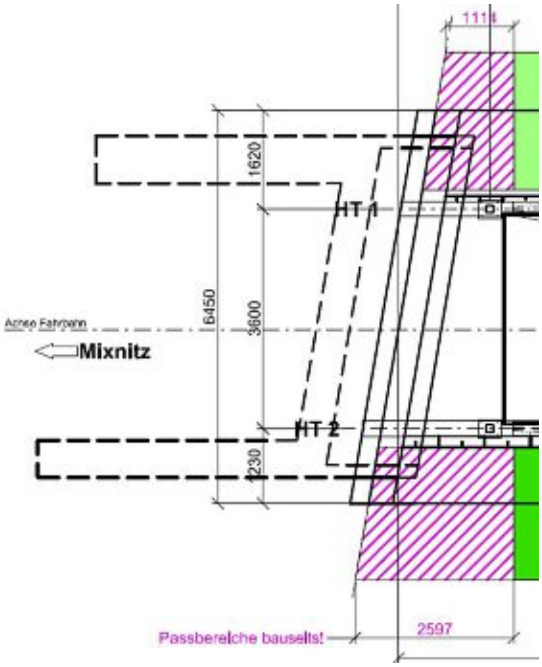
Nachdem die Ertüchtigung der Stahllängskonstruktion (zwei I-Träger mit regelmäßig dazwischenliegender Aussteifungskonstruktion) fertiggestellt wurde, konnte mit der Herstellung der Fahrbahnplatte begonnen werden. Der Aufbau des Verbundschalwagens erfolgte am Montageplatz im Widerlagerbereich der Brücke mithilfe eines Autokrans in 5 m Abschnitten und die Schalung aus Top50 Elementen der Firma Doka. Dieser Aufbau ist im hinteren Bereich (siehe Nummer 1) von Abb. 4.2 zu erkennen. Zwischen beiden Stahlträgern der Brücke wurden Halbfertigteilplatten verlegt. Dabei kamen Elementdeckenplatten zum Einsatz, welche im vorderen Bereich (siehe Nummer 2) der Abbildung 4.2 zu erkennen sind, und mit dem Autokran auf ihre Position gehoben wurden. Zusätzlich wurden die Schalwagenstühle in die aufgeschweißten Formrohre (jeweils 3 m Abstand in Längsrichtung) auf den Stahlträgern positioniert. Im Widerlagerbereich, zu erkennen in Abb. 4.2 an den gelben Platten (siehe Nummer 3) im windschiefen Anschluss an die Halbfertigteilplatten, musste konventionell mit Gerüst geschalt werden, da der Verbundschalwagen rechteckige Maße besitzt.

Die Passbereiche der Fahrbahnplatte, welche zusätzlich zum Verbundschalwagen konventionell geschalt werden mussten, sind im Grundriss in Abb. 4.3 dargestellt. Die trapezförmigen Abschnitte am Widerlager sind in Abb. 4.3a gezeigt. Zusätzlich musste im Pfeilerbereich zwischen den Stahlträgern auf Halbfertigteile verzichtet werden und konventionell bauseits geschalt werden. Abb. 4.3b zeigt diesen 6 m Abschnitt in rosa Farbe schraffiert dargestellt.

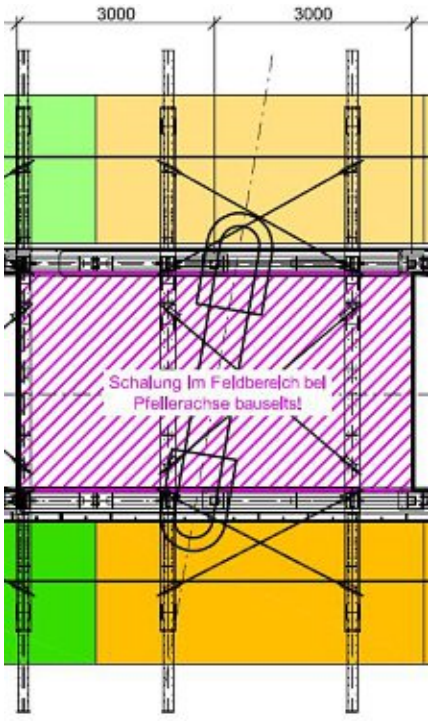
Die Ausführung auf der Baustelle der konventionell geschalten Abschnitte über dem Pfeiler und im Widerlagerbereich werden in Abb. 4.4 dargestellt. Der trapezförmige Keil am Widerlager (siehe Abb. 4.3a) wird durch Schalplatten, welche mit einem konventionellen Gerüst der Firma Doka gestützt werden und in Abb. 4.4a zu sehen sind, hergestellt. In Abb. 4.4b ist die Aussteifung zwischen den Stahllängsträgern sowie die Schalkonstruktion für die Fahrbahnplatte zwischen der Längskonstruktion im Pfeilerbereich, welche auf den Flanschen der Stahlträger auflagert, zu erkennen.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

**Abb. 4.2:** Widerlagerbereich der Murbrücke Mixnitz – Vorbereitende Tätigkeiten vor dem Einheben der drei 5 m Verbundschalwagen-Einheiten auf die Schalwagenstühle, (aus Unterlagen der Firma Doka)




**(a)** Passbereich am Widerlager – Herstellung der Schalung mit konventionellem Gerüst




**(b)** Passbereich beim Pfeiler – konventionelle Schalung zwischen den Stahlträgern im Pfeilerbereich

**Abb. 4.3:** Stahl-Beton-Verbundbrücke Mixnitz über die Mur – konventionelle Schalung der Passbereiche, (aus Unterlagen der Firma Doka)

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

**(a)** Untersicht der Brücke am Widerlager – Schalung gehalten durch konventionelles Gerüst

**(b)** Untersicht der Brücke im Pfeilerbereich – konventionelle Schalung stützt sich am Flansch der Längsträger ab

**Abb. 4.4:** Stahl-Beton-Verbundbrücke bei Mixnitz über die Mur – konventionelle Schalung unterhalb der Brücke im Widerlager- und Pfeilerbereich, (aus Unterlagen der Firma Doka)

Die zwei 5 m Einheiten und eine 6 m Einheit des Verbundschalwagens wurden mit dem Autokran auf die Schalwagenstühle gehoben und zu einem 16 m Verbundschalwagen zusammenmontiert. Im Anschluss wurde die Kragarmschalung aus vorgefertigten Bühnenelementen der Firma Doka beidseitig eingehoben und angeschlossen. Nach Feinjustierung des Verbundschalwagens konnte die Bewehrung für die Fahrbahnplatte verlegt werden. Im Anschluss wurde die 20 cm Ortbetonschicht (Betonsorte: C30/37/B5) des 15 m Bauabschnittes der Fahrbahnplatte betoniert. Bei der Betonage der Kragplatte war pro Seite und Abschnitt eine Ankerdurchdringung zur Unterstützung erforderlich. Nach dem Aushärten ist der Verbund zur Stahllängskonstruktion, welcher mittels Kopfbolzendübeln bewerkstelligt wird, hergestellt. Im nächsten Schritt wurden die Anker wieder gelöst und die Kragarmschalung nach unten gespindelt, um mit dem Verbundschalwagen auf den Schalwagenstühlen mit Hilfe von Seilwinden bis zum nächsten Bauabschnitt zu fahren. Abb. 4.5 zeigt die seitlich liegende Kragarmschalung des Verbundschalwagens. Darauf ist zu erkennen, dass die Kragarmschalung nach dem Verfahren zum nächsten Betonierabschnitt erst in Position gebracht werden muss, um mit den folgenden Arbeitsschritten fortfahren zu können. Es wurde nicht im Pilgerschrittverfahren betoniert, sondern abschnittsweise von Widerlager zu Widerlager. Nach Fertigstellung der Fahrbahnplatte wurde die Kragarmschalung des Verbundschalwagens zu einer Randbalkenschalung adaptiert, wobei bei der Planung darauf geachtet wurde, dass einfach und schnell umgebaut werden konnte. Um Verformungen der Randleisten so gering wie möglich zu halten, wurde die Schalung zusätzlich angespannt. Am Retourweg zum anderen Widerlager wurde der Randbalken beidseitig in 15 m Abschnitten geschalt, bewehrt und betoniert. Nach Fertigstellung des Randbalkens wurde noch der Fahrbahnbelag ergänzt. Nachdem der letzte Randbalkenabschnitt ausgehärtet war, wurden die Kragarmelemente samt Bühne mit dem Hebegerät vom Schalwagen entfernt. Der Schalwagen sowie die restlichen montierten Teile wurden auf dem Tragwerk und im Bereich hinter dem Widerlager auseinander genommen. In der naheliegenden Halle wurden diese Elemente weiter in Einzelteile zerlegt und retour geliefert.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

**Abb. 4.5:** Verbundschalwagen der Murbrücke Mixnitz – Kragarmschalung muss am nächsten Betonierabschnitt in Position gebracht werden, (aus Unterlagen der Firma Doka)

## 4.2 Lafnitz-Brücke

Der Neubau der 28,4 km langen Fürstenfelder Schnellstraße S7 zwischen Riegersdorf und der Staatsgrenze bei Heiligenkreuz zu Ungarn soll laut Asfinag [2] die Verkehrsinfrastruktur in der Oststeiermark und dem Südburgenland weiter verbessern und den Durchzugsverkehr durch die betroffenen Gemeinden verringern. Die rund 116 m lange Brücke über die Lafnitz, direkt an der Grenze der Steiermark und dem Burgenland, ist Teil des Abschnittes West (Knoten Riegersdorf bis Dobersdorf) dieses Bauprojektes. Im Rahmen der Planung wurde festgelegt, dass für die Spannbetonbrücke über die Lafnitz das Brückenklappverfahren zur Herstellung der Längskonstruktion verwendet wird. In Abb. 4.6 sind der Lageplan und die Pfeilerachsen der vier Spannbetonträger der Längskonstruktion, die geklappt werden, zu sehen.

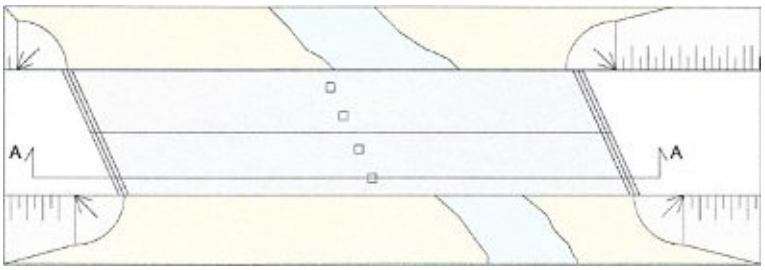



**Abb. 4.6:** Lageplan der Lafnitzbrücke – 2 Brückenklappträger je Seite, [22]

Bei der Herstellung der Fahrbahnplatte soll der Verbundschalwagen zum Einsatz kommen. Im Rahmen dieser Diplomarbeit soll herausgefunden werden, ob durch den Einsatz eines Versetzwagens die Bauzeit verringert werden kann und inwiefern Kosten gesenkt werden können, um die Herstellung der Fahrbahnplatte wirtschaftlicher zu machen. In Abb. 4.7 sieht man, dass 72 m der

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Brücke mit dem Brückenklappverfahren hergestellt werden. Die beidseitig liegenden restlichen 22 m, mit einem ähnlichen Querschnitt wie die Träger des Klappverfahrens, werden mit dem Kran eingehoben. Nach dem Einheben werden diese Elemente mit den bereits geklappten Trägern mittels Vorspannung verbunden. Im Anschluss werden die vier 116 m langen Träger, wo die Fertigteile als Schalung für die Träger dienen, jeweils in einem Zug ausbetoniert. Nach dem Aushärten der Träger können die Schalwagenstühle für den Verbundschalwagen am Spannbetonträger montiert werden.

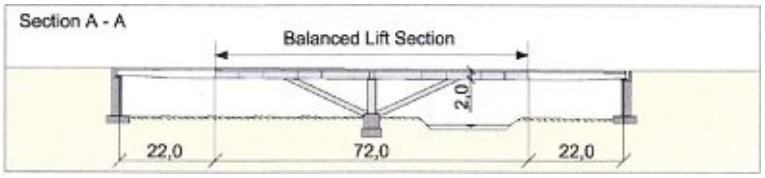



**Abb. 4.7:** Seitliche Ansicht der Lafnitzbrücke, [22]

Der geplante Querschnitt der Brücke ist in Abb. 4.8 dargestellt. Auf der rechten Seite befindet sich der größere Querschnitt an der Stelle des mittleren Pfeilers mit einer Breite von 2,00 m. Im Mittelfeld verkleinert sich die Breite des Querschnittes auf 1,00 m.

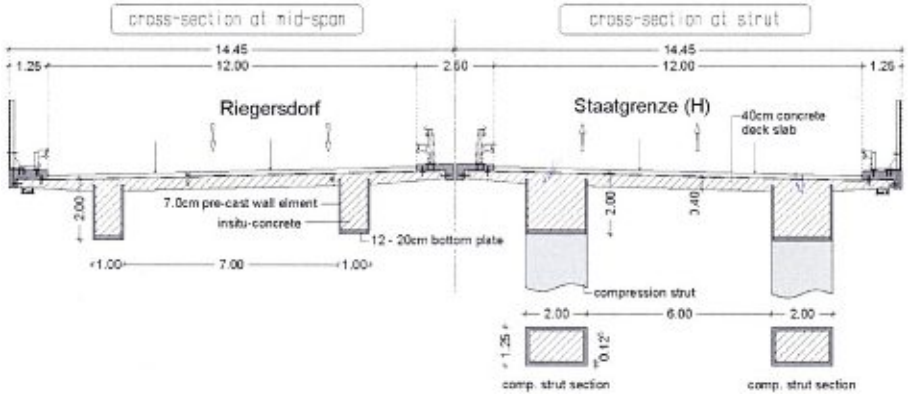



**Abb. 4.8:** Querschnitt der Spannbetonträger der Lafnitzbrücke, (Abbildung vom Institut für Tragkonstruktionen)

Der Regelquerschnitt des geplanten Verbundschalwagens der Firma Doka für die Lafnitz-Brücke wird in Abb. 4.9 dargestellt. Dabei sind die Abmessungen des Schalwagens zu erkennen. Der rosa markierte Bereich stellt die verschiebbare Kragarmschalung dar, welche sich an die gevouteten Längsträger anpassen kann. Auf der rechten Seite ist die zweite Richtungsfahrbahn dargestellt.

Im Wesentlichen liegt der einzige Unterschied zwischen Stahl- und Spannbetonträgern beim Einsatz des Verbundschalwagens an der Verbindung der Schalwagenstühle an der Längskonstruktion. Um einen kurzen Einblick in das Brückenklappverfahren zu erhalten, wird im folgenden Absatz die Herstellungsmethode der Längskonstruktion beschrieben.

#### Brückenklappverfahren

Das Brückenklappverfahren ist ein Verfahren zur Herstellung der Längskonstruktion einer Brücke [20], [22]. Dabei werden die Brückenträger in einer senkrechten Lage hergestellt und anschließend in eine waagrechte Lage geklappt. Durch dieses Verfahren kann auf das Schalgerüst verzichtet werden. Andere konventionelle Verfahren die meist bei großen Spannweiten, Querungen von Flüssen oder Meeresarmen und Überwinden von tiefen Tälern zum Einsatz kommen sind der

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

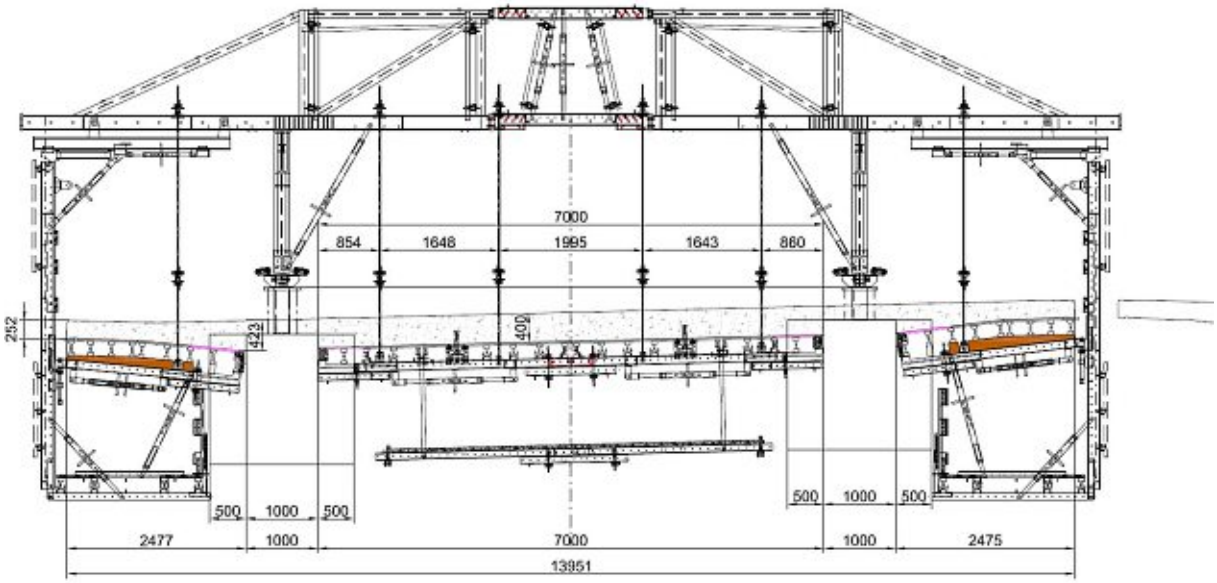



**Abb. 4.9:** Regelquerschnitt des Verbundschalwagens der Lafnitz-Brücke, (aus Unterlagen der Firma Doka)

klassischen Freivorbau (vom Pfeiler ausgehend wird am freien auskragenden Ende der nächste Bauabschnitt Stück für Stück angebaut) und das Taktschiebeverfahren (Bauabschnitte werden im Taktkeller hergestellt und das immer länger werdende Tragwerk als Gesamtes in Takten eingeschoben). Im Vergleich zu diesen bekannten Verfahren entstehen bei der Herstellung mit dem Brückenklappverfahren in den Brückenträgern nur geringe Biegebeanspruchungen. Zusätzlich reduzieren die Druckstreben die Spannweiten der Brückenträger und führen zu beträchtlichen Masseneinsparungen. Aus diesen Gründen hat das Brückenklappverfahren wirtschaftliche Vorteile. Durch die schnellere Herstellung der Längskonstruktion verkürzt sich die Bauzeit und die Kosten reduzieren sich. Besonders vorteilhaft ist die Anwendung des Brückenklappverfahrens bei Talbrücken mit hohen Pfeilern mit Brückenlängen zwischen 50 m und 250 m. Bei großen Spannweiten wird nicht die gesamte Länge aus einem geklappten Brückenträger hergestellt, sondern es werden entweder mehrere kürzere Träger geklappt oder es wird mit Einhängeträgern gearbeitet, um die notwendige Pfeilerhöhe für das Klappen zu reduzieren. Durch temporäre Hilfspfeiler können die Vorteile des Brückenklappverfahrens auch bei Brücken mit geringer Pfeilerhöhe genutzt werden. Den Ablauf bei der Herstellung der Längsträger bei geringer Pfeilerhöhe zeigt Abb. 4.10.

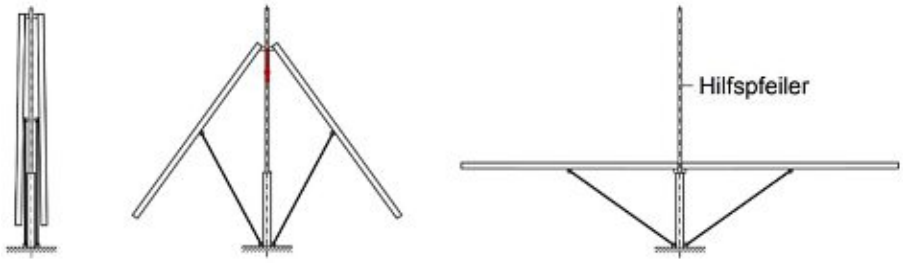



**Abb. 4.10:** Ablauf – Herstellung der Längsträger mit dem Brückenklappverfahren bei geringer Pfeilerhöhe, [20]

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Das Brückenklappverfahren wird für zwei Brücken im Rahmen des Neubaus der Fürstenfelder Schnellstraße S7 über die Lafnitz und den Lahnbach verwendet. Da sich die Brücken in einem Naturschutzgebiet befinden, sind Traggerüste nicht zulässig. Durch die Anwendung des neuen Verfahrens werden Kosteneinsparungen bis zu 30% im Vergleich zu einem eingeschobenen Brückenträger aus Stahl erwartet.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

# Kapitel 5

# Vergleichende baubetriebliche Analyse der Beispielprojekte

Um die Vergleiche und Analyse besser verstehen zu können, werden die drei Verfahren (Kragarmschalung, Verbundschalwagen und Versetzwagen) und deren Arbeitsschritte genauer dargestellt.

**Arbeitsschritte bei Einsatz der Kragarmschalung**
In den folgenden Punkten werden die grundsätzlichen Arbeitsschritte bei der Herstellung der Fahrbahnplatte mit der Kragarmschalung beschrieben (Voraussetzung dafür ist eine fertige Längskonstruktion aus Stahl, Spannbeton oder Stahlbeton):

1. Transport der Schalungsteile zur Baustelle
2. Ablegen der Teile auf dem Montageplatz
3. Zusammenbauen der Kragarmschalung auf dem Montageplatz
4. Einheben der Kragarmschalung auf die Längsträger mit dem Kran
5. Fixieren der Kragarmschalung auf der richtigen Position
6. Wiederholen bis der geplanter Betonierabschnitt geschalt ist
7. Schalöl auf die Schaltafeln aufbringen
8. Bewehren des Betonierabschnittes
9. Betonieren des Abschnittes
10. Nachbehandlung des Betons
11. Aushärten des Betons – rund eine Woche (Fahrbahnplatte der Brücke wird meist in einem Schritt betoniert)
12. Ausschalen / Entfernen der Schalung – lösen der Anker
13. Kragarmschalung wird mit dem Kran zum Montageplatz zurück gehoben
14. Reinigen und wiederherstellen der zusammengebauten Form um diese wieder verwenden zu können

Diese Schritte sind zur Veranschaulichung in folgendem Prozessablaufdiagramm, welches in Abb. 5.1 zu sehen ist, dargestellt. Am linken Rand der Abbildung (gilt genauso für die nachfolgenden Prozessablaufdarstellungen des Verbundschalwagens) sind die Standorte gekennzeichnet, an welchen die Arbeitsschritte durchgeführt werden.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

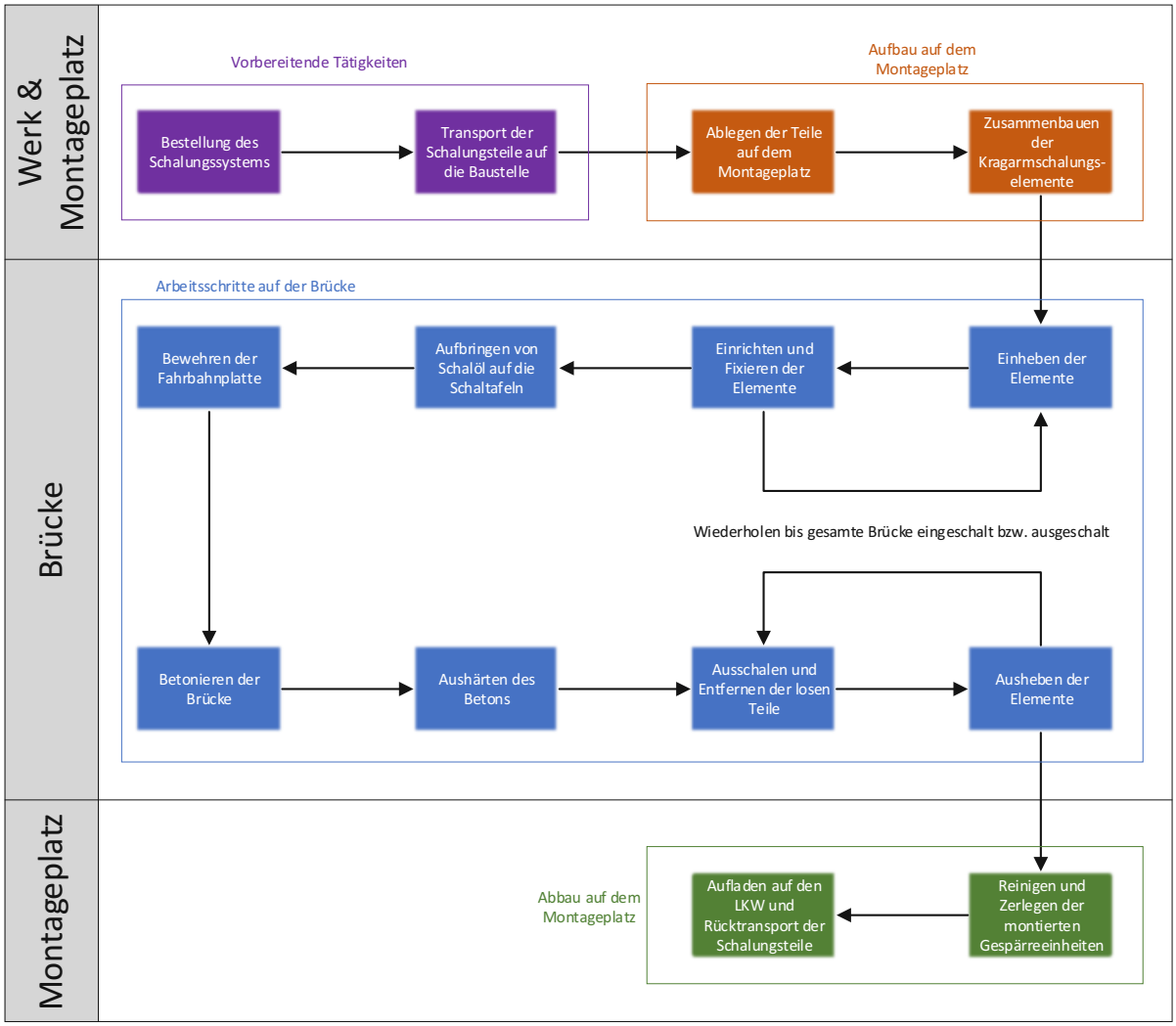



**Abb. 5.1:** Prozessablauf bei Einsatz der ortsfesten Kragarmschalung

### Arbeitsschritte bei Einsatz des Verbundschalwagens

In den folgenden Punkten werden die grundsätzlichen Arbeitsschritte bei der Herstellung der Fahrbahnplatte mit dem Verbundschalwagen beschrieben (Voraussetzung dafür ist eine fertige Längskonstruktion aus Stahl, Spannbeton oder Stahlbeton mit beidseitiger Möglichkeit der Auflagerung):

1. Transport der Teile des Verbundschalwagens auf die Baustelle
2. Ablegen der Teile auf dem Montageplatz
3. Zusammenbauen des Verbundschalwagens in 5 m Einheiten auf der Baustelle – auf dem Längsträger oder im Auflagerbereich auf vorbereiteten Holzstapeln werden die Bauteilgruppen zusammengebaut
   a) Innenschalung und Innenbühne zusammensetzen
   b) Parallel Querfachwerk und Längsträger vorbereiten
   c) Gemeinsam zusammengesetzt auf die Rollenböcke

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

   d) Schalwagenstühle montieren – sind für Rollenböcke notwendig
   e) 5m Wageneinheiten werden auf den Längsträgern des Verbundschalwagens verschraubt
   f) Betonierbühne wird mit vormontierten Hängeträgern verbunden
   g) Zusammensetzen der Kragarmschalung auf dem Montageplatz in der Zwischenzeit
   h) Seitliche Kragarmschalung wird auf dem Verbundschalwagen eingehängt und fixiert
4. Fertiger Verbundschalwagen fährt an die richtige Position
5. Absenken der Schalung am Einbauort
6. Einrichten der Schalung am Einbauort
7. Schalöl wird auf die Schalplatten aufgebracht
8. Bewehren der Fahrbahnplatte
9. Betonieren der Fahrbahnplatte
10. Aushärten des Betons – rund drei Tage (notwendig um im Wochentakt zu bleiben)
11. Kragarmschalung wird seitlich gelöst und zum nächsten Betonierabschnitt verfahren – als Einheit außer Innenschalung
12. Innenschalung wird im Anschluss zum nächsten Betonierabschnitt verschoben

Die Prozesse der Fahrbahnplattenherstellung mit Verbundschalwagen sind in Abb. 5.2 bildlich dargestellt. Die Teilprozesse beim Aufbau des Verbundschalwagens sind in Abb. 5.3 zu sehen. Bei Kurven im Radius werden spezielle Kurvensegmente verwendet, welche zwischen den Längsträgern montiert werden müssen. Die Einzelteile werden mithilfe von Plänen des Projektes und einer Software im Baukastenprinzip je nach Anforderungen des Projektes zu einem Verbundschalwagen zusammengesetzt. Die Teile des Verbundschalwagens bestehen aus mietbaren und zu kaufenden Teilen. Ein Richtmeister, welcher von der Schalungsfirma zur Verfügung gestellt wird, zeigt dem Personal des Mieters die optimalen Abläufe und Handgriffe beim Aufbau und Einsatz des Verbundschalwagens.

**Arbeitsschritte bei Einsatz des Versetzwagens**

In den folgenden Punkten werden die grundsätzlichen Arbeitsschritte bei der Herstellung der Fahrbahnplatte mit dem Versetzwagen beschrieben (Voraussetzung dafür ist eine fertige Längskonstruktion aus Stahl, Spannbeton oder Stahlbeton mit beidseitiger Möglichkeit der Auflagerung):

1. Transport der Teile des Versetzwagens auf die Baustelle
2. Transport der Halbfertigteile auf die Baustelle
3. Ablegen der Teile des Versetzwagens am Montageplatz
4. Ablegen der Halbfertigteile am Montageplatz
5. Zusammenbauen des Versetzwagens auf den Längsträgern oder auf vorbereiteten Holzstapeln im Widerlagerbereich
6. Parallel zum Aufbau des Versetzwagens – Platzieren der Montageträger auf dem Montageplatz

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

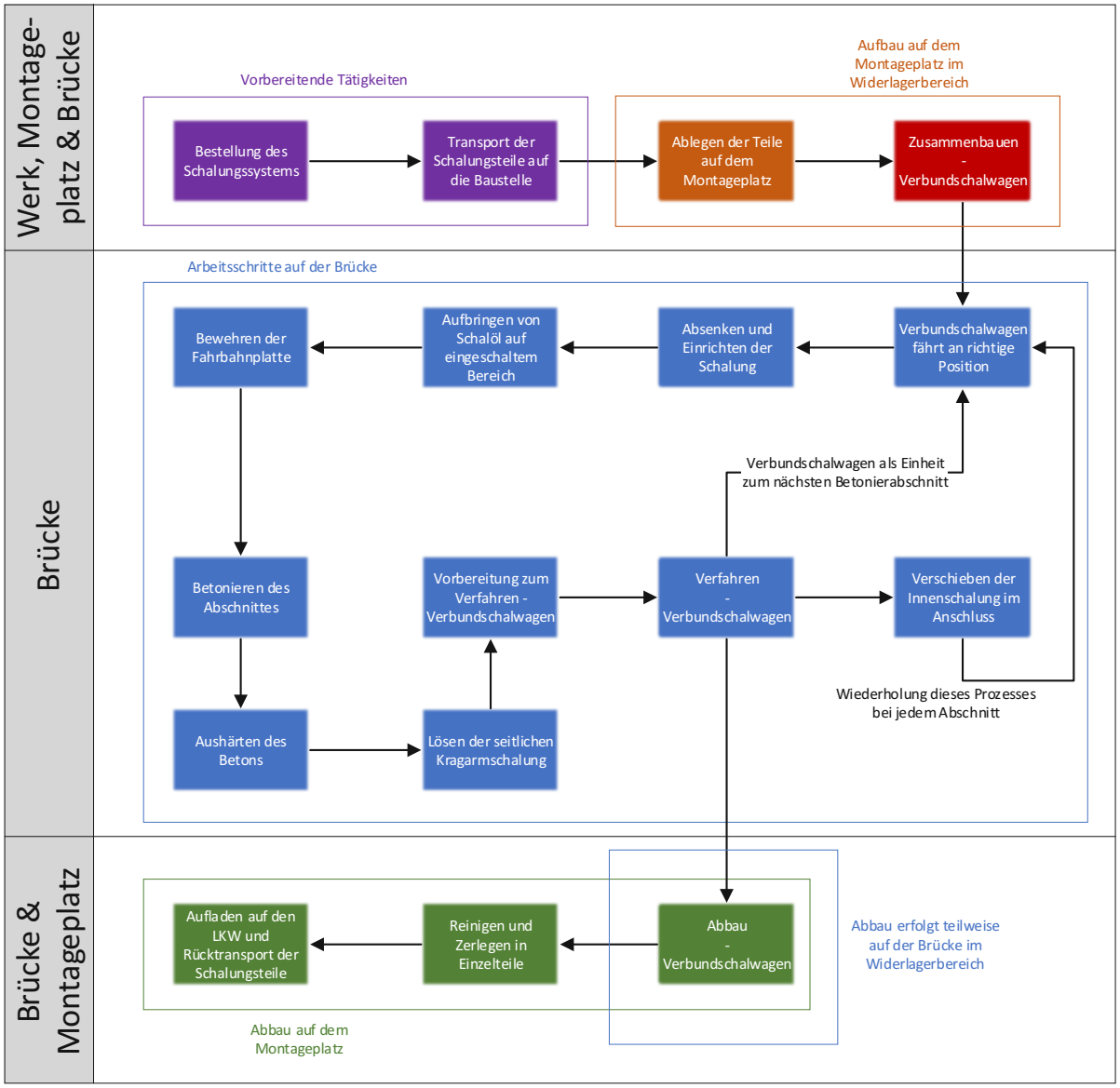



**Abb. 5.2:** Prozessablauf bei Einsatz des Verbundschalwagens

7. Einheben und Positionieren der Halbfertigteile mit dem Kran auf den Montageträgern
8. Bewehren in Längsrichtung – obere und untere Lage (so viel Bewehrung wie möglich am Montageplatz)
9. Betonieren der 1. Aufbetonschicht – (5cm · 25m(Länge) · 14m(Breite) = 17,5m³ – rund drei Mischer mit Ortbeton)
10. Aushärten der 1. Aufbetonschicht – ein bis zwei Tage Zeit zum Aushärten
11. Versetzwagen fährt auf den Auflagerkonstruktionen vom Bereich auf der Brücke zum Montageplatz weiter um die drei ausgehärteten Platten abzuholen
12. Montieren der Aufhängungen auf bereits vormontierten Anschlüssen
13. Als Einheit zum Einbauort fahren – auf den Auflagerkonstruktionen

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

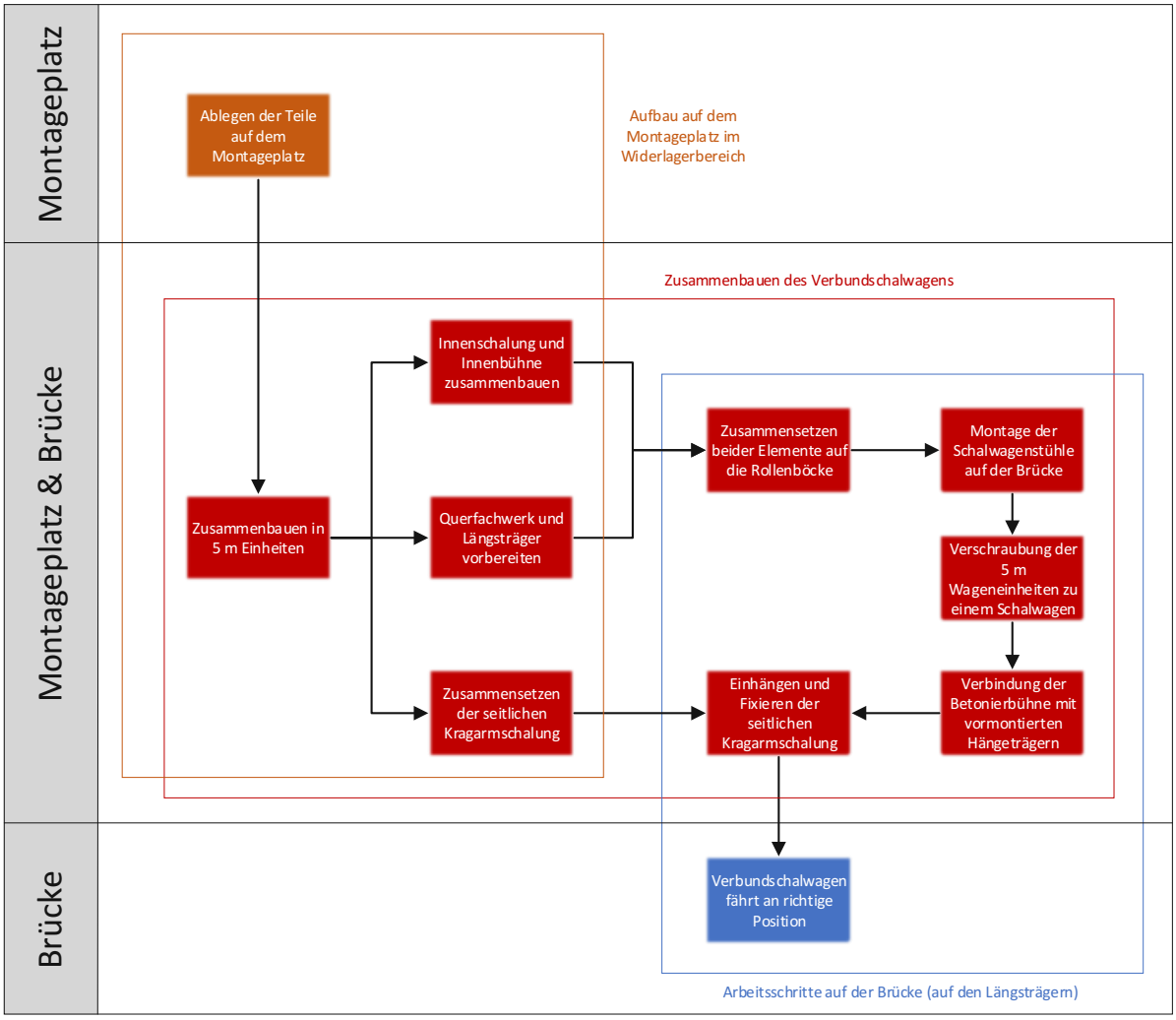



**Abb. 5.3:** Prozessablauf der Teilprozesse beim Aufbau des Verbundschalwagens

14. Absenken der Platten am Einbauort
15. Zusätzliche Hänger für Betonage montieren
16. Restliche Bewehrung (obere Lage) verlegen – dies sollte nur eine Bewehrung in Querrichtung sein, um die Platten miteinander zu verbinden
17. Betonieren der 2. Aufbetonschicht – Dicke der Schicht je nach Anforderungen
18. Aushärten des Betons – ein bis zwei Tage
19. Aufhängungen lösen
20. Versetzwagen fährt zum Montageplatz um nächsten Bauabschnitt zu holen – dieser Abschnitt hat bereits die erste ausgehärtete Aufbetonschicht
21. Nach Fertigstellung der Fahrbahnplatte – Löcher der Aufhängungen mit Ankerstopfen schließen

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Die Darstellung zu diesen Prozessschritten befindet sich in Kapitel 3 in Abb. 3.12 auf Seite 40. Die Prozesse konzentrieren sich auf die Herstellung der Fahrbahnplatte, da der Aufbau des Versetzwagens ähnlich den Prozessen in Abb. 5.3 angenommen wird und aufgrund der aktuellen Entwicklungsphase noch nicht näher festgelegt ist.
Bei den folgenden Berechnungen handelt es sich um Musterkalkulationen als Kostenkalkulationen (keine Preiskalkulationen), die einen Vergleich unterschiedlicher Bauverfahren ermöglichen sollen. Konkrete Marktpreise werden in dieser Arbeit nicht ermittelt. Die Vergleiche beziehen sich auf die Herstellung der Fahrbahnplatte, Auswirkungen auf die gesamte Baustelle bleiben außer Betracht.

## 5.1 Murbrücke Mixnitz

Die Fahrbahnplatte der Murbrücke Mixnitz wurde mit dem Verbundschalwagen gebaut. Für Vergleichszwecke werden der Einsatz von zwei weiteren Verfahren (ParaTop-System und Versetzwagen) analysiert und monetär bewertet. Die Verfahren werden vor allem anhand der Bauzeit, Kosten und Baustelleneinrichtung verglichen. Die Berechnungsblätter inklusive Anmerkungen sind im Anhang A.1 zu finden. Um nicht in jedem Abschnitt auf den Anhang verweisen zu müssen und eine übersichtliche Darstellung der Berechnungen zu gewährleisten, werden Ausschnitte aus den Berechnungsblättern am jeweilig notwendigen Ort als Tabelle eingefügt.
Die Eckdaten des Projektes sind für alle drei Verfahren gleich. Diese werden in der folgenden Tab. 5.1 dargestellt:

**Tab. 5.1:** Eckdaten des Projektes

| | | | |
|---|---|---|---|
| Tragwerkslänge: | 75 m | Bauabschnittslänge: | 15 m |
| Tragwerksbreite: | 6,45 m | Anzahl der Abschnitte: | 5 |
| Plattenstärke: | 0,25 m | Schalwagenlänge: | 16 m (1 · 6 m, 2 · 5 m) |
| Kragarmlänge: | 1,23 m & 1,62 m | | |

### 5.1.1 Darstellung und Beschreibung des bereits gebauten Projektes mittels Verbundschalwagen

Für die Herstellung der Fahrbahnplatte der Murbrücke Mixnitz kam der Verbundschalwagen zum Einsatz. Zusätzlich dazu, schalte und betonierte man mit dem Verbundschalwagen im Zurückfahren den Randbalken, welcher allerdings hier nicht näher erwähnt wird, da sich die Berechnungen und Bauzeitangaben ausschließlich auf die Fahrbahnplatte der Brücke konzentrieren.
Die Berechnungen teilen sich grundsätzlich in folgende drei Teile auf:

- Tätigkeiten auf der Baustelle (Aufbau, Verwendung und Demontage) mit dem Verbundschalwagen
- Berechnung der Systemkosten des Verbundschalwagens
- entstehende Baustellengemeinkosten während der Herstellung der Fahrbahnplatte

Die Firma Doka stellte sehr hilfreiche Unterlagen zu Bauzeit, Kosten und Baustelleneinrichtung der Murbrücke Mixnitz zur Verfügung. Dies ermöglichte eine qualitativ hochwertige Analyse durch Angaben aus der Bauwirtschaft. Alle weiteren offenen Kosten- und Stundenansätze wurden durch einen Brückenbauexperten ergänzt. Anmerkungen zu den Berechnungsansätzen und -annahmen befinden sich auf der rechten Seite auf den Berechnungsblättern im Anhang A.1.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

**Beschreibung der Berechnung der entstehenden Kosten beim Ablauf auf der Baustelle – Verbundschalwagen**

Der Aufbau des Verbundschalwagens startete in einer Halle in der Nähe der Baustelle mit der Vormontage der TOP50-Elemente sowie der Bühnenelemente. Dafür wurden 140 Mannstunden angegeben, welche mit Mittellohnkosten von 40 €/Std zu 5.600€ führen, siehe Tabelle 5.2. In den Mittellohnkosten sind die Nebenkosten, Gerätekosten (Kran) sowie das Kleinmaterial für die Vormontage bereits inkludiert. Nach dem Transport der vormontierten Elemente von der Halle auf die Baustelle erfolgte der Aufbau des Verbundschalwagens mit 16 m aus zwei fünf Meter Teilen und einem sechs Meter Teil in fünf Arbeitstagen mit vier Mann und einem LKW/HIAB mit Fahrer. Ein weiterer Meter im sechs Meter Abschnitt an vorderster Stelle am Verbundschalwagen im Vergleich zum Betonierabschnitt ist notwendig, um mit der vorderen Schalung die Stirnabschalung und die Bewehrungsübergriffe aufnehmen zu können. Bei einer Annahme von durchschnittlich neun Stunden pro Arbeitstag erhält man 45 Stunden pro Woche. Der Mittellohnpreis (MLP) ergibt sich für die vier Arbeiter bestehend aus einem Polier, einem Zimmerer, einem Maurer und einem Betonierer zu 50 €/h. Auf diesen Mischpreis sind zusätzlich die Kosten des Autos des Poliers, die Kosten für ein Quartier für die Arbeiter sowie weitere Nebenkosten umgelegt. Aus diesen Angaben ergeben sich 9.000€. Die Kosten des Hebegerätes (kleiner HIAB), bestehend aus Gerät vorhalten, betreiben und der Lohn des Fahrers sind in den Mittellohnkosten von 65 €/h enthalten. Bei einer gleichen Arbeitszeit wie die Arbeiter mit 45 h/Woche ergibt sich 2.925€. Aufsummiert ergibt der Aufbau des Verbundschalwagens 17.525€.

**Tab. 5.2:** Berechnung – Aufbau des Verbundschalwagens

| 1) Aufbau des Verbundschalwagens mit 16,00m (2 Teile zu je 5m, 1 Teil mit 6m) --> ähnlich bei Versetzwagen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Beschreibung** | **Dauer** | | **Kosten pro Stunde** | **Kosten** | **Berechnungen** |
| Vormontage in einer Halle (Nähe) der TOP50 Elemente und Bühnenelemente | 140,00 Std | Mannstunden | 40,00 €/Std | € 5.600,00 | = 140*40 |
| Aufbau des Verbundschalwagens auf der Baustelle: 5 Arbeitstage mit 4 Mann und 1LKW/HIAB Fahrer - 5 AT zu je 9h/Tag | 45,00 h | Polier+3 Mann=Mischpreis-- | 50,00 €/h | € 9.000,00 | = 4*45*50 |
| | | 1 Hiab (klein) inkl. Fahrer | 65,00 €/h | € 2.925,00 | = 1*45*65 |
| | | | **Summe:** | **€ 17.525,00** | |

Die Herstellung der Fahrbahnplatte, ein Ausschnitt der Berechnungen siehe Tabelle 5.3, erfolgte in 5 Abschnitten zu jeweils 15 m Länge in 25 Arbeitstagen mit 9 h pro Tag. Für diese Arbeiten waren vier Mann, bestehend aus Polier und drei Arbeitern, tätig, welche mit einem Mittellohnpreis und den gearbeiteten Stunden multipliziert werden und Kosten von 45.000€ ergeben. Die vier Mann waren für die Bedienung des Verbundschalwagens, die Randabschalung und das Betonieren zuständig. Während der Herstellung der Fahrbahnplatte war auf der Baustelle ein Hebegerät notwendig. Dazu eignete sich der kleine HIAB, welcher auch für den Aufbau und die Demontage des Verbundschalwagens zum Einsatz kam. Es wird angenommen, dass der LKW/HIAB mit Fahrer die Hälfte der Zeit wie die Arbeiter im Einsatz ist. Der Grund dafür ist, dass während dem Betonieren, für sämtliche Schalungstätigkeiten und andere notwendige Arbeitsschritte bei der Fahrbahnplattenherstellung kein Hebegerät notwendig ist. In 12,5 Arbeitstagen mit einem Mittellohnpreis von 65 €/h (Hebegerät vorhalten, betreiben (Diesel) und Lohnkosten für Fahrer) ergibt sich dafür rund 7.313€. Für die Kosten des Hebegerätes wird angenommen, dass rund 40 €/h davon Lohnanteil, die restlichen 25 €/h Gerätekosten sind. Je kleiner das Gerät ist, umso größer sind die Personalkosten. Bei größeren Geräten verschiebt sich das Verhältnis von Lohn zu Sonstiges. Der Anteil Sonstiges wird größer und der Lohnanteil geringer. Die Materialkosten setzen sich für die Fahrbahnplatte aus Halbfertigteilen, Ortbeton und Bewehrung zusammmen. Die Halbfertigteile zwischen den beiden Stahlträgern waren Elementdeckenelemente mit 7 cm

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Dicke und einer Gesamtfläche von 216 m² über die 60 m. Die restlichen 15 m im Bereich zwischen den Stahlträgern sind Passbereiche die konventionell geschalt wurden und zusätzlich berechnet werden. Mit Kosten von 23 €/m², bei denen die Bewehrung nicht inkludiert ist, ergibt sich für die Halbfertigteilplatten 4.968€. Die Fahrbahnplatte wurde mit 135 m³ Ortbeton (C30/37/B5) hergestellt. In dieser Menge ist der Beton der Passbereiche bereits eingerechnet. Mit 95 €/m³, bestehend aus 85€ für das Material und 10€ für die Betonpumpe, ergeben sich Materialkosten von 12.825€. Die Bewehrung für die gesamte Fahrbahnplatte sind zusätzliche Materialkosten. Da die genaue Angabe der Masse des Stahls nur eine grobe Abschätzung wäre, werden diese Materialkosten nicht beim Verbundschalwagen und ParaTop-System angeführt, sondern nur die zusätzlich notwendige Montagebewehrung beim Versetzwagen berechnet. Die Passbereiche an den Widerlagerenden sowie 6 m Bereiche über den Pfeilern wurden konventionell geschalt, siehe Abb. 4.3 & Abb. 4.4. Die Vorhaltung der rund 65m² Schalung ergab Materialkosten von 260€. Die Montage der Schalung, Erstaufbau und Letztabbau, wird mit einem Aufwandswert von 1,2 h/m² angenommen. Für die notwendige Fläche ergeben sich mit rund 78 Mannstunden Personalkosten von 3.912€, wobei darin Nebenkosten inkludiert sind. Zusammengerechnet ergeben sich für die Herstellung der Fahrbahnplatte Personalkosten von 53.413€, Materialkosten von 18.054€ und Gerätekosten von 2.813€. Die Personal- und Gerätekosten sind abhängig von der Dauer der Herstellung der Fahrbahnplatte. Die Materialkosten sind beim Verbundschalwagen und dem ParaTop-System gleich. Der Versetzwagen verwendet mehr Halbfertigteile und weniger Ortbeton, aufgrund dessen sind die Materialkosten im Vergleich ein wenig teurer. Diese Unterschiede werden bei der Beschreibung der Berechnungen beim Versetzwagen dargestellt.

**Tab. 5.3:** Berechnung der Herstellung der Fahrbahnplatte mit dem Verbundschalwagen

| 2) Herstellung der Fahrbahnplatte in 5 Abschnitten zu je 15m Länge | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Beschreibung** | **Dauer/Menge** | | **Kosten pro X** | **Kosten** | **Berechnungen** |
| 25 Arbeitstage mit 4 Mann - 25 AT zu je 9h/Tag | 225,00 h | Polier+3 Mann=Mischpreis | 50,00 €/h | € 45.000,00 | = 4*225*50 |
| Halbfertigteile: Elementdeckenelemente -7cm - 60m*3,6m | 216,00 m² | | 23,00 €/m² | € 4.968,00 | = 216*23 |
| Ortbeton: Betonieren der Fahrbahnplatte - C30/37/B5 - 135m³ | 135,00 m³ | Betonmenge | 95,00 €/m³ | € 12.825,00 | = 135*95 |
| Bewehrung für gesamte Fahrbahnplatte - bei Versetzwagen mehr - nur der Mehranteil wird beim Versetzwagen berechnet | | | | | |
| 12,5 Arbeitstage zu je 9h/Tag - Hebegerät vorhalten - Fahrer mit Gerät wird nur die Hälfte der Zeit bei der Herstellung der Fahrbahnplatte gebraucht - Annahme | 112,50 h | 1 Hiab (klein) inkl. Fahrer | 65,00 €/h | € 7.312,50 | = 1*112.5*65 |
| **Schalung der Bereiche ohne Verbundschalwagen - Widerlager & über Pfeilern - gleich bei Verbundschalwagen und ParaTop** | | | | | |
| Vorhaltung der Schalung | 65,21 m² | | 4,00 €/m² | € 260,84 | |
| Montage der Schalung - 65,21 m² mit Aufwandswert 1,2 h/m² | 78,25 Std | Mannstunden | 50,00 €/m² | € 3.912,60 | = 78,25*50 |
| Beton schon bei 135m³ inkludiert, bei Versetzwagen nicht notwendig, weil Halbfertigteile bei Versetzwagen auch für Passbereiche eingerechnet sind | | | | | |

| | |
|---|---|
| **Personalkosten:** | **€ 53.412,60** |
| **Materialkosten:** | **€ 18.053,84** |
| **Gerätekosten:** | **€ 2.812,50** |

Die Demontage des Verbundschalwagens konnte nach fertiger Herstellung der Randbalken erfolgen. Die Berechnungen dazu sind in Tab. 5.4 dargestellt. Bei diesen werden die gleichen Stunden- und Kostenansätze wie beim Aufbau und der Herstellung der Fahrbahnplatte mit dem Verbundschalwagen verwendet. Auf der Baustelle waren drei Arbeitstage mit vier Mann notwendig, um den Verbundschalwagen zu zerlegen. Dies ergab Kosten von 5.400€. Zusätzlich war ein Hebegerät für die drei Tage der Demontage notwendig – 1.755€. Nach Zerlegung des Verbundschalwagens wurden die Elemente in die naheliegende Halle gebracht. Die Elemente und

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Bühnen wurden in der Halle mit 55 Mannstunden in Einzelteile zerlegt und von dort mit LKWs retour transportiert – 2.200€. Die Demontage des Verbundschalwagens ergab Gesamtkosten von 9.355€.

**Tab. 5.4:** Berechnung – Demontage des Verbundschalwagens

| 3) Demontage des Verbundschalwagens | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Beschreibung** | **Dauer** | | **Kosten pro Stunde** | **Kosten** | **Berechnungen** |
| Zerlegen des Verbundschalwagens auf der Baustelle: 3 Arbeitstage mit 4 Mann und 1LKW/HIAB Fahrer - 3 AT zu je 9h/Tag | 27,00 h | Polier+3 Mann=Mischpreis | 50,00 €/h | € 5.400,00 | = 4*27*50 |
| | | 1 Hiab (klein) inkl. Fahrer | 65,00 €/h | € 1.755,00 | = 1*27*65 |
| Zerlegen der Elemente und Bühnen in einer Halle (Nähe) | 55,00 Std | Mannstunden | 40,00 €/h | € 2.200,00 | = 55*40 |
| | | | **Summe:** | **€ 9.355,00** | |

Der Aufbau und die Demontage des Verbundschalwagens wird beim Versetzwagen gleich angenommen. Nur bei der Verwendung des Gerätes bei der Herstellung der Fahrbahnplatte unterscheidet sich der Versetzwagen, da die Bauzeit um die Hälfte verkürzt werden kann. Diese Unterschiede werden im Abschnitt 5.1.3 beschrieben. Die entstehenden Kosten beim Einsatz des Para-Top-Systems beim Aufbau, Verwendung und Demontage des Systems werden im Abschnitt 5.1.2 beschrieben.
Die Passbereiche im Widerlagerbereich verkürzen die 75 m Brückenlänge, welche für den Verbundschalwagen mit fünf Abschnitten zu je 15 m angenommen wurden, auf rund 70 m. In diesen windschiefen Passbereichen kann der Verbundschalwagen aufgrund der rechteckigen Form der Schaltafeln nicht verwendet werden. Beim Verbundschalwagen wird dieser Bereich gesondert berechnet und berücksichtigt. Für die Berechnungen wurden trotz der Passbereiche die fünf Abschnittslängen zu je 15 m beim Verbundschalwagen aus Gründen der leichteren Vergleichbarkeit zum Versetzwagen belassen. Dabei wird auf der Baustelle der Schalwagen 3 m in den zuvor betonierten Bereich hineinstehen, um den windschiefen Bereich freizuhalten, da dort konventionell geschalt wird. Der übrig gebliebene Abschnitt (rund 15 m) wird dann in einem betoniert, bestehend aus dem Schalwagenabschnitt und dem konventionell geschalten Teil.

### Beschreibung der Berechnung der Systemkosten – Verbundschalwagen

Die notwendigen Ausschnitte für die Beschreibungen der Kosten des Verbundschalwagens werden in Tabelle 5.5 dargestellt.

**Tab. 5.5:** Berechnung des Verbundschalwagens mit 16 m

| **Beschreibung** | **Anzahl** | | **Kosten pro X** | **Kosten** | **Berechnungen** |
|---|---|---|---|---|---|
| Kaufanteil des Materials für Verbundschalwagen (16m) | | fix | | € 5.187,00 | |
| Aufgeschweißte Formrohre - 25 Stk je Seite - 2,50€/kg für Stahl mit Schweißen | 50,00 Stk | ca. 10kg je Stk Formrohr, variabel - hier aber fix | 25,00 €/Stk | € 1.250,00 | = 50*25 |
| Miete des Verbundschalwagens - zwei Monate | 2,00 Mo | variabel | 5742,00 €/Mo | € 11.484,00 | = 2*5742 |
| Stahlstockerl - 170€/Stk - 10 Stk je Seite | 20,00 Stk | variabel | 170,00 €/Stk | € 3.400,00 | = 20*170 |
| Antransport (Transportgewicht ca. 28 t) mit 3 LKWs | | fix | | € 2.175,00 | |
| Technische Bearbeitung | | fix | | € 5.920,00 | |
| Prüffähige Statik | | fix | | € 3.680,00 | |
| Rücktransport mit 3 LKWs | | fix | | € 2.175,00 | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Preise für Verbundschalwagen von der Firma Doka | **Verbundschalwagen** | **Fixe Kosten** | **€ 20.387,00** |
| Richtmeister - meist im Preis inkludiert und nicht extra - erklärt Personal auf der Baustelle alles - hilft beim richtigen Aufbau des Verbundschalwagens | | **Variable Kosten** | **€ 14.884,00** |

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Die Preise für den Verbundschalwagen mit einer Länge von 16 m wurden von der Firma Doka zur Verfügung gestellt. Die fixen Kosten bestehen aus einem Kaufanteil des Materials mit 5.187€, dem An- und Rücktransport mit 3 LKWs mit zweimal 2.175€, der technischen Bearbeitung (5.920€) und dem Ausarbeiten einer prüffähigen Statik mit 3.680€. Zusätzlich gehören die Kosten der aufgeschweißten Formrohre mit 1.250€ bei dieser Brücke zum fixen Anteil, da der Versetzwagen die gleiche Anzahl (50 Stück) benötigt. Daher unterscheiden sich nur die variablen Anteile beim Versetzwagen. Wenn sich die Brückenlänge verändert, sind mehr aufgeschweißte Formrohre notwendig, deshalb würde man diese Position normalerweise als variable Kosten einstufen. Aufsummiert ergeben die fixen Kosten 20.387€. Die variablen Kosten setzen sich aus der Miete des Verbundschalwagens für zwei Monate mit 11.484€ und aus dem Stahlstockerl mit 20 Stück (Stk) – 3.400€ zusammen. Beim Verbundschalwagen werden gleichzeitig maximal 20 Stück verwendet, weil nach Fertigstellung des ersten Abschnittes der Schalwagen zum zweiten Abschnitt weiterfährt und die Stahlstockerl für den dritten Abschnitt vom ersten Abschnitt hinüber gehoben werden. Dies ergibt variable Kosten von 14.884€. Die fixen Kosten sind immer vorhanden, allerdings bei komplizierteren und größeren Projekten höher. Die variablen Kosten sind zeit- und mengenabhängig. Der Richtmeister, welcher dem Personal auf der Baustelle beim richtigen Aufbau und der Verwendung des Verbundschalwagens hilft, ist üblicherweise im Endpreis inkludiert und muss nicht als eigene Position angeführt werden.

**Beschreibung der Berechnung der Baustellengemeinkosten – Verbundschalwagen**
Die Baustellengemeinkosten bestehen grundsätzlich aus:

- Einrichten der Baustelle
- Zeitgebundene Kosten der Baustelle
- Räumen der Baustelle

Das Einrichten und Räumen der Baustelle ist bei den drei Verfahren sehr ähnlich. Deshalb werden nur die zeitgebundenen Kosten der Baustelle genauer betrachtet. Die Kostenansätze stammen aus K7-Blättern von älteren Brückenbauprojekten und wurden daher um rund 10-15% erhöht, um sie an die aktuellen Preise anzupassen. Die Positionen innerhalb der zeitgebundenen Kosten sind bei allen drei Verfahren gleich, allerdings unterscheiden sich die Dauer der Vorhaltung sowie andere verfahrensbedingte Einrichtungselemente (zum Beispiel die Anzahl der Container). Tab. 5.6 zeigt die zeitgebundenen Kosten für zwei Monate (gleiche Zeitdauer wie Miete des Verbundschalwagens), innerhalb welcher die Fahrbahnplatte mit dem Verbundschalwagen hergestellt wurde. Die zeitgebundenen Baustellengemeinkosten können sich in einer Bandbreite von 8-15% der gesamten Bausumme bewegen. Die Murbrücke Mixnitz hatte ein netto Auftragsvolumen von 650.000€ für Abbruch des alten Fahrbahntragwerkes, Ertüchtigung der Stahlkonstruktion und Neubau der Fahrbahnplatte. Somit kann man sagen, dass die zeitgebundenen Baustellengemeinkosten ungefähr zwischen 52.000€ und 97.500€ liegen sollten. Der Prozentanteil ist bei kleineren Baustellen größer, bei größeren Baustellen kleiner. Wenn man die berechneten zeitgebundenen Baustellengemeinkosten des Zeitraumes der Fahrbahnplatte auf die gesamte Bauzeit des Projektes von fünf Monaten verlängert, sieht man, dass die zeitgebundenen Kosten auf rund 160.000€ kommen. Es ist allerdings in Ordnung, dass die Baustellengemeinkosten in diesem Fall nicht zwischen 8-15% liegen, da es sich um eine kleine Baustelle mit nur 5 Monaten Bauzeit handelt. Für das Personal wurden ein Bauleiter (10.500€/Mo), ein Polier (9.500€/Mo) und ein Techniker (7.000€/Mo) für zwei Monate kalkuliert. Für diese Baustelle waren drei Bürocontainer, zwei Mannschaftscontainer, ein Sanitärcontainer und ein Magazincontainer notwendig. Die angesetzten Kosten beinhalten Einrichtung und Betrieb und sind je nach Ausstattung unterschiedlich teuer, siehe Tab. 5.6. Außerdem wurde ein Drehstromaggregat für die Baustelle während der Zeit

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

der Herstellung der Fahrbahnplatte angenommen. Die Vorhaltung eines Hebegerätes (inklusive Betrieb und Fahrer) sowie das Fahrzeug des Poliers sind bereits bei den jeweiligen Gehaltskosten beim Ablauf der Baustelle inkludiert. Als zusätzliche Gerätekosten wurden allgemeine Geräte der Kleinbaustelle mit 1.234€ pro Monat angenommen.
Zu den sonstigen zeitgebundenen Kosten zählen Wasserverbrauch, Müllabfuhrgebühr, Abwassergebühr, Telefongebühren, Bürokosten sowie allgemeine diverse Kosten, welche geschätzt werden. Die Strombereitstellungsgebühr inklusive Stromverbrauch gehört ebenfalls zu den sonstigen Kosten. Für den Strom wird ein durchschnittlicher Verbrauch von 400 kWh/Tag angenommen. Bei 43 Arbeitstagen (Berechnung siehe Tab. 5.6) in 2 Monaten und Stromkosten von 0,15€/kWh ergeben sich 2.580€. Zusammenaddiert belaufen sich die zeitgebundenen Kosten der Baustelle auf 71.177€. Die meisten Positionen sind zeitabhängig, nur einige der sonstigen Kosten unterscheiden sich bei Verlängerung oder Verkürzung der Bauzeit nur sehr gering und werden deshalb als gleichbleibend angenommen.

**Tab. 5.6:** Berechnung der Baustellengemeinkosten – Verbundschalwagen

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **1) Einrichten der Baustelle - bei allen drei Verfahren gleich angenommen** | | | | | |
| **2) Zeitgebundene Kosten der Baustelle** | | | | | |
| ***Personalkosten*** | | | | | |
| Bauleiter | 2,00 Mo | | 10500,00 €/Mo | € 21.000,00 | = 2*10500 |
| Polier | 2,00 Mo | | 9500,00 €/Mo | € 19.000,00 | = 2*9500 |
| Techniker | 2,00 Mo | | 7000,00 €/Mo | € 14.000,00 | = 2*7000 |
| ***Material- und Gerätekosten*** | | | | | |
| Container | | | | | |
| 3 Bürocontainer (inkl. Einrichtung und Betrieb) | 2,00 Mo | 3,00 Stk | 185,00 €/Mo | € 1.110,00 | = 2*3*185 |
| 2 Mannschaftscontainer (inkl. Einrichtung und Betrieb) | 2,00 Mo | 2,00 Stk | 115,00 €/Mo | € 460,00 | = 2*2*115 |
| 1 Sanitärcontainer (inkl. Einrichtung und Betrieb) | 2,00 Mo | 1,00 Stk | 130,00 €/Mo | € 260,00 | = 2*1*130 |
| 1 Magazincontainer (inkl. Einrichtung und Betrieb) | 2,00 Mo | 1,00 Stk | 75,00 €/Mo | € 150,00 | = 2*1*75 |
| Drehstromaggregat | 2,00 Mo | 1,00 Stk | 271,00 €/Mo | € 542,00 | = 2*1*271 |
| Allgemeine Geräte Kleinbaustelle | 2,00 Mo | | 1233,95 €/Mo | € 2.467,90 | = 2*1233,95 |
| Vorhaltung des Hebegerätes sowie Fahrzeug des Poliers sind bereits in den Personalkosten (siehe oben) inkludiert. | | | | | |
| ***Sonstiges*** | | | | | |
| Strombereitstellungsgebühr - 43AT mit 9h/Tag; | 400,00 kWh/AT | 43,00 AT | 0,15 €/kWh | € 2.580,00 | = 400*43*0,15 |
| Wasserverbrauch | | | | € 1.500,00 | |
| Müllabfuhrgebühr | | 2 Monate - 60 Tage - (30Tage/Mo) / (7Tage/Wo) = 4,3 Wo/Monat | | € 954,50 | |
| Abwassergebühr | | 2 Monate - 4,3*2 = 8,6 Wo - bei 5 AT/Wo -- 8,6Wo*5AT/Wo = 43 AT | | € 92,90 | |
| Telefongebühren | | | | € 59,87 | |
| Bürokosten | | | | € 2.000,00 | |
| Diverses Allgemein | | | | € 5.000,00 | |
| *--> alle Positionen sind Annahmen aus K7-Blättern anderer Brückenprojekte* | | **Summe - zeitgebundene Kosten der Baustelle:** | | **€ 71.177,17** | |
| **3) Räumen der Baustelle - bei allen drei Verfahren gleich angenommen** | | | | | |

### Darstellung der Bauzeit der Fahrbahnplatte – Verbundschalwagen

Die Herstellung der Fahrbahnplatte mit dem Verbundschalwagen erfolgte grundsätzlich in drei Zeitabschnitten, welche in Abb. 5.4 zu erkennen sind:

- Aufbau des Verbundschalwagens – 1
- Herstellung der Fahrbahnplatte mit dem Verbundschalwagen – 2
- Demontage des Verbundschalwagens – 3

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Der Aufbau des Verbundschalwagens dauerte 5 Arbeitstage. Die Herstellung der Fahrbahnplatte erfolgte über 5 Wochen – 25 Arbeitstage. Nach Fertigstellung wurde der Verbundschalwagen innerhalb von 3 Tagen auf der Baustelle demontiert.

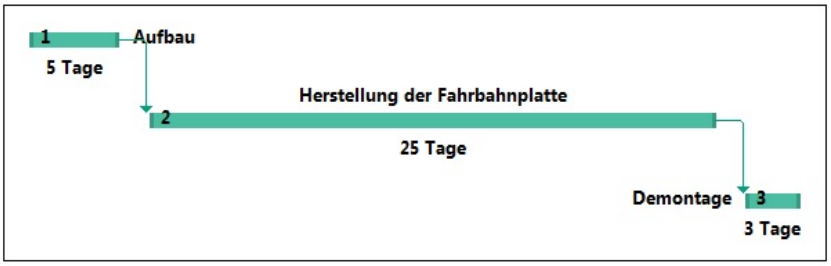



**Abb. 5.4:** Bauzeitplan bei Herstellung der Fahrbahnplatte mit dem Verbundschalwagen

Es ist beabsichtigt, dass die hier dargestellten 33 Arbeitstage der Herstellung der Fahrbahnplatte nicht mit den 2 Monaten (43 Arbeitstage) der Mietdauer des Verbundschalwagens und der Dauer der zeitgebundenen Kosten zusammenpassen. Im Anschluss an die fertiggestellte Fahrbahnplatte wurden die Randbalken mit dem Verbundschalwagen im zurückfahren geschalt und betoniert. Die Herstellung des Randbalkens wird in den Berechnungen und den Zeitbetrachtungen aber nicht berücksichtigt, da sich diese Arbeit ausschließlich auf die Fahrbahnplatte der Brücke konzentriert. Daraus ist die zeitliche Differenz zwischen Mietzeit des Verbundschalwagens und effektiver Zeit der Herstellung der Fahrbahnplatte erklärbar. Die Mietzeit stammt aus Angaben der Firma Doka. Die zeitgebundenen Kosten haben in den Berechnungen immer die Mietdauer des Verbundschalwagens als Ausgangsbasis. Diese Annahmen werden bei den anderen Verfahren der Murbrücke Mixnitz sowie bei der Lafnitz-Brücke ebenso getroffen.

#### Beschreibung der Baustelleneinrichtung für die Fahrbahnplatte – Verbundschalwagen

Die Baustelleneinrichtung erfolgte im Bereich der gesperrten Straße, sodass keine zusätzliche Fläche für die Baustelleneinrichtung notwendig war. Für die Herstellung der Fahrbahnplatte benötigte man einerseits Platz zum Aufbau des Verbundschalwagens, welcher im Bereich hinter dem Widerlager erfolgte. Außerdem war ein angrenzender Lagerplatz notwendig, um die vormontierten Teile des Verbundschalwagens aus der Halle zwischenzulagern.

### 5.1.2 Einsatz des ursprünglich geplanten ParaTop-Systems – ortsfeste Kragarmschalung

Ursprünglich wurde geplant die Murbrücke Mixnitz mit dem ParaTop-System der Firma Doka herzustellen. Dadurch konnten Preise, geplante Abläufe sowie Pläne von der Firma Doka zur Verfügung gestellt werden. Das ParaTop-System wurde letztendlich aus technischer Sicht nicht ausgeführt, da die Stahllängskonstruktion die Belastung aus der ortfesten Kragarmschalung nicht aufnehmen hätte können.

#### Beschreibung des Ablaufs bei Einsatz des ParaTop-Systems

Im Anschluss an den Abbruch der alten Fahrbahnplatte und der Ertüchtigung der Stahlkonstruktion, werden die Kragarme mit dem ParaTop-System geschalt. Dafür sind Elemente der Trägerschalung Top 50 (Großflächenschalung mit Schalungsträgern H20, Gurtungen aus Stahlwandriegeln und Schalhaut) im Einsatz, welche mit dem ParaTop-System über Schräganker am Stahlhauptträger befestigt sind. Die ausführende Baufirma bekommt die Materialien für das ParaTop-System der Firma Doka in eine Halle geliefert, welche sich in der Nähe der Baustelle befindet. Dort werden die ParaTop-Elemente vormontiert und als Einheiten auf die

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Baustelle transportiert. Nach kurzer Zwischenlagerung wird das ParaTop-Element, mit jeweils einer Länge von 3,60 m, mit dem Autokran und einer Umsetzgabel in die Ankerschuhe, welche im Vorhinein an den Stahllängsträger geschweißt werden müssen, eingehängt. Zwischen den ParaTop-Elementen werden lose H20-Schalungsträger, Formhölzer und Schalhaut eingelegt, um die Kragarmflächen zu schließen. Im Bereich zwischen den Stahllängsträgern kamen wie beim Verbundschalwagen Halbfertigteile zum Einsatz. Nachdem das gesamte Tragwerk mit 75 m mit dem ParaTop-System eingeschalt wurde, konnte die Fahrbahnplatte bewehrt werden und an einem Tag betoniert werden. Die Schalung wurde so geplant, dass nach fertigem Aushärten der Fahrbahnplatte, die Schalung sehr einfach auf eine Randbalkenschalung umgebaut werden konnte. Nach der Fertigstellung der Randbalken wird die Seitenschalung entfernt. Im Anschluss daran wird eine zusätzliche Absturzsicherung am Tragwerk montiert und mit der Demontage der Kragarmschalung begonnen. Um unter den Kragarmplatten arbeiten zu können, ist ein Personenkorb zwischen den ParaTop-Elementen notwendig. Nachdem die losen Teile ausgebaut werden, können die ParaTop/Top50-Elemente mit dem Hebegerät und einer Umsetzgabel auf den Montageplatz gehoben werden. Nach dem Transport der ausgehobenen Elemente in die Halle, werden diese in Einzelteile zerlegt und die Mietteile mit dem LKW retour geliefert.

### Beschreibung der Berechnung der entstehenden Kosten beim Ablauf auf der Baustelle – ParaTop-System

Die Vormontage der Trägerschalungsgespärre erfolgt in einer Halle (in der Nähe der Baustelle) mit 300 Mannstunden, siehe Tab. 5.7. Die Vormontagetätigkeiten erfolgen bereits im Vorhinein, um die montierten Elemente pünktlich auf die Baustelle bringen zu können. In den 40 €/Std sind bereits Nebenkosten (zum Beispiel für Kleinmaterial) inkludiert. Dies ergibt Vormontagekosten von 12.000€.

**Tab. 5.7:** Berechnung – Aufbau des ParaTop-Systems

| 1) Aufbau des ParaTop-Systems mit 3,60 m Breite pro Element (36 Elemente) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Beschreibung** | **Dauer** | | **Kosten pro Stunde** | **Kosten** | **Berechnungen** |
| Vormontage der Trägerschalungsgespärre - 300 Mannstunden in der Halle (Nähe) | 300,00 h | Mannstunden | 40,00 €/Std | € 12.000,00 | = 300*40 |
| Annahme von 22,5h - Vorhaltung von kleinem Hiab während den 5 AT - für das Einheben & während bei Vormontage für sämtliche Hilfstätigkeiten | 22,50 h | 1 Hiab (klein) inkl. Fahrer | 65,00 €/Std | € 1.462,50 | = 22,5*65 |
| Einheben und Einrichten der Elemente - 160 Mannstunden (9h/Tag mit 4 Mann) - Annahme mit rund 5AT für Bauzeitangabe | 40,00 h | 4 Mann (Polier+3 Mann) | 50,00 €/h | € 8.000,00 | = 4*40*50 |
| Vorhaltung eines 80 t Autokrans während den 5 AT beim Einheben - Annahme von 25h Einsatzzeit während den fünf Arbeitstagen | 25,00 h | 1 Autokran inkl. Fahrer | 100,00 €/h | € 2.500,00 | = 25*100 |
| | | | **Summe:** | **€ 23.962,50** | |

Für das Einheben, Einrichten und Befestigen der vormontierten Elemente sind 160 Mannstunden notwendig. Die Voraussetzung für einen reibungslosen Ablauf beim Einheben ist ein Hebegerät mit Schlaufen oder Umsetzgabel. Dafür werden 4 Mann (bestehend aus einem Polier und drei Mann) zu jeweils neun Stunden pro Tag für rund fünf Arbeitstage kalkuliert. Bei einem Mittellohnpreis von 50 €/h ergeben sich 8.000€ Personalkosten. Für das Einheben der Elemente ist ein 80 t Autokran mit Teleskopausleger notwendig, weil bis zu 2 Tonnen Gewicht (ParaTop-Element rund 1 t, Umsetzgabel rund 0,75 t) in die Mitte der Brücke mit 37,5 m gehoben werden müssen. Dieser Autokran wird für 25 Einsatzstunden während den fünf Arbeitstagen beim Aufbau des ParaTop-Systems verwendet. Mit 100 €/h ergeben sich 2.500€. Dabei teilen sich diese 100€/h auf 60% Gerätekosten und 40% Lohnkosten auf. Zusätzlich zum Autokran wird ein kleiner HIAB vorgehalten und betrieben, um bei sämtlichen Tätigkeiten bei der Vormontage sowie beim

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Einheben der ParaTop-Elemente zu helfen. Dieses Hebegerät inklusive Fahrer wird mit 65 €/Std angesetzt und für 22,5 Stunden verwendet – 1.463€. Dabei fallen rund 40 €/h auf den Fahrer, die restlichen 25 €/h sind Gerätekosten. Aufsummiert ergeben sich somit 23.963€ für den Aufbau des ParaTop-Systems.
Die Herstellung der Fahrbahnplatte, Berechnungen dazu siehe Tab. 5.8, erfolgt innerhalb von 15 Arbeitstagen mit durchschnittlich 5 Mann zu jeweils 9 Stunden pro Tag – 135 h/Mann. Bei einem angenommenen Mittellohnpreis (MLP) von 50 €/h (ein Polier & vier Mann) ergeben sich 33.750€. Der MLP muss dabei im Vergleich zum Einheben und Einrichten der Elemente (Polier & 3 Mann) nicht angepasst werden, da der Unterschied sehr minimal wäre und nicht ausschlaggebend ist. Die 5 Mann in den 15 Arbeitstagen sind ein Schnitt, da für Schalen, Bewehren und Randabschalen weniger Personen notwendig sind. Im Vergleich dazu werden beim Betonieren acht bis neun Mann gleichzeitig benötigt. Die Materialkosten setzen sich aus den gleichen Elementen zusammen wie beim Verbundschalwagen und werden somit nicht noch einmal beschrieben, da die Kosten von Halbfertigteilen, Ortbeton sowie den Materialkosten und Personalkosten für die Passbereiche in gleicher Höhe anfallen. Ein kleines Hebegerät hilft für 67,5 h mit 65 €/h beim Einheben der Bewehrung und sämtlichen anderen Hilfstätigkeiten mit – 4.388€. Dabei wird der kleine HIAB nur für die Hälfte der Zeit der Herstellung der Fahrbahnplatte angenommen, da beim Betonieren, beim Ausblasen der Schalung, Bewehrung stricken sowie in anderen Situationen während der Fahrbahnplattenherstellung kein Hebegerät notwendig ist. Zusammengefasst ergeben sich Personalkosten von 40.363€, Materialkosten von 18.054€ und Gerätekosten von 1.688€. Das Hebegerät wurde dabei anteilsmäßig (25/65 – Gerätekosten, 40/65 – Personalkosten) in die beiden Positionen eingerechnet.

**Tab. 5.8:** Berechnung – Herstellung der Fahrbahnplatte mit dem ParaTop-System

| 2) Herstellung der Fahrbahnplatte - ganze Brücke mit 75m geschalt | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Beschreibung** | **Dauer/Menge** | | **Kosten pro X** | **Kosten** | **Berechnungen** |
| 15 Arbeitstage mit 5 Mann - 15 AT zu je 9h/Tag (3 Wochen) | 135,00 h | Polier+4 Mann=Mischpreis | 50,00 €/h | € 33.750,00 | =5*135*50 |
| Halbfertigteile: Elementdeckenelemente -7cm - 60m*3,6m | 216,00 m² | | 23,00 €/m² | € 4.968,00 | = 216*23 |
| Ortbeton: Betonieren der Fahrbahnplatte - C30/37/B5 - 135m³ - an einem Tag ganze Brücke mit 75m betoniert | 135,00 m³ | Betonmenge | 95,00 €/m³ | € 12.825,00 | = 135*95 |
| Bewehrung - nur bei Versetzwagen mehr - Mehranteil wird beim Versetzwagen berechnet - bei ParaTop-System gleich wie bei VSW | | | | | |
| 7,5 Arbeitstage zu je 9h/Tag - Hebegerät vorhalten - Fahrer mit Gerät wird nur die Hälfte der Zeit bei der Herstellung der Fahrbahnplatte gebraucht - Annahme | 67,50 h | 1 Hiab (klein) inkl. Fahrer | 65,00 €/h | € 4.387,50 | = 67,5*65 |
| **Schalung der Bereiche ohne ParaTop bzw. ohne Halbfertigteilplatten - Widerlager & über Pfeilern - gleich wie bei VSW** | | | | | |
| Vorhaltung der Schalung | 65,21 m² | | 4,00 €/m² | € 260,84 | = 65,21*4 |
| Montage der Schalung - 65,21 m² mit Aufwandswert 1,2 Std/m² = 78,25 Std | 78,25 Std | Mannstunden | 50,00 €/m² | € 3.912,60 | = 78,25*50 |
| Beton für konventionellen Schalungsbereich schon bei 135m³ inkludiert. | | | **Personalkosten:** | **€ 40.362,60** | |
| | | | **Materialkosten:** | **€ 18.053,84** | |
| | | | **Gerätekosten:** | **€ 1.687,50** | |

Die 75 m lange Fahrbahnplatte wird an einem Arbeitstag betoniert. Nach ungefähr einer Woche kann die Brücke ausgeschalt werden. Dazu sind 90 Mannstunden notwendig, wobei zusätzlich zum Ausschalen der Elemente die losen Teile entfernt werden. Die Berechnungen zur Demontage sind in Tab. 5.9 zu erkennen. Für die 90 h wird angenommen, dass 4 Mann zu jeweils 22,5 Stunden arbeiten. Dies ergibt für das Ausschalen der ParaTop-Elemente und das Entfernen der losen Teile 2,5 Arbeitstage. Bei gleichem Mittellohnpreis wie beim Aufbau (50 €/h) ergeben sich 4.500€.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Nach den Vorbereitungen werden die ParaTop-Elemente mithilfe eines kleinen Hebegerätes (HIAB) in 25 Mannstunden ausgehoben. Für diese Tätigkeiten werden zwei Mann zu jeweils 12,5 h (rund 1,5 Arbeitstage) angenommen. Dadurch ergeben sich Personalkosten von 1.250€. Für das Hebegerät (kleiner HIAB) werden vier Arbeitstage, somit 36 Einsatzstunden, angenommen. Bei der Demontage des ParaTop-Systems ist kein 80 t-Autokran notwendig, da die Brücke bereits befahrbar ist, und die Elemente mit dem kleinen HIAB gehoben werden können. Das Zerlegen der montierten Gespärreeinheiten erfolgt in einer Halle in der Nähe der Baustelle. Dafür sind 190 Mannstunden notwendig, die mit Mittellohnkosten von 40 €/h multipliziert werden – 7.600€. Alles in allem entstehen bei der Demontage des ParaTop-Systems Kosten in der Höhe von 15.690€.

**Tab. 5.9:** Berechnung – Demontage des ParaTop-Systems

| 3) Demontage des ParaTop-Systems | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Beschreibung** | **Dauer** | | **Kosten pro Stunde** | **Kosten** | **Berechnungen** |
| Ausschalen der Elemente und Entfernen der losen Teile - 90 Mannstunden lose Teile ausbauen - Annahme von 4 Mann zu je 22,5h - somit 2,5 AT | 22,50 h | Polier+3 Mann | 50,00 €/h | € 4.500,00 | = 4*22,5*50 |
| Annahme von 36h Vorhaltung von kleinem Hiab während Ausschalen und Ausheben der ParaTop-Elemente | 36,00 h | 1 Hiab (klein) inkl. Fahrer | 65,00 €/h | € 2.340,00 | = 30*65 |
| 25 Mannstunden fürs Ausheben der vormontierten Teile -für gesamte Brücke --> rund 1,5 AT mit zwei Mann und 9h pro Tag | 12,50 h | 2 Mann | 50,00 €/h | € 1.250,00 | = 2*12,5*50 |
| Zerlegen der montierten Gespärreeinheiten in der Halle in der Nähe - 190 Mannstunden | 190,00 Std | Mannstunden | 40,00 €/h | € 7.600,00 | = 190*40 |
| | | | **Summe:** | **€ 15.690,00** | |

### Beschreibung der Berechnung der Systemkosten – ParaTop-System

Die angegebenen Kosten in Tab. 5.10 beziehen sich auf das ParaTop-System von 75 m Länge. Die fixen Kosten ergeben sich aus dem Kaufanteil des Materials für die ParaTop-Schalung mit 21.178€. In diesem Anteil sind Formhölzer bei der Kragplatte als auch Schuhfixierungen inkludiert. Geplant wurde mit 18 ParaTop-Elementen zu je 3,60 m Breite pro Seite. Zu den fixen Kosten zählen außerdem der An- und Rücktransport mit 2 LKWs mit 2.900€, die technische Bearbeitung mit 2.180€ und der Aufwand für das Erstellen der prüffähigen Statik mit 1.840€. Für den Kaufanteil des Materials kann angenommen werden, dass nach dem Einsatz Teile der Schalhaut wiederverwendbar sind. Monetär kann man diesen Restwert mit 500€ bewerten. Dies ergibt zusammengefasst für die fixen Kosten des ParaTop-Systems 27.598€. Die fixen Kosten sind für Projekte gleicher Größe und Komplexität ungefähr in gleicher Höhe anzusetzen. Nur bei größeren und komplexeren Bauprojekten werden diese fixen Kosten höher.

Die variablen Kosten bestehen einerseits aus der Miete der ParaTop-Schalung (zwei Monate aus Angaben der Firma Doka) mit 5.572€ pro Monat, deren Anteil je nach Dauer des Projektes höher oder niedriger werden kann. Der zweite variable Anteil, welcher von der Länge der Brücke abhängig ist, sind die bauseitig auszuführenden Aufschweißungen der Schuhfixierungen. Hierfür wird angenommen, dass zwei Schuhe pro ParaTop-Element verwendet werden. Dies ergibt eine Anzahl von 72 Stk für die 75 m Murbrücke bei Mixnitz. Der Aufwand mit 1 h/Stk ist pro Schuhfixierung notwendig. Die Personalkosten wurden mit 55 €/Stk angesetzt, wobei bereits die Material- und Gerätekosten inkludiert sind. Dies ergibt 3.960€ für das Aufschweißen der Schuhfixierungen. Die variablen Kosten summieren sich auf 15.104€.
Ein Experte der Firma Doka, welcher beim Aufbau des Systems und der fachgerechten Verwendung zur Verfügung steht, ist in den Kosten bereits inkludiert und muss nicht als eigene Position angeführt werden.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

**Tab. 5.10:** Berechnung des ParaTop-Systems für 75 m

| Beschreibung | Anzahl | | | Kosten pro X | Kosten | Berechnungen |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Kaufanteil des Materials für ParaTop-Schalung (75m) | | fix | | | € 21.178,00 | |
| Aufschweißung der Schuhfixierung - bauseits | 72,00 Stk | variabel | 1 h/Stk | 55,00 €/Std | € 3.960,00 | = 72*1*55 |
| Miete der ParaTop-Schalung - zwei Monate | 2,00 Mo | variabel | | 5572,00 €/Mo | € 11.144,00 | = 2*5572 |
| Antransport (Transportgewicht ca. 33 t) mit 2 LKWs | | fix | | | € 1.450,00 | |
| Technische Bearbeitung | | fix | | | € 2.180,00 | |
| Prüffähige Statik | | fix | | | € 1.840,00 | |
| Rücktransport mit 2 LKWs | | fix | | | € 1.450,00 | |
| nach Einsatz - Teile der Schalhaut wiederverwendbar | | | | | € 500,00 | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Preise für das ParaTop System von der Firma Doka | **ParaTop-System** | **Fixe Kosten** | **€ 27.598,00** |
| Richtmeister - meist im Preis inkludiert und nicht extra - erklärt Personal auf der Baustelle alles - hilft beim richtigen Aufbau des ParaTop Systems | | **Variable Kosten** | **€ 15.104,00** |

### Beschreibung der Berechnung der Baustellengemeinkosten – ParaTop-System

Die Baustellengemeinkosten ändern sich im Vergleich zum Verbundschalwagen nur bei den zeitgebundenen Kosten der Baustelle. Die angenommenen Positionen, siehe Tab. 5.11, sind im Vergleich zum Verbundschalwagen alle gleich, es ändert sich nur deren Einsatzzeit. Dabei wird das ParaTop-System laut der Firma Doka für zwei Monate vorgehalten. Allerdings verläuft die Herstellung der Fahrbahnplatte schneller als mit dem Verbundschalwagen. Um diese Bauzeitverkürzung (9 Arbeitstage beim Ablauf auf der Baustelle) zu inkludieren und im Vergleich zu den anderen beiden Verfahren schlüssig zu bleiben, wird die Zeitdauer für die zeitgebundenen Kosten auf der Baustelle angepasst. Bei 2 Monaten mit jeweils 30 Tagen verbleiben 43 Arbeitstage. Davon werden beim Verbundschalwagen 33 Arbeitstage (Aufbau – 5 Arbeitstage (AT), Herstellung der Fahrbahnplatte – 25 AT, Demontage – 3 AT) beim Ablauf auf der Baustelle verbraucht. Die restlichen 10 AT sind bei allen drei Verfahren, unabhängig vom Ablauf auf der Baustelle, notwendig und miteinzukalkulieren. Beim ParaTop-System teilt sich die Bauzeit auf in 5 Arbeitstage beim Aufbau, 15 AT bei der Herstellung der Fahrbahnplatte und 4 AT bei der Demontage – in Summe 24 Arbeitstage. Inklusive der restlichen zehn notwendigen Arbeitstage ergeben sich 34 Arbeitstage. Im Vergleich zum Verbundschalwagen (43 AT) werden 9 Arbeitstage eingespart.

In einem Monat mit 30 Tagen bleiben 21,5 Arbeitstage übrig, siehe Berechnung der Baustellengemeinkosten bei Einsatz des Verbundschalwagens – Tab. 5.6 auf Seite 61. Bei einem Abzug der ersparten 9 Arbeitstage erhält man 12,5 Arbeitstage. Mit dem Wert 1,4 (7 Tage durch 5 Arbeitstage) multipliziert ergeben sich 17,5 Tage, welche durch 7 Tage je Woche dividiert werden und 2,5 Wochen ergeben. Wenn man diese 2,5 Wochen durch die angenommenen 4,3 Wochen je Monat dividiert, ergeben sich 0,58 Monate. Zusammengefasst ergeben sich 1,58 Monate als notwendige Zeitdauer für die zeitgebundenen Kosten der Baustelle beim ParaTop-System. Die Berechnungen und einige Anmerkungen zu diesen Berechnungsschritten sind im Anhang A.1 bei den Berechnungsblättern der Murbrücke Mixnitz zu finden. Da dies nur einfache Zeitumwandlungen sind, wird auf eine zusätzlich gezeigte Berechnungstabelle an dieser Stelle verzichtet.
Die berechnete Zeitdauer von 1,58 Monaten wurde bei den zeitgebundenen Kosten der Baustelle eingesetzt. Der Stromverbrauch wurde ebenfalls an die geringere Bauzeit mit 34 Arbeitstagen angepasst. Es ergeben sich zeitgebundene Kosten der Baustelle in Höhe von 58.249€.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

**Tab. 5.11:** ParaTop-System – Zeitgebundene Kosten der Baustelle

| Unterschied bei: 2) Zeitgebundene Kosten der Baustelle - ParaTop-System | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ***Personalkosten*** | | | | | |
| Bauleiter | 1,58 Mo | | 10500,00 €/Mo | € 16.590,00 | = 1,58*10500 |
| Polier | 1,58 Mo | | 9500,00 €/Mo | € 15.010,00 | = 1.58*9500 |
| Techniker | 1,58 Mo | | 7000,00 €/Mo | € 11.060,00 | = 1,58*7000 |
| ***Material- und Gerätekosten*** | | | | | |
| Container | | | | | |
| 3 Bürocontainer (inkl. Einrichtung und Betrieb) | 1,58 Mo | 3,00 Stk | 185,00 €/Mo | € 876,90 | = 1,58*3*185 |
| 3 Mannschaftscontainer (inkl. Einrichtung und Betrieb) | 1,58 Mo | 2,00 Stk | 115,00 €/Mo | € 363,40 | = 1,58*2*115 |
| 1 Sanitärcontainer (inkl. Einrichtung und Betrieb) | 1,58 Mo | 1,00 Stk | 130,00 €/Mo | € 205,40 | = 1,58*1*130 |
| 1 Magazincontainer (inkl. Einrichtung und Betrieb) | 1,58 Mo | 1,00 Stk | 75,00 €/Mo | € 118,50 | = 1,58*1*75 |
| Drehstromaggregat | 1,58 Mo | | 271,00 €/Mo | € 428,18 | = 1,58*271 |
| Allgemeine Geräte Kleinbaustelle | 1,58 Mo | | 1233,95 €/Mo | € 1.949,64 | = 1,58*1233,95 |
| Vorhaltung des Hebegerätes sowie Fahrzeug des Poliers sind bereits in den Personalkosten (siehe oben) inkludiert. | | | | | |
| ***Sonstiges*** | | | | | |
| Strombereitstellungsgebühr - 34 AT mit 9h/Tag; | 400,00 kWh/AT | 34,00 AT | 0,15 €/kWh | € 2.040,00 | = 400*34*0,15 |
| Wasserverbrauch | | | | € 1.500,00 | |
| Müllabfuhrgebühr | | 2 Monate - 60 Tage - (30Tage/Mo) / (7Tage/Wo) = | | € 954,50 | |
| Abwassergebühr | | 2 Monate - 4,3*2 = 8,6 Wo/Mo - bei 5 AT/Wo --> | | € 92,90 | |
| Telefongebühren | | Abzug von 9 AT --> somit 34 AT | | € 59,87 | |
| Bürokosten | | | | € 2.000,00 | |
| Diverses Allgemein | | | | € 5.000,00 | |
| *--> alle Positionen sind Annahmen aus K7-Blättern anderer Brückenprojekte* | | **Summe - zeitgebundene Kosten der Baustelle:** | | **€ 58.249,29** | |

### Darstellung der Bauzeit der Fahrbahnplatte – ParaTop-System

Die Herstellung der Fahrbahnplatte mit dem ParaTop-System erfolgt, wie beim Verbundschalwagen, grundsätzlich in drei gleichen Abschnitten. Die Bauzeit im zweiten Bereich, zu erkennen in Abb. 5.5, hat sich verkürzt. Bei der Herstellung der Fahrbahnplatte (Balken 2 mit 15 Tagen) hat sich die Bauzeit um 10 Arbeitstage verkürzt. Allerdings ist bei der Demontage des Systems (Balken 3 mit 4 Tagen) ein Arbeitstag hinzugekommen. Zusammengefasst kann beim Einsatz des ParaTop-Systems die Bauzeit im Vergleich zum Verbundschalwagen um 9 Arbeitstage verkürzt werden.

**Abb. 5.5:** Bauzeitplan bei Herstellung der Fahrbahnplatte mit dem ParaTop-System

## 5.1.3 Einsatz des Versetzwagens

Die Berechnungen sind grundsätzlich so aufgebaut, dass die Unterschiede zum Verbundschalwagen als eigene Schritte berechnet werden. Die restlichen Elemente der Kosten werden im Vergleich zum Verbundschalwagen als ähnlich angenommen. Die Ansätze für Personalkosten, Gerätekosten und Materialkosten werden grundsätzlich gleich zum Verbundschalwagen verwendet und nicht extra angeführt, um ständige Wiederholungen zu vermeiden. Die Annahmen sind nur bei jenen

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Berechnungsschritten geändert, bei denen ausdrücklich beschrieben und begründet ist, dass ein Wert geändert wurde.

### Beschreibung der Berechnung der entstehenden Kosten beim Ablauf auf der Baustelle – Versetzwagen

Der Aufbau und die Demontage des Versetzwagens wird mit gleicher Zeit, gleichem Personal und somit gleichen Kosten angenommen. Ein Unterschied ergibt sich allerdings bei der Herstellung der Fahrbahnplatte. Um den Versetzwagen besser mit dem Verbundschalwagen vergleichen zu können, wird für die Länge des Versetzwagens ebenfalls 16 m (Betonierabschnittslänge 15 m) gewählt. Die Brücke teilt sich somit in fünf Betonierabschnitte. Da die Arbeit mit dem Versetzwagen an zwei Orten (Montageplatz & Einbauort) gleichzeitig ausgeführt wird, werden zwei Mannschaften zu je 4 Mann benötigt. Der Mischpreis der Mittellohnkosten für diese Arbeiter bleibt trotz eines Poliers und sieben Mann bei 50 €/h, da der Unterschied kaum spürbar ist. Die fünf Abschnitte können im Vergleich zum Verbundschalwagen in 12,5 Tagen hergestellt werden, wenn die Arbeiter, angelehnt an den Verbundschalwagen, neun Stunden pro Tag arbeiten. Grund dafür ist, dass zwei Abschnitte pro Woche hergestellt werden können, da der erste Abschnitt vom Bauablauf her am Montag vom Montageplatz auf den Einbauort transportiert, eingerichtet und betoniert wird. Nach rund ein- bis zweitägigem Erhärten des Betons kann der Versetzwagen am Donnerstag die Aufhängungen lösen und fährt zum Montageplatz, um den nächsten Abschnitt zu holen. Dieser zweite Abschnitt wird spätestens am Donnerstag an den Einbauort gebracht, um diesen zu betonieren. Der Beton kann somit über das Wochenende aushärten und der selbe Ablauf startet am Montag mit dem dritten Abschnitt. Da die Zeit halbiert wird, aber doppelt so viel Personal notwendig ist, bleiben die Personalkosten bei 45.000€. Ein Ausschnitt der Berechnungen ist in Tab. 5.12 zu sehen.

**Tab. 5.12:** Berechnung der Unterschiede bei den Kosten der Herstellung der Fahrbahnplatte mit dem Versetzwagen

**Unterschied bei: 2) Herstellung der Fahrbahnplatte in 5 Abschnitten zu je 15m Länge**

| Beschreibung | Dauer | | Kosten pro Stunde | Kosten | Berechnungen |
|---|---|---|---|---|---|
| 12,5 Arbeitstage mit zwei Mannschaften zu je 4 Mann - 12,5 AT zu je 9h/Tag - zwei Baubschnitte pro Woche, erster Abschnitt: MO - DO, Zweiter: FR-MO | 112,50 h | (Polier+7 Mann=Mischpreis) --> | 50,00 €/h | € 45.000,00 | = 8*112,5*50 |
| Halbfertigteile: Platte Typ 1 - 7cm - 30*2,5*3,6 | 270,00 m² | 30 Stk (Typ1) | 23,00 €/m² | € 6.210,00 | = 270*23 |
| Halbfertigteile: Platte Typ 2 - 7cm - 10*7,5*1,62 | 121,50 m² | 10 Stk (Typ2) | 23,00 €/m² | € 2.794,50 | = 121,5*23 |
| Halbfertigteile: Platte Typ 3 - 7cm - 10*7,5*1,23 | 92,25 m² | 10 Stk (Typ3) | 23,00 €/m² | € 2.121,75 | = 92,25*23 |
| **Halbfertigteile - Gesamt** | | | | **€ 11.126,25** | |
| Ortbeton: Betonieren der Fahrbahnplatte - C30/37/B5 - 120m³ (Abzug: Halbfertigteile ca. 15m³) | 120,00 m³ | Betonmenge | 95,00 €/m³ | € 11.400,00 | = 120*95 |
| zusätzlich notwendige Bewehrung - Annahme mit 400kg pro 15m Abschnitt | 400,00 kg | je 15m Abschnitt - 5mal | 1,30 €/kg | € 2.600,00 | = 400*5*1,3 |
| 6,25 Arbeitstage zu je 9h/Tag - Hebegerät vorhalten - Fahrer mit Gerät wird nur die Hälfte der Zeit bei der Herstellung der Fahrbahnplatte gebraucht - Annahme | 56,25 h | 1 Hiab (klein) inkl. Fahrer | 65,00 €/h | € 3.656,25 | = 1*56,25*65 |

| |
|---|
| Annahme: in Passbereichen auch Halbfertigteile |
| Abzug: 0,07*75*1,62+0,07*75*1,23 = ca. 15m³ Halbfertigteile--> Abmessungen siehe Abbildung - Beschreibung des Projektes in Kapitel 4 |

| | |
|---|---|
| **Personalkosten:** | **€ 47.250,00** |
| **Materialkosten:** | **€ 25.126,25** |
| **Gerätekosten:** | **€ 1.406,25** |

Das Hebegerät (kleiner HIAB) wird ähnlich zu den beiden anderen Verfahren allerdings nur die Hälfte der Zeit (6,25 AT mit 9 h/Tag) der Herstellung der Fahrbahnplatte vorgehalten und betrieben (Treibstoff und Lohnkosten des Fahrers). Bei 65 Euro pro Stunde ergibt dies 3.656€.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Dabei wird angenommen, dass 40 €/h davon Personalkosten, 25 €/h davon Gerätekosten sind. Bei kleineren Geräten ist der Anteil an Lohnkosten höher, bei größeren Geräten erhöhen sich hingegen die Gerätekosten. Dadurch ergeben sich die Personalkosten gesamt zu 47.250€. Weitere Personalkosten entfallen, da in den Passbereichen, die beim Einsatz des Verbundschalwagens konventionell geschalt werden, mit Halbfertigteilen gearbeitet wird, um dies zu vermeiden. Der Arbeitsaufwand diese Passbereiche zu schalen sind bereits in den 12,5 Arbeitstagen inkludiert.
Die Materialkosten setzen sich aus Halbfertigteilplatten, Ortbeton und zusätzlicher Montagebewehrung zusammen. Die Halbfertigteile werden in drei Plattentypen und Stück pro Abschnitt (15 m) eingeteilt:

- Platte Typ 1 – 2,5 m mal 3,6 m – 6 Stk
- Platte Typ 2 – 7,5 m mal 1,62 m – 2 Stk
- Platte Typ 3 – 7,5 m mal 1,23 m – 2 Stk

Die Halbfertigteilplatten und deren Einteilung sind in Kapitel 3 beschrieben. Grundsätzlich kann angenommen werden, dass kleinere Platten minimal teurer im Vergleich zu größeren Platten sind. Es werden allerdings gleiche Kosten mit 23 €/m² für die drei Plattentypen, wie bei Elementdeckenplatten, angenommen. Die Bewehrung ist in diesem Anteil nicht enthalten und wird deshalb in einer eigenen Position behandelt. Da die Menge an Stahl für die Brücke nur abgeschätzt werden kann, wird der Mehranteil der Bewehrung aufgrund der zusätzlichen Montagebewehrung und Bewehrungsstöße beim Versetzwagen aus Angaben des Instituts für Tragkonstruktionen - Betonbau angenommen. Da die Arbeiten beim Versetzwagen nur von oberhalb erfolgen, die Aufhängungen alleine eine Stützfunktion haben und die Halbfertigteilplatten nur eine Dicke von 7cm besitzen, sind zusätzliche Bewehrungseisen für die Montagearbeiten notwendig. Einerseits wird bei Verwendung des Versetzwagens eine zusätzliche Bewehrung in zweiter Lage im Fertigteil zwischen den Bauabschnittsfugen notwendig. Andererseits wird im Anschluss an das Halbfertigteil in erster Lage in Querrichtung der Brücke zusätzlich Bewehrung benötigt. Durch die Herstellung der Fahrbahnplatte mit dem Versetzwagen entstehen außerdem zusätzliche Längs- und Querstöße im Vergleich zu den anderen Herstellungsverfahren. Zum Beispiel muss die Bewehrung über den beiden Längsträgern, wo der Versetzwagen fahren muss, vor dem Betonieren an diesen Stellen erst ergänzt werden. Die Bewehrung kann nur bis zur Stelle der Fuge vorbereitet werden und muss schlussendlich an diesen Stellen eingelegt werden, um in die bereits bewehrten Teile mit ausreichender Länge zu übergreifen. Aus diesem Grund wird beim Versetzwagen für einen 15 m Abschnitt 400 kg Bewehrung zusätzlich angenommen. Dies ergibt rund zwei Tonnen für die gesamte Brücke. Bei einem aktuellen Preis von 1,3 €/kg ergibt sich 2.600€.
Durch die Verwendung von Halbfertigteilen für die beidseitigen Kragarme wird weniger Ortbeton verwendet. Bei 7 cm dicken Halbfertigteilplatten mit 1,23 m und 1,62 m Breite der Kragarme ergibt sich 15 m³ weniger Ortbeton. Die Ortbetonkosten sind bei 120 m³ und einem Preis pro m³ von 95€ in etwa 11.400€. Aufsummiert ergeben sich Materialkosten von 25.126€ und Gerätekosten von 1.406€, siehe Tab. 5.12.

**Beschreibung der Berechnung der Systemkosten – Versetzwagen**
Die Kosten des Versetzwagens an sich bestehen aus fixen und variablen Kosten. Da sich der Versetzwagen erst in einer wenig fortgeschrittenen Entwicklungsphase befindet, können endgültige Kosten nur geschätzt werden. Im Vergleich zum Verbundschalwagen sind keine Bühnenelemente für die Kragarme notwendig. Auf der anderen Seite benötigt der Versetzwagen wesentlich mehr Aufhängungen, um die Platten transportieren zu können. Die fixen Kosten werden dement-

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

sprechend für die Berechnungen als gleich angenommen. Der Unterschied, welcher in Tab. 5.13 dargestellt wird, liegt bei den variablen Kosten.

**Tab. 5.13:** Veränderung der variablen Kosten beim Versetzwagen

| Unterschied bei: Versetzwagen - Systemkosten - variable Kosten | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Miete des Versetzwagens - (zwei Monate minus 12,5 AT) - 1,42 Mo | 1,42 Mo | variabel | 5742,00 €/Mo | € 8.153,64 | = 1,42*5742 |
| Stahlstockerl - 170€/Stk - 25 Stk je Seite | 50,00 Stk | variabel | 170,00 €/Stk | € 8.500,00 | = 50*170 |

| | | |
|---|---|---|
| **Versetzwagen** | **Variable Kosten** | **€ 16.653,64** |

Die Miete konnte durch die Bauzeitverkürzung um 12,5 Arbeitstage (AT) auf 1,42 Monate reduziert werden. Wenn von den 21,5 Arbeitstagen im Monat, 12,5 Arbeitstage abgezogen werden, ergeben sich neun Arbeitstage die für diesen Monat übrig bleiben. Umgerechnet ergibt dies bei fünf Arbeitstagen in der Woche 1,8 Wochen. Bei Annahme von durchschnittlich 30 Tagen pro Monat mit sieben Tagen pro Woche ergeben sich 4,3 Wochen pro Monat. Bei Division der 1,8 Wochen mit 4,3 Wochen pro Monat sind dies 0,42 Mo für das zweite Monat. Dadurch ergeben sich Mietkosten für den Versetzwagen von 8.154€. Weitere variable Kosten stellen die Stahlstockerl dar. Im Vergleich zum Verbundschalwagen benötigt der Versetzwagen Stahlstockerl für die gesamte Brücke, da sich der Versetzwagen für den letzten Betonierabschnitt von einem Widerlager am Montageplatz zum anderen Widerlager zum Einbauort des fünften Abschnittes bewegen muss. 50 Stück Stahlstockerl für die 75 m Brücke ergeben 8.500€. Zusammengefasst ergibt dies variable Kosten des Versetzwagens von 16.654€. Die variablen Kosten sind trotz der geringeren Bauzeit durch die Vorhaltung der Stahlstockerl um rund 2.000€ teurer als beim Verbundschalwagen. Die geringeren Mietkosten des Versetzwagens wirken sich bei einem längeren Zeitraum bzw. einer längeren Brücke wesentlich deutlicher aus und sind erst dann der ausschlaggebende variable Anteil.

### Beschreibung der Berechnung der Baustellengemeinkosten – Versetzwagen

Die Baustellengemeinkosten unterscheiden sich vor allem durch die notwendige Bauzeit bei der Herstellung der Fahrbahnplatte. Durch die Bauzeitverkürzung um 12,5 Arbeitstage ergibt sich eine Bauzeit von 1,42 Monaten, welche in Tab. 5.14 berücksichtigt wird. Im Vergleich zum Verbundschalwagen wird ein zusätzlicher Mannschaftscontainer benötigt, da eine weitere Mannschaft bei der Herstellung der Fahrbahnplatte beim Versetzwagen mitarbeitet. Die Stromkosten werden auf die geringere Anzahl an Arbeitstagen (30,5 AT) angepasst und ergeben 1.830€. Die anderen sonstigen Kosten werden gleich belassen, da sich die rund 13 Arbeitstage Veränderung nicht sonderlich auf diese auswirken und sich nur bei wesentlich größerer Zeiteinsparung geringere Kosten für diese Positionen einstellen. Alles in allem ergeben sich für den Versetzwagen zeitgebundene Kosten der Baustelle zu 53.483€.

Da die Idee des Versetzwagens im Wesentlichen zwei Abschnitte pro Woche vorsieht, wird die Bauzeitverkürzung deutlicher, wenn entweder die Brückenlänge größer ist oder zum Beispiel die Abschnittslänge mit 25 m, welche für die Beschreibung des Verfahrens gewählt ist, als Länge des Versetzwagens gewählt wird. Der zweite Fall mit verkürzter Bauzeit durch größere Abschnittslänge pro Woche trifft allerdings auch auf den Verbundschalwagen zu, da dieser auch größere Abschnittslängen pro Woche schafft, wenn der Schalwagen verlängert wird. Hier muss allerdings darüber nachgedacht werden, für welche Brückenlänge welche Schalwagenlänge optimal ist, da

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

**Tab. 5.14:** Berechnung der Baustellengemeinkosten – Versetzwagen

| Unterschied bei: 2) Zeitgebundene Kosten der Baustelle - Versetzwagen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ***Personalkosten*** | | | | | |
| Bauleiter | 1,42 Mo | | 10500,00 €/Mo | € 14.910,00 | = 1,42*10500 |
| Polier | 1,42 Mo | | 9500,00 €/Mo | € 13.490,00 | = 1.42*9500 |
| Techniker | 1,42 Mo | | 7000,00 €/Mo | € 9.940,00 | = 1,42*7000 |
| ***Material- und Gerätekosten*** | | | | | |
| Container | | | | | |
| 3 Bürocontainer (inkl. Einrichtung und Betrieb) | 1,42 Mo | 3,00 Stk | 185,00 €/Mo | € 788,10 | = 1,42*3*185 |
| 3 Mannschaftscontainer (inkl. Einrichtung und Betrieb) | 1,42 Mo | 3,00 Stk | 115,00 €/Mo | € 489,90 | = 1,42*3*115 |
| 1 Sanitärcontainer (inkl. Einrichtung und Betrieb) | 1,42 Mo | 1,00 Stk | 130,00 €/Mo | € 184,60 | = 1,42*1*130 |
| 1 Magazincontainer (inkl. Einrichtung und Betrieb) | 1,42 Mo | 1,00 Stk | 75,00 €/Mo | € 106,50 | = 1,42*1*75 |
| Drehstromaggregat | 1,42 Mo | | 271,00 €/Mo | € 384,82 | = 1,42*271 |
| Allgemeine Geräte Kleinbaustelle | 1,42 Mo | | 1233,95 €/Mo | € 1.752,21 | = 1,42*1233,95 |
| Vorhaltung des Hebegerätes sowie Fahrzeug des Poliers sind bereits in den Personalkosten (siehe oben) inkludiert. | | | | | |
| ***Sonstiges*** | | | | | |
| Strombereitstellungsgebühr - 30,5 AT mit 9h/Tag; | 400,00 kWh/AT | 30,50 AT | 0,15 €/kWh | € 1.830,00 | = 400*30,5*0,15 |
| Wasserverbrauch | | | | € 1.500,00 | |
| Müllabfuhrgebühr | | 2 Monate - 60 Tage - (30Tage/Mo) / (7Tage/Wo) = 4,3 Wo/Monat | | € 954,50 | |
| Abwassergebühr | | 2 Monate - 4,3*2 = 8,6 Wo/Mo - bei 5 AT/Wo --> | | € 92,90 | |
| Telefongebühren | | Abzug von 12,5 AT --> somit 30,5 AT | | € 59,87 | |
| Bürokosten | | | | € 2.000,00 | |
| Diverses Allgemein | | | | € 5.000,00 | |
| *--> alle Positionen sind Annahmen aus K7-Blättern anderer Brückenprojekte* | | **Summe - zeitgebundene Kosten der Baustelle:** | | **€ 53.483,40** | |

bei sehr kurzer Bauzeit höhere Kosten bei Einsatz eines längeren Schalwagens aufgrund einer geringeren Bauzeit nicht wieder ausgeglichen werden können.
Die Passbereiche im Widerlagerbereich verkürzen die 75 m Brückenlänge, welche für den Versetzwagen mit fünf Abschnitten zu je 15 m angenommen werden, auf rund 70 m. In diesen windschiefen Passbereichen kann der Versetzwagen aufgrund seiner rechteckigen Form nicht verwendet werden. Beim Versetzwagen wird angenommen, dass Halbfertigteile auch in diesen Bereich platziert und gemeinsam mit dem angrenzenden Abschnitt betoniert werden. Dabei wird auf der Baustelle der Versetzwagen 3 m in den zuvor betonierten Bereich hineinstehen, um den windschiefen Bereich, welcher durch Halbfertigteilplatten ausgelegt ist, freizuhalten. Für die Berechnungen werden trotz der Passbereiche die fünf Abschnittslängen zu je 15 m beim Versetzwagen aus Gründen der leichteren Vergleichbarkeit zum Verbundschalwagen belassen.

### Darstellung der Bauzeit der Fahrbahnplatte – Versetzwagen

Die Herstellung der Fahrbahnplatte mit dem Versetzwagen erfolgt grundsätzlich in drei gleichen Abschnitten wie beim Verbundschalwagen. Die Zeit für den zweiten Bereich, zu erkennen in Abb. 5.6, hat sich verkürzt.

Bei der Herstellung der Fahrbahnplatte (Balken 2 mit 12,5 Tagen) hat sich die Bauzeit halbiert. Durch den Einsatz des Versetzwagens können zwei Betonierabschnitte pro Woche erfolgen. Dies spiegelt sich in der Bauzeit wieder. Der Aufbau und die Demontage des Versetzwagens wird gleich zum Versetzwagen angenommen. Die Herstellung der Fahrbahnplatte erfolgt in rund 12,5 Arbeitstagen.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

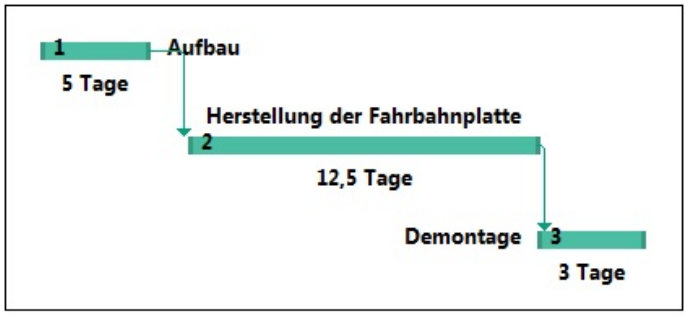



**Abb. 5.6:** Bauzeitplan bei Herstellung der Fahrbahnplatte mit dem Versetzwagen

## 5.2 Lafnitz-Brücke

Die Fahrbahnplatte der Brücke über die Lafnitz wird im Rahmen eines Bauloses der Fürstenfelder Schnellstraße S7 von der Baufirma Kostmann hergestellt. Geplant ist die Herstellung der Fahrbahnplatte mit dem Verbundschalwagen. Um im Vergleich die Unterschiede zum Versetzwagen aufzuzeigen, werden im folgenden Abschnitt die Berechnungen zur Herstellung der Fahrbahnplatte mit Verbundschalwagen und Versetzwagen beschrieben. Die Eckdaten des Projektes sind in folgender Tab. 5.15 für eine Richtungsfahrbahn dargestellt und dienen für beide Verfahren als Basis für die Berechnungen:

**Tab. 5.15:** Eckdaten des Projektes

| | | | |
|---|---|---|---|
| Tragwerkslänge: | 115 m | Bauabschnittslänge: | 15 m |
| Tragwerksbreite: | 13,95 m | Anzahl der Abschnitte: | 7 |
| Plattenstärke Fahrbahn: | 0,40 m | Schalwagenlänge: | 17 m (1 · 7 m, 2 · 5 m) |
| Plattenstärke Kragarm: | 0,25 m – 0,43 m | Kragarmlänge: | 2,00 m – 2,50 m |

### 5.2.1 Darstellung und Beschreibung der geplanten Ausführung mittels Verbundschalwagen

Um eine qualitativ hochwertige Analyse zu ermöglichen, wurden vom Schalungshersteller Doka sehr hilfreiche Unterlagen zu Bauzeit, Kosten und Baustelleneinrichtung zur Verfügung gestellt. Weitere genauere Angaben für Kosten- sowie Stundenansätze als Richtwerte wurden von der ausführenden Baufirma Kostmann bereitgestellt. Diese stellen den aktuellen Wissensstand zum Zeitpunkt Jänner 2019 dar. Alle weiteren offenen Fragen und Annahmen, die getroffen werden mussten, wurden in Absprache mit einem Brückenbauexperten ergänzt. Im Anhang A.2 sind die Berechnungstabellen dargestellt, wobei sich auf der rechten Seite Anmerkungen zu den Berechnungsannahmen und -ansätzen befinden.
Die Angaben der ausführenden Baufirma Kostmann beziehen sich grundsätzlich auf zwei Brückenobjekte, Brücke über den Lahnbach sowie Brücke über die Lafnitz, die sich im Abschnitt des Bauloses befinden. Da diese Diplomarbeit die Lafnitz-Brücke behandelt, wurden in Absprache mit dem zuständigen Ansprechpartner der Baufirma Annahmen getroffen, um die Angaben aus der Kalkulation auf die Lafnitz-Brücke anzupassen. Diese Annahmen werden im jeweiligen Abschnitt ausführlich beschrieben.
Die Berechnungen sind grundsätzlich sehr ähnlich aufgebaut wie die Tabellen der Murbrücke Mixnitz. Die Berechnungen haben folgende Bestandteile:

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

- Tätigkeiten auf der Baustelle (Aufbau, Verwendung und Demontage) mit dem Verbundschalwagen
- Berechnung der Systemkosten des Verbundschalwagens
- entstehende Baustellengemeinkosten, während der Herstellung der Fahrbahnplatte

**Beschreibung der Berechnung der entstehenden Kosten beim Ablauf auf der Baustelle – Verbundschalwagen**

Die Vormontage des Verbundschalwagens entfällt, da ein Vormontage-Fertigservice der Firma Doka in Anspruch genommen wird. Nach dem Transport der vormontierten Top50-Elemente sowie Bühnenelemente auf die Baustelle, wird der Verbundschalwagen, voraussichtlich auf der Brücke in der Nähe des Widerlagers auf den Schalwagenstühlen, aufgebaut. Der Verbundschalwagen hat eine Länge von 17 m und besteht aus zwei fünf Meter Teilen und einem sieben Meter Teil. Zwei zusätzliche Meter im Vergleich zur Betonierabschnittslänge (15 m) sind notwendig, um diverse Arbeitsvorgänge zu vereinfachen. Zum Beispiel um die Kräfte aus der Stirnabschalung aufnehmen zu können oder ausreichend Platz für die Übergriffe der Bewehrungseisen zu haben. In Abb. 4.5 auf Seite 47 sind bei der Herstellung der Fahrbahnplatte mit dem Verbundschalwagen der Murbrücke Mixnitz Bewehrungseisen zu erkennen, welche über die Arbeitsfuge hinausragen. Die Berechnungen zum Aufbau des Verbundschalwagens sind in Tab. 5.16 dargestellt.

**Tab. 5.16:** Berechnung – Aufbau des Verbundschalwagens

| 1) Aufbau des Verbundschalwagens mit 17,00m Schalungslänge (15m Betonierlänge) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Beschreibung** | **Dauer** | | **Kosten pro Stunde** | **Kosten** | **Berechnungen** |
| Aufbau des Verbundschalwagens auf der Baustelle: 5 Mann mit 10h/Tag für 5 Arbeitstage | 50,00 h | Polier+4 Mann=Mischpreis | 41,00 €/h | € 10.250,00 | = 5*50*41 |
| | | 1 x 60t Autokran + Fahrer | 90,00 €/h | € 4.500,00 | = 50*90 |
| | | | **Summe:** | **€ 14.750,00** | |

Es wird angenommen, dass fünf Mann zu je zehn Stunden pro Tag für fünf Arbeitstage im Einsatz sind. Bei Mittellohnkosten von 41 €/h (Mischpreis für fünf Mann, bestehend aus einem Polier und vier Mann (Zimmerer, Maurer, Betonierer, Hilfsarbeiter)), ergeben sich Kosten in der Höhe von 10.250€. Die Mittellohnkosten sind im Vergleich zur Murbrücke Mixnitz um 9 €/h niedriger angenommen, da einige Nebenkosten (zum Beispiel das Fahrzeug des Poliers) in den Baustellengemeinkosten inkludiert sind. Für den Aufbau des Verbundschalwagens wird ein 60 t Autokran verwendet, welcher für die gesamte Zeit des Aufbaus (50 h) auf der Baustelle kalkuliert ist. Bei einem Kostenansatz von 90 €/h ergeben sich 4.500€. Diese Kosten bestehen aus der Vorhaltung und dem Betreiben des Krans sowie dem Lohn des Fahrers. Zusammengefasst entstehen beim Aufbau des Verbundschalwagens Kosten in der Höhe von 14.750€.

Die Herstellung der Fahrbahnplatte erfolgt grundsätzlich in sieben Abschnitten pro Richtungsfahrbahn für den Verbundschalwagen – somit gesamt 14 Abschnitte für die Lafnitz-Brücke. Weitere zwei Abschnitte sind für die Randbereiche zum Anschluss ans Widerlager notwendig – vier Abschnitte für beide Richtungsfahrbahnen. Dabei wird davon ausgegangen, dass pro Woche ein Abschnitt hergestellt werden kann. Hierbei muss angemerkt werden, dass die ausführende Baufirma zwei Verbundschalwagen gleichzeitig für eine Richtungsfahrbahn der Brücke Lafnitz-Brücke sowie Lahnbach-Brücke im Einsatz hat. Zum aktuellen Zeitpunkt (Jänner 2019) ist geplant, dass eine Mannschaft mit fünf Mann beide Verbundschalwagen gleichzeitig bedient. Dies sollte möglich sein, da beide Brücken mit dem Auto in sehr kurzer Fahrzeit erreichbar sind. Grund für die gleichzeitige Herstellung einer Richtungsfahrbahn von beiden Brücken, ist die zeitliche Vorgabe des Auftraggebers (Asfinag), wobei bei nicht Erreichen des vorgegebenen Termins eine

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

sehr hohe Vertragsstrafe (Pönale) im Vertrag verankert ist. Da in dieser Diplomarbeit allerdings nur die Lafnitz-Brücke behandelt wird und ein möglichst sinnvoller Vergleich zum Versetzwagen hergestellt werden soll, muss dieser Umstand (Vorteil in diesem Fall für den Verbundschalwagen aufgrund der Mannschaftsreduzierung) auf die Berechnungen angepasst werden. Dementsprechend wird angenommen, dass für die Herstellung der Fahrbahnplatte 2,5 Mann, bestehend aus einem Polier (nur die halbe Zeit tätig) und zwei Mann, zum Einsatz kommen. Diese Mannschaft ist für die Bedienung des Verbundschalwagens, die Randabschalung, das Bewehren und Betonieren verantwortlich. Ein Ausschnitt dieser Berechnungen ist in Tab. 5.17 zu sehen.
Für sieben Betonierabschnitte zu je 15 m sind 35 Arbeitstage notwendig. Nach der Fertigstellung einer Richtungsfahrbahn wird der Verbundschalwagen innerhalb eines Tages umgesetzt und auf der zweiten Richtungsfahrbahn platziert – somit 36 AT. Da beide Richtungsfahrbahnen nacheinander hergestellt werden, erhöhen sich die Arbeitstage auf 71, weil die zweite Richtungsfahrbahn gleich viele Abschnitte derselben Länge besitzt. Bei einer Annahme von zehn Stunden pro Tag ergeben sich Kosten in der Höhe von 72.775€. Die eingerechneten Mittellohnkosten in der Höhe von 41 €/h sind trotz der Mannschaftsreduzierung gleich angenommen, da der monetäre Unterschied unwesentlich ist.

**Tab. 5.17:** Berechnung der Herstellung der Fahrbahnplatte mit dem Verbundschalwagen

| **2) Herstellung der Fahrbahnplatte in 14 Abschnitten zu je 15m Länge (2 x 105m) - für beide Richtungsfahrbahnen** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Beschreibung** | **Dauer/Menge** | | **Kosten pro X** | **Kosten** | **Berechnungen** |
| Herstellung der Fahrbahnplatte in 35 Arbeitstagen mit 2,5 Mann - 35 AT zu je 10h/Tag - zweimal für beide Richtungsfahrbahnen - somit 70 AT - inklusive ein Tag für Umsetzen des Verbundschalwagens --> 71 AT | 710,00 h | Polier (Hälfte der Zeit) +2 Mann=Mischpreis | 41,00 €/h | € 72.775,00 | = 2,5*710*41 |
| Randbereiche für Anschluss an Widerlager benötigt weitere 4 Wochen - 20 AT zu je 10h/Tag mit 5 Mann | 200,00 h | Polier+4 Mann=Mischpreis | 41,00 €/h | € 41.000,00 | = 5*200*41 |
| Ortbeton: Betonieren der Fahrbahnplatte - C30/37/B5 - 1093 m³ - beide Richtungsfahrbahnen | 1093,00 m³ | Betonmenge | 100,00 €/m³ | € 109.300,00 | = 1093*100 |
| Bewehrung für gesamte Fahrbahnplatte aktuell noch nicht bekannt - bei Versetzwagen wird nur den Mehranteil der Bewehrung berechnet | | | | | |
| Hebegerät - selbe Zeitdauer wie die Miete der Verbundschalwagen - 190h/Monat für 6,5 Monate | 1235,00 h | 1 LKW/HIAB Fahrer | 70,00 €/h | € 86.450,00 | = 1235*70 |
| **Schalung am Widerlager - 3-eckige Randflächen** | | | | | |
| Miete für Unterkonstruktion Staxo 100 - 4 Monate insgesamt - 2 x vorhalten | 4,00 Mo | Monate | 1385,00 €/Mo | € 11.080,00 | = 2*4*1385 |
| Technische Bearbeitung - Staxo 100 | 2 | zweimal je Objekt | 650,00 €/Rb | € 1.300,00 | = 2*650 |
| Kaufanteil für Oberkonstruktion Top 50 - einmal je Widerlagerseite & Annahme: 20% für zweite Richtungsfahrbahn ansetzen | 2 | zweimal für eine Richtungsfahrbahn | 1470,00 € | € 3.528,00 | = 2*1470*1,2 |
| Miete für Oberkonstruktion Top 50 - 4 Monate insgesamt - 2 x vorhalten | 4,00 Mo | Monate | 330,00 €/Mo | € 2.640,00 | = 2*4*330 |
| Technische Bearbeitung - Top50 | 2 | zweimal je Objekt | 150,00 €/Rb | € 300,00 | = 2*150 |
| Antransport mit einem LKW Zug - 14,3 t (zwei Widerlagerseiten) | | | | € 530,00 | |
| Randabschalungen | | | | € 1.600,00 | |
| Stirnabschalungen | | | | € 2.840,00 | |
| | | | **Personalkosten:** | **€ 163.175,00** | |
| | | | **Materialkosten:** | **€ 133.118,00** | |
| | | | **Gerätekosten:** | **€ 37.050,00** | |

Für die dreieckigen Randbereiche für den Anschluss an die Widerlager werden, wie bereits zu Beginn beschrieben, 20 Arbeitstage zu je zehn Stunden (vier Wochen – zwei Wochen je Richtungsfahrbahn) benötigt. Da die Randbereiche beim Versetzwagen ebenso konventionell

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

geschalt werden müssen, wird eine Mannschaft von fünf Mann mit gleicher Zusammensetzung wie beim Aufbau des Verbundschalwagens angenommen. Bei 200 Einsatzstunden je Mann ergeben sich Personalkosten in der Höhe von 41.000€. Die Materialkosten für die konventionelle Schalung im Widerlagerbereich setzt sich grundsätzlich aus einer Unterkonstruktion Staxo 100 (Traggerüst) und einer Oberkonstruktion Top 50 (Trägerschalung) der Firma Doka zusammen. Das Traggerüst Staxo 100 (rund 65 m² pro Widerlagerseite – neun Meter Höhe) wird für vier Monate (für zwei Widerlagerseiten) vorgehalten. Es ist somit geplant, dass das Traggerüst für zwei Monate pro Richtungsfahrbahn aufgestellt ist. Dieser dreieckige Anschlussbereich ans Widerlager dient als Ausweicharbeit für die Mannschaft, falls man während eines Abschnittes mit dem Verbundschalwagen schneller vorankommt als erwartet. Die viermonatige Miete für zwei Widerlager mit 1.385 €/Mo ergeben Kosten in der Höhe von 11.080€. Die technische Bearbeitung für das Traggerüst ist mit 650 €/Randbereich angegeben. Aus Angaben der Firma Doka reicht es, für das Objekt der Lafnitzbrücke die technische Bearbeitung zweimal (zwei Randbereiche) anzusetzen, da es keine merkbaren Unterschiede bei den beiden Richtungsfahrbahnen gibt – 1.300€. Die Trägerschalung als Oberkonstruktion besteht aus einem Kaufanteil, Mietanteil und der technischen Bearbeitung. Die technische Bearbeitung wird ähnlich zur Unterkonstruktion Staxo 100 nur zweimal für das gesamte Objekt angesetzt – 300€. Der Kaufanteil der Trägerschalung Top 50 muss zweimal für eine Richtungsfahrbahn angesetzt werden. Für die zweite Richtungsfahrbahn kann angenommen werden, dass rund 80 % der Schalungsteile wiederverwendet werden können. Daher werden für die zweite Richtungsfahrbahn rund 20 % des Kaufanteils (0,2 · 2.940€ für zwei Widerlagerseiten), als grobe Abschätzung, dazugerechnet. Dies ergibt einen Kaufanteil von 3.528€. Die Miete – 330 €/Mo – für die Oberkonstruktion wird für die gleiche Zeit (vier Monate) sowie zweimal (Vorhaltung von zwei Widerlagerseiten gleichzeitig) angesetzt: 2.640€. Weitere Kosten sind der Antransport mit einem LKW-Zug – 530€. Dabei können die Materialien für die Unterkonstruktion, Staxo 100 mit 4,3 t, und die Oberkonstruktion, Top 50 mit 3 t, für beide Widerlagerseiten mit einem Gewicht von 14,6 t antransportiert werden. Zum Rücktransport wurden keine Angaben gemacht. Da die Kosten für Vergleichszwecke keine Bedeutung haben und sehr gering ausfallen, werden für den Rücktransport keine zusätzlichen Kosten angenommen. Weitere Materialen, die bei der konventionellen Schalung der dreieckigen Randflächen benötigt werden, sind die Randabschalungen (1.600€) und Stirnabschalungen (2.840€). Zusammengefasst ergeben sich für die Materialkosten der konventionellen Schalung im Widerlagerbereich 23.818€. Weitere Materialkosten sind Ortbeton und Bewehrung, welche für die Herstellung der Fahrbahnplatte notwendig sind. Da zum jetzigen Planungsstand (Jänner 2019) nur die genaue Betonmasse der Fahrbahnplatte von beiden Brücken (Lafnitz und Lahnbach) zur Verfügung steht – 2035 m³ – wird die Betonmenge der Lafnitz-Brücke anteilsmäßig über die Länge der Brücke von 115 m berechnet. Dabei ergibt sich für die Fahrbahnplatte eine Masse von rund 1093 m³ Beton (C30/37/B5) für beide Richtungsfahrbahnen. Für den Beton werden Kosten in der Höhe von 100 €/m³ (90€ für den Beton, rund 10€ für die Pumpe) angenommen. Somit ergeben sich Ortbetonkosten in der Höhe von 109.300€. Die Bewehrungsmasse für die Fahrbahnplatte ist zu aktuellem Projektstand noch nicht verfügbar. Dementsprechend wird beim Versetzwagen nur der Mehranteil an Bewehrung angesetzt. Für die Herstellung der Fahrbahnplatte wird ein Hebegerät (3-Achs-LKW mit HIAB) benötigt. Dieses Hebegerät wird für 190 Einsatzstunden pro Monat angesetzt, wobei für die gleiche Dauer Miete gezahlt werden muss, wie für den Verbundschalwagen – 6,5 Monate. Nach Fertigstellung der ersten Richtungsfahrbahn wird das Hebegerät weiter benötigt, da die fertige Brücke als Baustraße verwendet wird. Das Hebegerät kann daher nicht auf der fertigen Richtungsfahrbahn stehen und muss auch bei der zweiten Richtungsfahrbahn je nach Bedarf seitlich unterhalb der Brücke aufgestellt werden. Kosten von 70 €/h (rund 40€ davon Lohnkosten für den Fahrer, 30€ davon Gerätekosten) für das Hebegerät ergeben insgesamt 86.450€.
Alles in allem entstehen für die Herstellung der Fahrbahnplatte Personalkosten in der Höhe von

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

163.175€, Materialkosten von 133.118€ und Gerätekosten von 37.050€. Das Hebegerät wurde dabei anteilsmäßig in die Personalkosten sowie Gerätekosten eingerechnet.
Die Berechnung der Demontage des Verbundschalwagens ist in Tab. 5.18 dargestellt. Dabei wird der Schalwagen im Widerlagerbereich auf dem letzten Betonierabschnitt auf den Schalwagenstühlen und anschließend am Montageplatz in drei Tagen abgebaut. Pro Tag werden je 10 Stunden mit fünf Mann (gleiche Aufteilung wie beim Aufbau) gearbeitet. Mit Mittellohnkosten von 41 €/h ergeben sich Kosten in der Höhe von 6.150€. Für die drei Tage der Demontage des Schalwagens hilft ein 60 t Autokran, der mit 90 €/h angenommen wird – 2.700€. Aufsummiert ergeben sich Kosten für die Demontage des Verbundschalwagens in der Höhe von 8.850€.

**Tab. 5.18:** Berechnung – Demontage des Verbundschalwagens

| 3) Demontage des Verbundschalwagens | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Beschreibung** | **Dauer** | | **Kosten pro Stunde** | **Kosten** | **Berechnungen** |
| Demontage des Verbundschalwagens auf der Baustelle: 5 Mann mit 10h/Tag für 3 Arbeitstage | 30,00 h | Polier+4 Mann=Mischpreis | 41,00 €/h | € 6.150,00 | = 5*30*41 |
| | | 1 x 60t Autokran + Fahrer | 90,00 €/h | € 2.700,00 | = 30*90 |
| | | | **Summe:** | **€ 8.850,00** | |

### Beschreibung der Berechnung der Systemkosten – Verbundschalwagen

Die Kosten für das System Verbundschalwagen mit 17 m Länge werden in Tab. 5.19 dargestellt und wurden von der Firma Doka als Richtpreise zur Verfügung gestellt. Die Kosten in Höhe von 27.940€ sind Kaufanteile für Schalhaut, Formhölzer, Sonderteile sowie Schrauben für den Verbundschalwagen. Weiters gibt es einen Kaufanteil für verlorene Ankerteile, welche der Aufhängung der Innenschalung dienen, in der Höhe von 1.655€. Weitere fixe Kosten in diesem Projekt sind die Formrohre, welche mittels Dübelmontage verankert werden. Die Verankerung mittels Dübelmontage wurde dabei angenommen, da zum jetzigen Projektstand die Art der Ausführung noch nicht festgelegt ist, aber diese Ausführungsvariante als eine mögliche in Betracht gezogen wird. Eine andere Möglichkeit, die Verankerung der Formrohre herzustellen, ist eine Aussparung im Längsträger mit späterem Verguss. Grundsätzlich ist die Anzahl der Formrohre variabel, da sich bei einer längeren Brücke die Anzahl erhöht, allerdings wird für den Vergleich der beiden Herstellungsverfahren für die Fahrbahnplatte diese Position als fix angesehen, da beide Herstellungsverfahren dieselbe Anzahl benötigen. Es werden pro Abschnitt und Längsträger sechs Stück Formrohre mit einem Abstand von jeweils 2,5 m mittels Dübeln in den Längsträgern verankert. Für eine Richtungsfahrbahn mit sieben Abschnitten und zwei Längsträgern ergeben sich 84 Stück. Da die Formrohre auf beiden Richtungsfahrbahnen montiert werden müssen, sind insgesamt 168 Stück notwendig. Dabei wird angenommen, dass pro Stunde ein Formrohr mittels Dübeln befestigt werden kann. Bei Mittellohnkosten von 55 €/h ergibt dies 9.240€. Weitere zusätzliche fixe Kosten des Systems sind der Antransport mit rund 50 t Transportgewicht mit einem LKW-Zug (2.990€), der Rücktransport (2.460€), die technische Bearbeitung zu 7.920€ sowie die Bereitstellung einer prüffähigen Statik (6.800€). Im Vergleich zum Projekt der Murbrücke Mixnitz wird bei der Lafnitzbrücke auf eine Vormontage sowie Demontage des Verbundschalwagens auf der Baustelle verzichtet. Dementsprechend werden die Top50 Elemente und Bühnenelemente bereits vormontiert auf die Baustelle geliefert, sowie als ganze Teilelemente abtransportiert und von der Firma Doka in Einzelteile zerlegt. Dafür ergeben sich weitere zusätzliche fixe Kosten von 10.895€ (Vormontage Fertigservice) und 6.580€ (Demontage Fertigservice). Der Richtmeister, welcher dem Polier und den Arbeitern der Baustelle für den Arbeitsablauf mit dem Verbundschalwagen beigestellt wird, ist im Preis meist inkludiert und muss nicht als eigene Position ausgewiesen werden. Zusammengefasst ergeben sich fixe Kosten in der Höhe von 76.480€.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

**Tab. 5.19:** Berechnung der Systemkosten des Verbundschalwagens mit 17 m

| Beschreibung | Anzahl | | | Preis | Kosten | Berechnungen |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Kaufanteil für Schalhaut, Formhölzer, Sonderteile, Schrauben, ... | | fix | | | € 27.940,00 | |
| Kaufanteil für verlorene Ankerteile | | fix | | | € 1.655,00 | |
| Dübelmontage der Formrohre für Schalwagenstühle - 84 Stk - 6 Stk pro Längsträger pro Abschnitt (2,5m Abstand) - zweimal, für beide Richtungsfahrbahnen notwendig | 168,00 Stk | fix | 1 h/Stk | 55,00 €/Std | € 9.240,00 | = 168*1*55 |
| Miete des Verbundschalwagens - 3,25 Monate pro Richtungsfahrbahn | 6,50 Mo | variabel | | 12490,00 €/Mo | € 81.185,00 | = 6,5*12490 |
| Schalwagenstühle - 200€/Stk - 30 Stk pro Längsträger notwendig - für zwei Längsträger (bei beiden Richtungsfahrbahnen werden die gleichen Schalwagenstühle verwendet) | 60,00 Stk | variabel | | 200,00 €/Stk | € 12.000,00 | = 60*200 |
| Antransport (Transportgewicht ca. 50 t) | | fix | | | € 2.990,00 | |
| Technische Bearbeitung | | fix | | | € 7.920,00 | |
| Prüffähige Statik | | fix | | | € 6.800,00 | |
| Vormontage Fertigservice (Top50 Elemente + Bühnen) | | fix | | | € 10.895,00 | |
| Demontage Fertigservice (Top50 Elemente + Bühnen) | | fix | | | € 6.580,00 | |
| Rücktransport | | fix | | | € 2.460,00 | |
| Preise für Verbundschalwagen der Firma Doka | | | | | | |
| Richtmeister - meist im Preis inkludiert und nicht extra - erklärt Personal auf der Baustelle alles - hilft beim richtigen Aufbau des Verbundschalwagens | | | | | | |

| Verbundschalwagen | | |
|---|---|---|
| | **Fixe Kosten** | **€ 76.480,00** |
| | **Variable Kosten** | **€ 93.185,00** |

Der Hauptanteil der variablen Kosten des Verbundschalwagens besteht aus den Mietkosten. Für eine Richtungsfahrbahn wird der Verbundschalwagen laut ausführender Baufirma rund 3,25 Monate vorgehalten. Da mit einem Verbundschalwagen beide Richtungsfahrbahnen nacheinander hergestellt werden, erhält man eine Mietzeit von 6,5 Monaten. Bei 12.490 €/Mo entstehen Mietkosten in der Höhe von 81.185€. Der zweite Anteil an variablen Kosten sind die Schalwagenstühle. Diese werden in die bereits montierten, mittels Dübeln befestigten Formrohre, eingeschoben und nach der Betonage eines Abschnittes herausgezogen. Die Formrohre werden voraussichtlich im Nachhinein ausbetoniert, wobei dies zum jetzigen Planungsstand noch nicht festgelegt ist. Die Anzahl der benötigten Schalwagenstühle ergibt sich aus der in Abb. 5.7 gezeigten Betonierabfolgen, welche aus den Ausschreibungsunterlagen die aktuell geplante Abfolge darstellt.

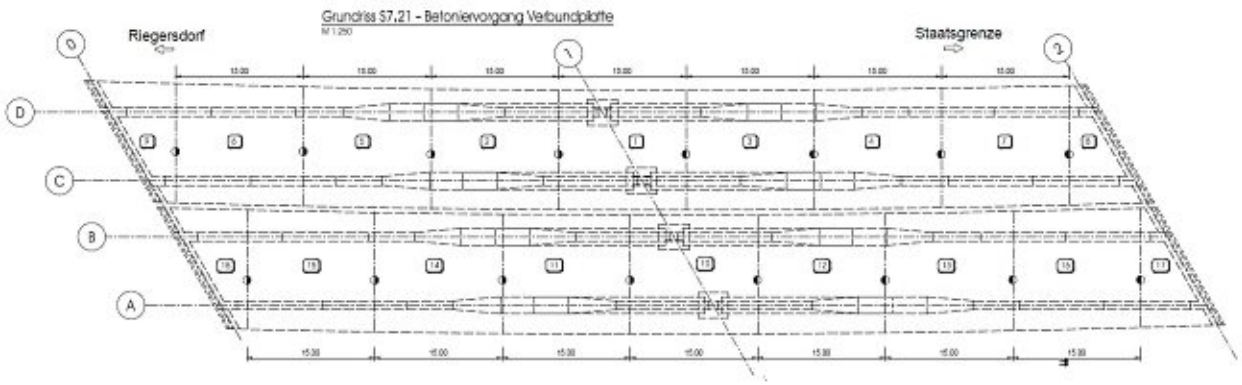



**Abb. 5.7:** Betoniervorgang mittels Verbundschalwagen im Pilgerschrittverfahren, (aus Ausschreibungsunterlagen)

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Dabei wird mit dem Pilgerschrittverfahren zuerst der Bereich über den Pfeilern der Fahrbahnplatte hergestellt und anschließend werden die restlichen Bereiche abschnittsweise ergänzt. Die weiteste Strecke, die der Verbundschalwagen aus Angaben der Firma DOKA zurücklegen muss, ist zwischen den Bauabschnitten 4 und 5 beziehungsweise auf der zweiten Richtungsfahrbahn zwischen Bauabschnitt 13 und 14. Für die gekennzeichneten Bereiche 6, 7, 15 und 16 werden jeweils Schalwagenstühle von anderen Positionen mit dem Kran neu positioniert. Für fünf Bauabschnitte für eine Richtungsfahrbahn müssen dementsprechend gleichzeitig 30 Stück pro Längsträger beziehungsweise 60 Stück insgesamt vorgehalten werden. Für die zweite Richtungsfahrbahn werden die Schalwagenstühle der ersten Richtungsfahrbahn wiederverwendet. Bei einem Preis von 200 €/Stk entstehen 12.000€ für die Schalwagenstühle. Aufsummiert ergeben sich variable Kosten in der Höhe von 93.185€.

**Beschreibung der Berechnung der Baustellengemeinkosten – Verbundschalwagen**

Die Baustellengemeinkosten bei Herstellung der Fahrbahnplatte mit dem Verbundschalwagen sind in Tab. 5.20 dargestellt und bestehen grundsätzlich aus:

- Einrichten der Baustelle
- Zeitgebundene Kosten der Baustelle
- Räumen der Baustelle

Das Einrichten sowie Räumen der Baustelle ist bei beiden Verfahren sehr ähnlich und wird daher bei der Betrachtung vernachlässigt. Die zeitgebundenen Kosten der Baustelle sind im Vergleich dazu sehr wichtig und werden daher genauer betrachtet. Einige Kostenansätze sowie Ergänzungen im Strukturaufbau der Tabelle wurden von der Baufirma KOSTMANN zur Verfügung gestellt und durch Annahmen im Bezug auf die Lafnitz-Brücke ergänzt. Weitere Kostenansätze stammen aus K7-Blättern alter Bauprojekte und wurden um rund 20 % erhöht, um diese an die aktuellen Preise anzupassen. Die zeitgebundenen Kosten der Baustelle teilen sich in diesem Fall grundsätzlich in Personal-, Material- und Gerätekosten sowie sonstige Kosten auf. Die zeitgebundenen Kosten richten sich in diesem Fall nach der Zeit, die für die Fahrbahnplatte mit dem Verbundschalwagen benötigt wird – 6,5 Monate.

Für das Personal wird ein Bauleiter & Polier (beide 10.000 €/Monat) für den Betonbau und ein Techniker (8.000 €/Monat) mit voller Zeit (6,5 Monate) angesetzt. Zusätzlich werden ein Bauleiter und Polier für den Erdbau anteilsmäßig eingerechnet. Die Gesamtbauzeit für den Betonbau für das Baulos ist mit rund 14 Monaten geplant. Die Angestellten für den Erdbau sind nur 6 Monate dieser Zeit anwesend und werden dementsprechend anteilsmäßig (2,79 Monate), während der Herstellung der Fahrbahnplatte, angesetzt.

Für die Baustelle werden fünf Bürocontainer, drei Mannschaftscontainer, zwei Sanitärcontainer und drei Magazincontainer kalkuliert. In den angegebenen Kosten sind bereits die Einrichtung und der Betrieb eingerechnet. Im Vergleich zur Murbrücke Mixnitz wurden die Kostenansätze um rund 20 % erhöht. Drei 10 kVA Drehstromaggregate versorgen die Baustelle mit Strom, wobei diese jede Woche aufgefüllt werden müssen. Die Kosten werden mit rund 1.500 €/Monat/Stück angesetzt, wobei die Instandhaltung, Kraftstoff, Öl, Schleifen, Verschleiß und Reinigung inkludiert sind. Weitere Gerätekosten für die Baustelle sind allgemeine Geräte für die Baustelle mit rund 1.481 €/Monat. Die Fahrzeuge für das Baustellenpersonal sind im Vergleich zur Murbrücke Mixnitz, wo diese in den Mittellohnkosten der Mannschaft beziehungsweise im Gehalt der Angestellten inkludiert sind, in den zeitgebundenen Kosten eingerechnet. Diese sind mit rund 2.500 €/Monat/Pkw für acht Fahrzeuge angegeben. Für die gesamte Zeit des Betonbaus werden zusätzlich zwei Hebegeräte für beide Brücken (Brücke über Lafnitz und Lahnbach) in den

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

**Tab. 5.20:** Berechnung der Baustellengemeinkosten – Verbundschalwagen

| 1) Einrichten der Baustelle - bei beiden Verfahren gleich angenommen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **2) Zeitgebundene Kosten der Baustelle** | | | | | |
| ***Personalkosten*** | | | | | |
| Bauleiter Betonbau | 6,50 Mo | Bauzeit Fahrbahnplatte | 10000,00 €/Mo | € 65.000,00 | = 6,5*10000 |
| Bauleiter Erdbau - 6 von 14 Monate Bauzeit anwesend | 2,79 Mo | = (6/14)*6,5 | 10000,00 €/Mo | € 27.857,14 | = 2,79*10000 |
| Techniker | 6,50 Mo | Bauzeit Fahrbahnplatte | 8000,00 €/Mo | € 52.000,00 | = 6,5*8000 |
| Polier Betonbau | 6,50 Mo | Bauzeit Fahrbahnplatte | 10000,00 €/Mo | € 65.000,00 | = 6,5*10000 |
| Polier Erdbau - 6 von 14 Monate Bauzeit anwesend | 2,79 Mo | = (6/14)*6,5 | 10000,00 €/Mo | € 27.857,14 | = 2,79*10000 |
| ***Material- und Gerätekosten*** | | | | | |
| Container | | | | | |
| 5 Bürocontainer (inkl. Einrichtung und Betrieb) | 6,50 Mo | 5,00 Stk | 222,00 €/Mo | € 7.215,00 | = 6,5*5*222 |
| 3 Mannschaftscontainer (inkl. Einrichtung und Betrieb) | 6,50 Mo | 3,00 Stk | 138,00 €/Mo | € 2.691,00 | = 6,5*3*138 |
| 2 Sanitärcontainer (inkl. Einrichtung und Betrieb) | 6,50 Mo | 2,00 Stk | 156,00 €/Mo | € 2.028,00 | = 6,5*2*156 |
| 3 Magazincontainer (inkl. Einrichtung und Betrieb) | 6,50 Mo | 3,00 Stk | 90,00 €/Mo | € 1.755,00 | = 6,5*3*90 |
| 3 Drehstromaggregate - 10 kVA - müssen jede Woche aufgefüllt werden - 1500€/Mo/Stk | 6,50 Mo | 3,00 Stk | 1500,00 €/Mo | € 29.250,00 | = 6,5*3*1500 |
| Allgemeine Geräte der Baustelle | 6,50 Mo | | 1480,74 €/Mo | € 9.624,81 | = 6,5*1480,74 |
| Hebegerät für Betonbau - Autokran für 6,5 Monate und 200h/Mo mit 85€/h | 1300,00 h | 1,00 Stk | 85,00 €/h | € 110.500,00 | = 1300*1*85 |
| Fahrzeuge Baustellenpersonal | 6,50 Mo | 8,00 Stk | 2500,00 €/Mo | € 130.000,00 | = 6,5*8*2500 |
| Vorhaltung eines weiteren Hebegerätes für die Herstellung der Fahrbahnplatte bereits in den Personal-/Gerätekosten (Ablauf) inkludiert. | | | | | |
| ***Sonstiges*** | | | | | |
| Stromverbrauch | | | | | |
| Wasserverbrauch | | | | | |
| Müllabfuhrgebühr | | | | | |
| Abwassergebühr | | | | | |
| Telefongebühren | | | | | |
| Bürokosten | | | | | |
| Diverses Allgemein | | Sonstiges - Gesamt | | € 80.000,00 | |
| *--> alle Positionen sind Annahmen aus K7-Blättern anderer Brückenprojekte & aktuelle Angaben aus der Bauwirtschaft* | | **Summe - zeitgebundene Kosten der Baustelle:** | | **€ 610.778,10** | |
| **3) Räumen der Baustelle - bei beiden Verfahren gleich angenommen** | | | | | |

zeitgebundenen Kosten der Baustelle eingerechnet. Um dies auf die Lafnitzbrücke anzupassen wurde ein Hebegerät für 6,5 Monate mit 200 Stunden pro Monat und 85 €/h kalkuliert. Dieses Hebegerät dient nicht alleine der Herstellung der Fahrbahnplatte, da bereits bei den entstehenden Kosten beim Ablauf auf der Baustelle ein Hebegerät für 6,5 Monate einkalkuliert ist. Es werden sämtliche andere Tätigkeiten des Bauloses während der Herstellung der Fahrbahnplatte mit diesem Gerät verrichtet. Die sonstigen Kosten bestehen aus Stromverbrauch, Wasserverbrauch, Müllabfuhrgebühren, Abwassergebühren, Telefongebühren, Bürokosten sowie allgemeinen diversen Kosten. Da diese sehr schwer abschätzbar sind, wird eine pauschale Angabe von 80.000€ gemacht. Bei einer Verlängerung oder Verkürzung der Bauzeit unterscheiden sich diese sonstigen Kosten nur sehr gering und werden deshalb als gleichbleibend angenommen. Alle weiteren Tabellenwerte sind zeitabhängig und von der Dauer der Herstellung der Fahrbahnplatte abhängig. Zusammengefasst summieren sich die zeitgebundenen Kosten der Baustelle auf 610.778€.
Um zu prüfen, ob die zeitgebundenen Kosten im richtigen Bereich liegen, wurde die Gesamtbauzeit für den Betonbau (14 Monate) eingesetzt. Für die Überprüfung wurde das Hebegerät, welches im Ablauf der Baustelle eingerechnet ist, für 6,5 Monate mit 190 h/Monat und 70 €/h in die zeitgebundenen Kosten inkludiert. Grundsätzlich befinden sich bei Projekten dieser Größe die zeitgebundenen Kosten im Bereich von rund 7-10 % der Gesamtauftragssumme (17,3 Millionen Euro). Der berechnete Wert in der Tabelle muss somit für 14 Monate ungefähr im Bereich

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

von 1.211.000€ und 1.730.000€ liegen. Für den Zeitraum (14 Monate) befindet man sich mit 1.435.000€ für zeitgebundenen Kosten der Baustelle in einem plausiblen Bereich.

**Darstellung der Bauzeit der Fahrbahnplatte – Verbundschalwagen**
Die Herstellung der Fahrbahnplatte erfolgt grundsätzlich in sieben Zeitabschnitten, welche in der Abb. 5.8 gezeigt sind:

1. Aufbau des Verbundschalwagens
2. Herstellung der Fahrbahnplatte (erste Richtungsfahrbahn) mit dem Verbundschalwagen
3. Herstellung der dreieckigen Randbereiche auf beiden Widerlagerseiten (erste Richtungsfahrbahn)
4. Umsetzen des Verbundschalwagens von der ersten Richtungsfahrbahn auf die zweite Richtungsfahrbahn
5. Herstellung der Fahrbahnplatte (zweite Richtungsfahrbahn) mit dem Verbundschalwagen
6. Herstellung der dreieckigen Randbereiche auf beiden Widerlagerseiten (zweite Richtungsfahrbahn)
7. Demontage des Verbundschalwagens

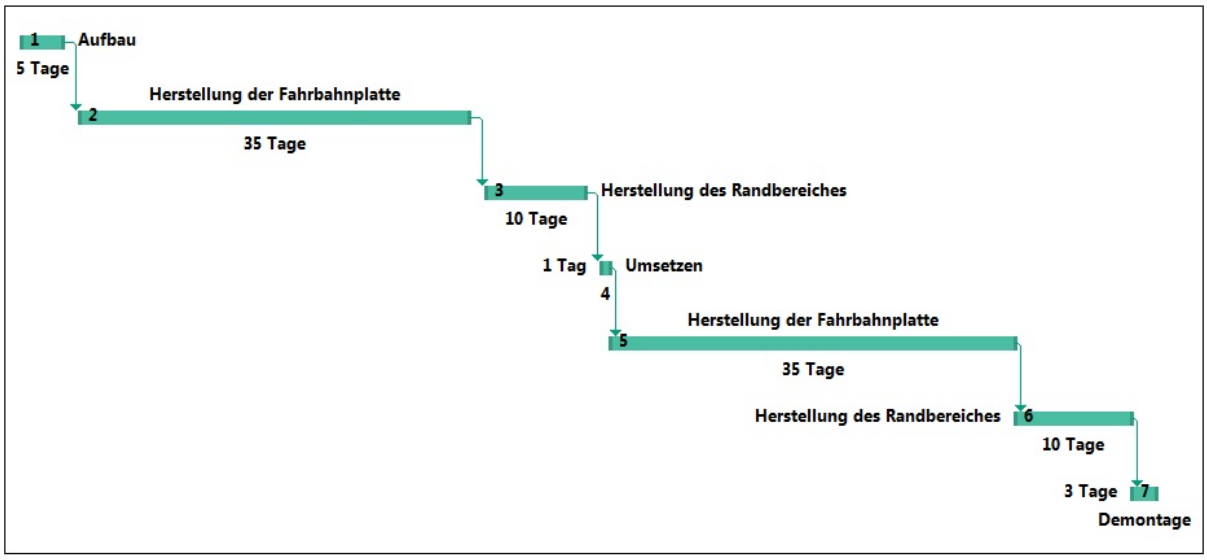



**Abb. 5.8:** Bauzeitplan bei Herstellung der Fahrbahnplatte mit dem Verbundschalwagen

Der Aufbau des Verbundschalwagens erfolgt innerhalb von 5 Arbeitstagen. Die Herstellung der Fahrbahnplatte der ersten Richtungsfahrbahn (sieben Betonierabschnitte zu je 15 m) benötigt mit dem Verbundschalwagen 35 Arbeitstage. Die dreieckigen Randbereiche auf beiden Widerlagerseiten werden innerhalb von zehn zusätzlichen Arbeitstagen hergestellt. Die Herstellung dieser Bereiche ist nach der Herstellung der Fahrbahnplatte angeordnet. Aus Angaben der ausführenden Baufirma dient der Randbereich als Ausweicharbeit, falls die Mannschaft schneller vorankommt als erwartet. Somit muss es nicht sein, dass diese Arbeit erst nach den fertigen Abschnitten des Verbundschalwagens hergestellt wird, allerdings sieht man in Abb. 5.7 auf Seite 77, dass die Randbereiche in der Betonierabfolge am Ende angedacht sind. Aus diesem

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Grund werden die konventionell geschalten Randbereiche im Bauzeitplan der Fahrbahnplatte nach den fertiggestellten Abschnitten des Verbundschalwagens angeordnet. Nach Fertigstellung der ersten Richtungsfahrbahn wird der Verbundschalwagen innerhalb eines Tages auf die zweite Richtungsfahrbahn gehoben. Die Herstellung der zweiten Richtungsfahrbahnplatte erfolgt mit selber Zeitdauer wie die erste Richtung: 35 AT – Verbundschalwagen, 10 AT – Randbereiche. Nach Fertigstellung der Fahrbahnplatte der zweiten Richtungsfahrbahn wird der Verbundschalwagen innerhalb von 3 Arbeitstagen demontiert.
Die Balken der Abb. 5.8 sind bei gleicher Zeitdauer teilweise unterschiedlich lange, weil das Programm Microsoft Project auch Wochenenden berücksichtigt. Zum Beispiel ist Balken 5 ein wenig länger als Balken 2, weil ab dem Umsetzen (Balken 4), bei Balken 5 ein weiteres Wochenende vor Fertigstellung des Vorganges im Vergleich zu Balken 2 dazwischen liegt.
Es ist beabsichtigt, dass die hier dargestellten 99 Arbeitstage der Herstellung der Fahrbahnplatte nicht mit den 6,5 Monaten (rund 140 Arbeitstage) der Mietdauer des Verbundschalwagens und der Dauer der zeitgebundenen Kosten zusammenpassen. Im Anschluss an die fertiggestellte Fahrbahnplatte beider Richtungsfahrbahnen werden die Randbalken mit dem Verbundschalwagen (nach Anpassung des Systems) geschalt und betoniert. Die Herstellung des Randbalkens wird in den Berechnungen und den Zeitbetrachtungen nicht berücksichtigt, da sich diese Arbeit ausschließlich auf die Fahrbahnplatte der Brücke konzentriert und die Randbalken, unabhängig vom Verfahren, mit selber Zeitdauer und Kosten hergestellt werden. Die Herstellung der Randbalken sind ein Grund für die zeitliche Differenz zwischen Mietzeit des Verbundschalwagens und der effektiven Zeit der Herstellung der Fahrbahnplatte. Zusätzlich muss die Fahrbahnplatte nach der fertigen Herstellung zuerst vorbereitet werden, um mit der Randbalkenherstellung beginnen zu können. Ein weiterer Grund sind Stillstände bei der Herstellung der Brückenlängsträger der beiden Richtungsfahrbahnen, welche beim Brückenklappverfahren entstehen können und die Herstellung der Fahrbahnplatte zeitlich beeinflussen. Außerdem sind Schlechtwettertage als Reserve in der Mietdauer des Verbundschalwagens vom Kalkulanten berücksichtigt. Diese Umstände werden bei den Berechnungen des Versetzwagens ebenso angenommen.

**Beschreibung der Baustelleneinrichtung für die Fahrbahnplatte – Verbundschalwagen**
Zum aktuellen Projektstand (Jänner 2019) ist die Baustelleneinrichtungsplanung noch nicht ausreichend fortgeschritten, um ausführlich Stellung nehmen zu können. Für die Herstellung der Fahrbahnplatte werden im Wesentlichen keine zusätzlichen Flächen oder Baustelleneinrichtungselemente benötigt, welche nicht bereits für den Betonbau der Längskonstruktion erforderlich sind. Trotzdem wird auf die notwendige Baustelleneinrichtungsfläche des Verbundschalwagens eingegangen. Nach der Anlieferung der vormontierten Teile des Schalwagens müssen diese auf der Lagerfläche in der Nähe des Widerlagers gelagert werden, bis der Verbundschalwagen auf den Schalwagenstühlen im Widerlagerbereich der Brücke zusammengebaut wird. In diesem Fall werden die vormontierten Elemente voraussichtlich im Verlauf der Straße hinter dem Widerlager zwischengelagert. Der Montageplatz und der angrenzende Zwischenlagerplatz werden nur für die Zeitdauer des Aufbaus und Abbaus des Verbundschalwagens am jeweiligen Widerlager benötigt. Die restliche Baustelleneinrichtung ist unabhängig von der Herstellung der Fahrbahnplatte. Es müssen keine weiteren Faktoren berücksichtigt werden.

### 5.2.2 Einsatz des Versetzwagens

Die Berechnungen beim Einsatz des Versetzwagens für die Herstellung der Fahrbahnplatte sind grundsätzlich gleich aufgebaut wie beim Verbundschalwagen. Es werden allerdings nur die Unterschiede als eigene Berechnungen angeführt. Die Kosten- und Stundenansätze für Personal, Geräte und Material werden im Wesentlichen gleich verwendet und nicht extra angeführt, um

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

ständige Wiederholungen zu vermeiden. Wenn ein Wert oder einige Berechnungsschritte geändert und angepasst werden, wird dies ausdrücklich begründet und beschrieben.

### Beschreibung der Berechnung der entstehenden Kosten beim Ablauf auf der Baustelle – Versetzwagen

Der Aufbau und die Demontage des Versetzwagens erfolgt in der selben Zeit, mit gleichem Personal und mit gleichen Kosten. Der wesentliche Unterschied beim Versetzwagen, zu sehen in Tab. 5.21, entsteht bei der Herstellung der Fahrbahnplatte. Um die beiden Verfahren (Verbundschalwagen und Versetzwagen) besser vergleichen zu können und die Anzahl der Betonierabschnitte gleich zu halten, wird der Versetzwagen ebenfalls mit einer Länge von 17 m (Betonierabschnittslänge 15 m) gewählt. Die Arbeit mit dem Versetzwagen erfolgt gleichzeitig an zwei Orten (Montageplatz & Einbauort). Dafür werden zwei Mannschaften zu je fünf Mann benötigt. Der Mischpreis der Mittellohnkosten bleibt trotz größerer Mannschaft gleich, da der Unterschied marginal ist. Im Vergleich zum Verbundschalwagen können die sieben Abschnitte einer Richtungsfahrbahn in der Hälfte der Zeit – 17,5 Arbeitstage bei zehn Stunden Arbeitszeit pro Tag – hergestellt werden. Voraussetzung dafür ist, dass zwei Betonierabschnitte pro Woche hergestellt werden können. Nach der Fertigstellung der ersten Richtungsfahrbahn muss der Versetzwagen innerhalb eines Tages umgehoben werden, um von dort innerhalb von 17,5 Arbeitstagen die Fahrbahnplatte der zweiten Richtungsfahrbahn fertigzustellen. Insgesamt ergeben sich 36 Arbeitstage beim Einsatz des Versetzwagens für die Fahrbahnplatte und Kosten in der Höhe von 147.600€. Zusätzlich müssen die dreieckigen Randbereiche beim Widerlager gleich wie beim Verbundschalwagen hergestellt werden – 20 weitere Arbeitstage zu 41.000€.

**Tab. 5.21:** Berechnung der Unterschiede bei den Kosten der Herstellung der Fahrbahnplatte mit dem Versetzwagen

| Unterschied bei: 2) Herstellung der Fahrbahnplatte in 14 Abschnitten zu je 15m Betonierlänge | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Beschreibung** | **Dauer** | | **Kosten pro Stunde** | **Kosten** | **Berechnungen** |
| 17,5 Arbeitstage mit zwei Mannschaften zu je 5 Mann zu je 10h/Tag - zweimal aufgrund von zwei Richtungsfahrbahnen = 35 AT --> zusätzlich Umsetzen des Versetzwagens an einem Arbeitstag - 36AT - 36*10 = 360h pro Mann | 360,00 h | zwei Mannschaften bestehend aus Polier+9 Mann=Mischpreis | 41,00 €/h | € 147.600,00 | = 10*360*41 |
| Randbereiche für Anschluss an Widerlager - 20 AT - selbe Kosten wie bei Verbundschalwagen | | | | € 41.000,00 | |
| Halbfertigteile: Platte Typ 1 - 7cm - 42*(2,5*7) pro Abschnitt | 735,00 m² | 42 Stk (Typ1) pro Richtungsfahrbahn | 23,00 €/m² | € 33.810,00 | = 735*23*2 |
| Halbfertigteile: Platte Typ 2 - 7cm - 28*(7,5*2,475) pro Abschnitt | 519,75 m² | 28 Stk (Typ2) pro Richtungsfahrbahn | 23,00 €/m² | € 23.908,50 | = 519,75*23*2 |
| **Halbfertigteile - Gesamt** | | | | **€ 57.718,50** | |
| Ortbeton: Betonieren der Fahrbahnplatte - C30/37/B5 - Abzug der Halbfertigteile (1254,75*2*0,07 = 175,67m³) | 917,34 m³ | Betonmenge | 100,00 €/m³ | € 91.733,50 | |
| zusätzlich notwendige Bewehrung - Annahme mit 400kg pro 15m Abschnitt - für zwei Richtungsfahrbahnen | 400,00 kg | je 15m Abschnitt - 7mal pro Richtungsfahrbahn | 1,00 €/kg | € 5.600,00 | = 7*400*1,0*2 |
| Hebegerät - selbe Zeitdauer wie die Miete des Versetzwagen - 190h/Monat für 4,87 Monate (Abzug von Zeitersparnis 35AT = 1,63 Monate von 6,5 Monaten) | 925,30 h | 1 LKW/HIAB Fahrer | 70,00 €/h | € 64.771,00 | = 925,3*70 |
| Schalung am Widerlager - 3-eckige Randflächen - selbe Kosten wie bei Verbundschalwagen | | | | € 23.818,00 | |

| | |
|---|---|
| **Personalkosten:** | **€ 225.612,00** |
| **Materialkosten:** | **€ 178.870,00** |
| **Gerätekosten:** | **€ 27.759,00** |

Die Materialkosten bestehen aus Halbfertigteilen, Ortbeton, zusätzlich notwendiger Bewehrung und Vorhaltung der konventionellen Schalung für die Randbereiche. Da aufgrund der gevouteten Form der Brückenlängsträger viele verschiedene Halbfertigteile benötigt werden, allerdings die

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Kosten als Mischpreis angenommen werden, konzentriert sich die Berechnung vereinfacht auf zwei Plattentypen, die für jeden 15 m Abschnitt benötigt werden:

- Platte Typ 1 (Mittelfeld) – 2,5 m mal 7,0 m – 6 Stk
- Platte Typ 2 (Kragarm) – 7,5 m mal 2,475 m – 4 Stk

Die Halbfertigteile berücksichtigen in diesem Fall die Vouten gar nicht und werden für einen durchgehend ein Meter breiten Längsträger angenommen. Die Fläche der Halbfertigteilplatten wird dadurch erhöht, allerdings sind die Kosten für spezielle Maße bei Platten höher als für Standardmaße. Für die Betrachtung der Kosten der Halbfertigteile für beide Richtungsfahrbahnen reicht diese Annahme aus, da zum jetzigen Zeitpunkt (Jänner 2019) keine weiteren Details zu einer genauen Plattenanordnung verfügbar sind. Insgesamt ergeben sich 42 Stück vom Typ 1 und 28 Stück vom Typ 2 für eine Richtungsfahrbahn. Bei einem Mischpreis für die Halbfertigteilplatten von 23 €/m² (ohne Bewehrung) entstehen Materialkosten in der Höhe von 57.719€. Ein weiterer Bestandteil der Materialkosten ist Ortbeton für die Fahrbahnplatte. Dieser reduziert sich durch die Masse der Halbfertigteile um rund 176 m³ auf 917 m³. Bei 100 €/m³ entstehen Ortbetonkosten von 91.734€.
Der Mehranteil an Bewehrung aufgrund der zusätzlich notwendigen Montagebewehrung beim Versetzwagen wird aus Angaben des Instituts für Tragkonstruktionen – Betonbau angenommen. Die Beschreibung für den Grund der Notwendigkeit dieses Mehranteils an Bewehrung wird bereits im Kapitel 5.1.3 ausführlich beschrieben. Für die Lafnitzbrücke werden ebenfalls 400 kg Bewehrung pro Betonierabschnitt zusätzlich angenommen. Bei 14 Abschnitten für beide Richtungsfahrbahnen ergeben sich bei 1,0 €/kg Materialkosten in der Höhe von 5.600€. Der letzte Anteil an Materialkosten (Vorhaltung der Schalung für Randbereiche) wird in gleicher Höhe wie beim Verbundschalwagen angenommen – 23.818€.
Für die Herstellung der Fahrbahnplatte mit dem Versetzwagen wird ein Hebegerät verwendet. In Anlehnung an den Verbundschalwagen wird dies ebenfalls mit 190 h/Monat und 70 €/h angenommen. Durch die Bauzeitverkürzung kann die Miete des Versetzwagens um 35 Arbeitstage (AT) verkürzt werden. Als Ausgangspunkt wird angenommen (gleich wie bei Murbrücke Mixnitz), dass 30 Tage pro Monat durch 7 Tage pro Woche, 4,3 Wochen pro Monat ergeben. Wenn man diese 4,3 Wo/Mo mit 5 Arbeitstagen pro Woche multipliziert, erhält man 21,5 AT pro Monat. Um die Zeitersparnis zu berechnen, werden die ersparten 35 Arbeitstage durch die 21,5 AT pro Monat dividiert – 1,63 Monate. Dies entspricht der Bauzeitverkürzung durch den Versetzwagen in Monaten. Wenn man diesen Wert von 6,5 Monaten (Bauzeit für die Fahrbahnplatte mit dem Verbundschalwagen) abzieht, erhält man 4,87 Monate als gesamte Bauzeit für die Herstellung der Fahrbahnplatte mit dem Versetzwagen. Einige Anmerkungen zu diesen Berechnungsschritten sind im Anhang A.2 in den Berechnungsblättern der Lafnitz-Brücke zu finden. Da dies nur einfache Zeitumwandlungen sind, wird an dieser Stelle auf eine zusätzliche Berechnungstabelle verzichtet. Wenn man die neue Vorhaltedauer für das Hebegerät ergänzt ergeben sich rund 925 Einsatzstunden bei 4,87 Monaten und Kosten in der Höhe von 64.771€. Zusammengefasst ergeben sich bei der Herstellung der Fahrbahnplatte mit dem Versetzwagen Personalkosten in der Höhe von 225.612€, Materialkosten von 178.870€ sowie Gerätekosten von 27.759€.

**Beschreibung der Berechnung der Systemkosten – Versetzwagen**

Grundsätzlich bestehen die Systemkosten des Versetzwagens aus fixen und variablen Kosten. Da sich der Versetzwagen erst in einer wenig fortgeschrittenen Entwicklungsphase befindet, können die endgültigen Kosten nur geschätzt werden. Im Vergleich zum Verbundschalwagen kann man sich vorstellen, dass die beiden seitlichen Bühnenelemente der Kragarme entfallen. Andererseits werden sehr viele Aufhängungen benötigt, um die Halbfertigteile zu befestigen.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Die fixen Kosten werden dementsprechend gleich zum Verbundschalwagen angenommen. Der wesentliche Unterschied, dargestellt in Tab. 5.22, liegt in den variablen Kosten.

**Tab. 5.22:** Veränderung der variablen Kosten beim Versetzwagen

| Unterschied bei: Versetzwagen Systemkosten - variable Kosten | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Miete des Versetzwagens --> 6,5 Monate - 1,63 Monate (=35 AT) = 4,87 Monate -> für beide Richtungsfahrbahnen | 4,87 Mo | variabel | 12490,00 €/Mo | € 60.826,30 | = 4,87*12490 |
| Auflagerkonstruktionen - 200€/Stk - 6 je Längsträger pro Abschnitt (2,5m Abstand) - 42 Stk je Längsträger (für beiden Richtungsfahrbahnen gleiche Auflagerkonstruktionen in Verwendung) | 84,00 Stk | variabel | 200,00 €/Stk | € 16.800,00 | = 84*200 |

| Versetzwagen | Variable Kosten | € 77.626,30 |
|---|---|---|

Die Miete des Versetzwagens kann im Vergleich zum Verbundschalwagen durch die entstehende Bauzeitverkürzung um 35 Arbeitstage (1,63 Monate) verringert werden. Daraus ergeben sich mit 12.490 €/Monat Mietkosten in der Höhe von 60.826€. Ein weiterer Anteil der variablen Kosten sind die Auflagerkonstruktionen (Schalwagenstühle des Verbundschalwagens), welche für die gesamte Brücke einer Richtungsfahrbahn benötigt werden, da der Versetzwagen vom Montageplatz bis zum letzten Abschnitt auf der gegenüberliegenden Widerlagerseite fahren muss. Für die zweite Richtungsfahrbahn werden die Auflagerkonstruktionen der ersten Richtungsfahrbahn wiederverwendet. Es werden 84 Stück (200 €/Stk) benötigt, da alle 2,5 m (6 Stück pro Abschnitt pro Längsträger) am Längsträger ein Formrohr mittels Dübeln montiert wird, wo die Auflagerkonstruktion raufgesteckt wird. Der zweite, kleinere Anteil der variablen Kosten ergibt somit 16.800€. Die variablen Kosten des Versetzwagens ergeben insgesamt 77.626€.

### Beschreibung der Berechnung der Baustellengemeinkosten – Versetzwagen

Die Berechnungen zu den zeitgebundenen Kosten der Baustelle beim Versetzwagen sind in Tab. 5.23 dargestellt. Die Tabelle ist grundsätzlich gleich aufgebaut wie beim Verbundschalwagen, es unterscheiden sich die Dauer der Vorhaltung sowie spezielle verfahrensbedingte Anpassungen. Im Vergleich zum Verbundschalwagen ist ein zusätzlicher Mannschaftscontainer notwendig, da eine weitere Mannschaft beim Versetzwagen benötigt wird. Der wesentliche Unterschied liegt in der Bauzeit, welche durch den Versetzwagen reduziert werden kann. Da sich durch die Zeitersparnis von 1,63 Monaten die Gesamtbauzeit für den Betonbau von 14 auf 12,37 Monate reduziert, wird die Anwesenheit von zwei Angestellten (Bauleiter und Polier – Erdbau), auf die neue Bauzeit anteilsmäßig angepasst. Alle anderen Positionen werden auf die verkürzte Zeitdauer (4,87 Monate im Vergleich zu 6,5 Monaten beim Verbundschalwagen) beim Einsatz des Versetzwagens für die Herstellung der Fahrbahnplatte angepasst. Es entstehen zeitgebundene Kosten in der Höhe von 483.848€.

### Darstellung der Bauzeit der Fahrbahnplatte – Versetzwagen

Die Fahrbahnplatte wird grundsätzlich in sieben Zeitabschnitten, wie beim Verbundschalwagen, hergestellt:

1. Aufbau des Versetzwagens
2. Herstellung der Fahrbahnplatte (erste Richtungsfahrbahn) mit dem Versetzwagen
3. Herstellung der dreieckigen Randbereiche auf beiden Widerlagerseiten (erste Richtungsfahrbahn)
4. Umsetzen des Versetzwagens von der ersten Richtungsfahrbahn auf die zweite Richtungsfahrbahn

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

**Tab. 5.23:** Berechnung der Baustellengemeinkosten – Versetzwagen

| Unterschied bei: 2) Zeitgebundene Kosten der Baustelle - Versetzwagen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ***Personalkosten*** | | | | | |
| Bauleiter Betonbau | 4,87 Mo | Bauzeit Fahrbahnplatte | 10000,00 €/Mo | € 48.700,00 | = 4,87*10000 |
| Bauleiter Erdbau - 6 von 12,37 Monate Bauzeit anwesend | 2,36 Mo | = (6/12,37)*4,87 | 10000,00 €/Mo | € 23.621,67 | = 2,36*10000 |
| Techniker | 4,87 Mo | Bauzeit Fahrbahnplatte | 8000,00 €/Mo | € 38.960,00 | = 4,87*8000 |
| Polier Betonbau | 4,87 Mo | Bauzeit Fahrbahnplatte | 10000,00 €/Mo | € 48.700,00 | = 4,87*10000 |
| Polier Erdbau - 6 von 12,37 Monate Bauzeit anwesend | 2,36 Mo | = (6/12,37)*4,87 | 10000,00 €/Mo | € 23.621,67 | = 2,36*10000 |
| ***Material- und Gerätekosten*** | | | | | |
| Container | | | | | |
| 5 Bürocontainer (inkl. Einrichtung und Betrieb) | 4,87 Mo | 5,00 Stk | 222,00 €/Mo | € 5.405,70 | = 4,87*5*222 |
| 4 Mannschaftscontainer (inkl. Einrichtung und Betrieb) | 4,87 Mo | 4,00 Stk | 138,00 €/Mo | € 2.688,24 | = 4,87*4*138 |
| 2 Sanitärcontainer (inkl. Einrichtung und Betrieb) | 4,87 Mo | 2,00 Stk | 156,00 €/Mo | € 1.519,44 | = 4,87*2*156 |
| 3 Magazincontainer (inkl. Einrichtung und Betrieb) | 4,87 Mo | 3,00 Stk | 90,00 €/Mo | € 1.314,90 | = 4,87*3*90 |
| 3 Drehstromaggregate - 10 kVA - müssen jede Woche aufgefüllt werden - 1500€/Mo/Stk | 4,87 Mo | 3,00 Stk | 1500,00 €/Mo | € 21.915,00 | = 4,87*3*1500 |
| Allgemeine Geräte Kleinbaustelle | 4,87 Mo | | 1480,74 €/Mo | € 7.211,20 | = 4,87*1480,74 |
| Hebegerät für Betonbau - Autokran für 4,87 Monate und 200h/Mo mit 85€/h | 974,00 h | 1,00 Stk | 85,00 €/h | € 82.790,00 | = 974*1*85 |
| Fahrzeuge Baustellenpersonal | 4,87 Mo | 8,00 Stk | 2500,00 €/Mo | € 97.400,00 | = 4,87*8*2500 |
| Vorhaltung eines weiteren Hebegerätes für die Herstellung der Fahrbahnplatte bereits in den Personal-/Gerätekosten (Ablauf) inkludiert. | | | | | |
| ***Sonstiges*** | | | | | |
| Stromverbrauch | | | | | |
| Wasserverbrauch | | | | | |
| Müllabfuhrgebühr | | | | | |
| Abwassergebühr | | | | | |
| Telefongebühren | | | | | |
| Bürokosten | | | | | |
| Diverses Allgemein | | Sonstiges - Gesamt | | € 80.000,00 | |
| *--> alle Positionen sind Annahmen aus K7-Blättern anderer Brückenprojekte & aktuelle Angaben aus der Bauwirtschaft* | | **Summe - zeitgebundene Kosten der Baustelle:** | | **€ 483.847,81** | |

5. Herstellung der Fahrbahnplatte (zweite Richtungsfahrbahn) mit dem Versetzwagen
6. Herstellung der dreieckigen Randbereiche auf beiden Widerlagerseiten (zweite Richtungsfahrbahn)
7. Demontage des Versetzwagens

In Abb. 5.9 ist die Bauzeit bei Herstellung der Fahrbahnplatte mit dem Versetzwagen dargestellt. Im Vergleich zur Bauzeit des Verbundschalwagens können die Balken 2 & 5 (Herstellung der Fahrbahnplatte mit dem Versetzwagen) um insgesamt 35 Arbeitstage reduziert werden. Die restlichen Zeitabschnitte unterscheiden sich nicht von der Herstellung der Fahrbahnplatte mit dem Verbundschalwagen.

Wie bereits in Kapitel 5.2.1 beschrieben, ist die Darstellung auch hier beabsichtigt, dass manche Balken mit gleicher Zeitdauer aufgrund der Wochenenden unterschiedliche Längen besitzen.

**Beschreibung der Baustelleneinrichtung für die Fahrbahnplatte – Versetzwagen**

Falls die Fahrbahnplatte mit dem Versetzwagen ausgeführt werden sollte, ist ein Lagerplatz in der Nähe des Widerlagers notwendig, um die vormontierten Teile zwischenzulagern. Von dort aus wird der Versetzwagen im Widerlagerbereich auf den Auflagerkonstruktionen zusammengebaut. Dieser Bereich wird während der Herstellung der Fahrbahnplatte als Montageplatz verwendet. An dieser Stelle werden die Halbfertigteile auf Montageträgern vorbereitet und eine 5 cm Aufbetonschicht aufgebracht. Der Versetzwagen transportiert die drei vorbereiteten Platten (eine Mittelplatte zwischen den Längsträgern und zwei Kragarmplatten) vom Montageplatz zum Einbauort. Da

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

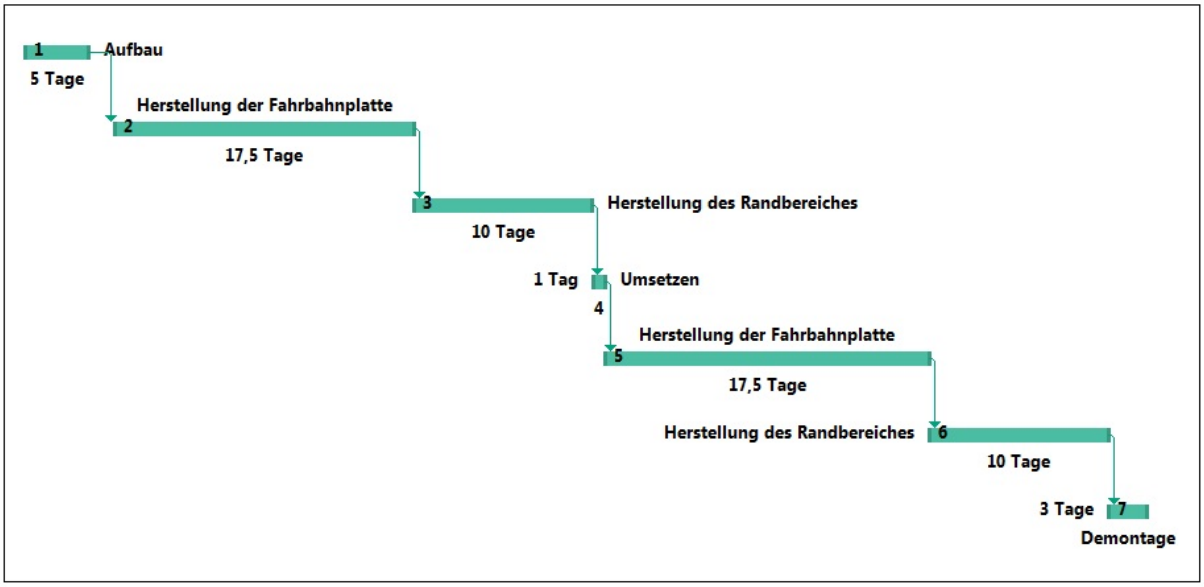



**Abb. 5.9:** Bauzeitplan bei Herstellung der Fahrbahnplatte mit dem Versetzwagen

die Halbfertigteile angrenzend an den Montageplatz zwischengelagert werden müssen, ist ein zusätzlicher Lagerplatz notwendig.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

# Kapitel 6

# Fazit der analytischen baubetrieblichen Untersuchungen

Im Rahmen dieser Diplomarbeit wird der wirtschaftliche Einsatz des Versetzwagens im Vergleich zu konventionellen Verfahren (Verbundschalwagen, ortsfeste Kragarmschalung) anhand von zwei Beispielprojekten untersucht. Die Ergebnisse werden in diesem Kapitel zusammengefasst und die baubetrieblichen Erkenntnisse aus den Berechnungen aufgezeigt. Im Ausblick wird das Verfahren und deren Einsatz in naher Zukunft beschrieben.

## 6.1 Zusammenfassung

In der Zusammenfassung werden die Ergebnisse und Erkenntnisse des Vergleichs der drei Verfahren (ortsfeste Kragarmschalung, Verbundschalwagen & Versetzwagen) erläutert und an beiden Beispielprojekten aufgezeigt. Das erste Projekt (Murbrücke Mixnitz) vergleicht alle drei Verfahren, da in der ursprünglichen Planung die ortfeste Kragarmschalung oder Verbundschalwagen als mögliche Ausführungsvariante geplant waren. Im zweiten Projekt wird nur der Verbundschalwagen mit dem Versetzwagen verglichen, da die ortfeste Kragarmschalung in diesem Fall keine Einsatzmöglichkeit findet. Im Wesentlichen ist der Vergleich der beiden fahrenden Schalsysteme wichtiger, da einerseits der wirtschaftliche Einsatz der ortfesten Kragarmschalung bis zu einer gewissen Länge (rund 150 m laut Angaben der Schalungshersteller) beschränkt ist und andererseits das System des Versetzwagens als Alternative zum Verbundschalwagen und nicht zur ortsfesten Kragarmschalung angedacht ist.

#### Kostenvergleich der Fahrbahnplattenherstellung – Murbrücke Mixnitz

In Tab. 6.1 sind die Ergebnisse der Kosten der Murbrücke Mixnitz für die drei Verfahren zur Herstellung der Fahrbahnplatte im Vergleich dargestellt. Auf den ersten Blick kann man erkennen, dass der Versetzwagen um rund 7.000€ günstiger ist als das ParaTop-System. Die gesamten Kosten des Verbundschalwagens sind vergleichsweise um rund 14.000€ teurer.
Um die Ergebnisse genauer zu betrachten, werden die einzelnen Positionen nacheinander beschrieben. Beim Aufbau der Systeme ist zu sehen, dass der Verbundschalwagen mit der Annahme, dass der Versetzwagen gleich aufgebaut wird, um mehr als 6.000€ billiger ist, als das ParaTop-System. Bei der Demontage zeigen sich ebenfalls Kostenersparnisse von Verbundschalwagen und Versetzwagen von mehr als 6.000€ im Vergleich zur ortsfesten Kragarmschalung. Diese Kostenunterschiede ergeben sich aus den Systemarten.
Bei der Herstellung der Fahrbahnplatte ist das ParaTop-System für die 75 m Murbrücke am billigsten. Dabei sind die Materialkosten im Vergleich zum Verbundschalwagen gleich, allerdings kann bei den Personalkosten und Gerätekosten durch die Bauzeitverkürzung gespart werden. Die Bauzeit des Versetzwagens ist die kürzeste, allerdings benötigt man eine weitere Mannschaft und kann so keine Personalkosten sparen. Die Materialkosten sind im Vergleich zu den beiden anderen Verfahren höher, da mehr Halbfertigteile benötigt werden. Der Versetzwagen spart sich die Hälfte der Gerätekosten durch die Bauzeithalbierung. Zusammengefasst ist das ParaTop-System beim

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Ablauf auf der Baustelle mit 117.549€ am günstigsten.
Der Vergleich der Systeme zeigt, dass das ParaTop-System über 7.000€ höhere fixe Anschaffungskosten hat. Die fixen Kosten des Verbundschalwagens sowie des Versetzwagens werden in der gleichen Höhe angenommen. Die variablen Kosten befinden sich bei allen drei Verfahren innerhalb von rund 2.000€. Diese sind allerdings sehr von der Länge der Brücke abhängig. Da es sich bei der Murbrücke Mixnitz um eine sehr kurze Brücke mit 75 m handelt, kann man davon ausgehen, dass bei größeren Brückenlängen die variablen Kosten des Versetzwagens am geringsten ausfallen. Die Mietkosten werden im Vergleich zum Verbundschalwagen drastisch reduziert und dieser Einfluss kann erst dann monetär dargestellt werden, wenn der zur Zeit größere Anteil der variablen Kosten – Vorhaltung der Stahlstockerl – nicht mehr der maßgebende variable Kostenanteil ist. Der Einsatz des ParaTop-Systems ist bei längeren Brücken möglich, allerdings wird von Herstellern angegeben, dass das System nur bis zu einer Länge von 150 m wirtschaftlich nutzbar ist. Im Falle der Murbrücke Mixnitz wäre der Versetzwagen als verfahrbare Lösung im Vergleich zum ParaTop-System schon bei 75 m Länge wirtschaftlicher einsetzbar.
Die Baustellengemeinkosten unterscheiden sich nur bei den zeitgebundenen Kosten. Das Einrichten sowie Räumen der Baustelle unterscheidet sich kaum, dadurch wurden beide Positionen für alle drei Verfahren gleich angenommen. Beim Versetzwagen ergeben sich die geringsten zeitgebundenen Kosten der Baustelle durch die kürzeste Bauzeit der Fahrbahnplatte mit 1,42 Mo. Der Verbundschalwagen benötigt rund 18.000€ mehr im Vergleich zum Versetzwagen.
Die Summe der aufgezählten Positionen ergibt den Versetzwagen als günstigste Ausführungsvariante für die Herstellung der Fahrbahnplatte mit 211.113€ bei der Murbrücke Mixnitz. Aus dem Vergleich der Kosten folgt darauf das ParaTop-System mit 218.501€ und der Verbundschalwagen mit 225.400€.

**Tab. 6.1:** Übersicht – Kostenvergleich der Fahrbahnplattenherstellung – Murbrücke Mixnitz

| | | ParaTop-System | Verbundschalwagen (VSW) | Versetzwagen |
|---|---|---|---|---|
| **Ablauf auf der Baustelle** | | | | |
| Aufbau der Systeme | | € 23.962,50 | € 17.525,00 | € 17.525,00 |
| | | | | |
| **Herstellung der Fahrbahnplatte** | | | | |
| Personalkosten | | € 40.362,60 | € 53.412,60 | € 47.250,00 |
| Materialkosten | Halbfertigteile | € 4.968,00 | € 4.968,00 | € 11.126,25 |
| | Ortbeton | € 12.825,00 | € 12.825,00 | € 11.400,00 |
| Materialkosten | Gesamt | € 18.053,84 | € 18.053,84 | € 22.526,25 |
| Gerätekosten | | € 1.687,50 | € 2.812,50 | € 1.406,25 |
| SUMME - Herstellung der Fahrbahnplatte | | € 77.896,94 | € 92.071,94 | € 93.708,75 |
| | | | | |
| Demontage der Systeme | | € 15.690,00 | € 9.355,00 | € 9.355,00 |
| | | | | |
| SUMME - Ablauf auf der Baustelle | | € 117.549,44 | € 118.951,94 | € 120.588,75 |
| | | | | |
| **Kosten der Systeme** | | | | |
| fixe Kosten | | € 27.598,00 | € 20.387,00 | € 20.387,00 |
| variable Kosten | | € 15.104,00 | € 14.884,00 | € 16.653,64 |
| | | | | |
| **Baustellengemeinkosten** | | | | |
| Einrichten der Baustelle | | X | X | X |
| Zeitgebundene Kosten | | € 58.249,29 | € 71.177,17 | € 53.483,40 |
| Räumen der Baustelle | | X | X | X |
| | | | | |
| **GESAMT** | | **€ 218.500,73** | **€ 225.400,11** | **€ 211.112,79** |
| | | | | |
| Baustelleneinrichtungsfläche | | 100% | 100% | 105% |

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

**Vergleich der Baustelleneinrichtungsfläche – Murbrücke Mixnitz**

Die Baustelleneinrichtung unterscheidet sich bei den drei Verfahren (ParaTop-System, Verbundschalwagen und Versetzwagen) kaum. Bei der Murbrücke Mixnitz wurde die gesperrte Straße vor und hinter dem Widerlager als Baustelleneinrichtungsfläche verwendet. Aufgrund dessen ist bei diesem Projekt kein monetärer Unterschied aus der geringen Abweichung der Baustelleneinrichtungsfläche auszurechnen. Bei diesem Projekt stand grundsätzlich ausreichend Fläche zur Verfügung.

Allgemein kann man sagen, dass der Verbundschalwagen und das ParaTop-System ähnliche Baustelleneinrichtungsflächen benötigen. Der Verbundschalwagen benötigt einen Montageplatz, wo die Einzelelemente des Schalwagens abgelegt werden können, um diese beim Aufbau aufzuheben und zu montieren. Beim ParaTop-System werden die Elemente vom LKW auf den Montageplatz gelagert und dort zusammengebaut und als ParaTop-Elemente eingehoben. Dies war allerdings bei dem Projekt Murbrücke Mixnitz nicht der Fall, da auf Wunsch des Bauunternehmens, die Elemente in einer Halle in der Nähe vormontiert wurden.

Der Versetzwagen benötigt im Vergleich zu den beiden anderen Verfahren etwas mehr Fläche. Am Montageplatz werden die Halbfertigteile zweimal pro Woche auf die Montageträger platziert und eine 5 cm Aufbetonschicht betoniert. Man benötigt deshalb angrenzend an den Montageplatz einen Lagerplatz für die Halbfertigteilplatten, um diese regelmäßig mit dem Hebegerät auf die Montageträger heben zu können. Im Vergleich zum ParaTop-System und Verbundschalwagen ist dieser Lagerplatz während der Herstellung der Fahrbahnplatte die ganze Zeit belegt. Bei den beiden anderen Systemen begrenzt sich die Notwendigkeit, einen zusätzlichen Lagerplatz zum Montageplatz zu verwenden, auf die Zeit des Aufbaus und der Demontage der Systeme. Um diesen Unterschied zeigen zu können, wurde in der Tabelle beim Versetzwagen 5% mehr Fläche im Vergleich zu Verbundschalwagen und ortsfester Kragarmschalung angesetzt.

Der Lagerplatz als Teil der Baustelleneinrichtungsfläche, wo sämtliche Bewehrung, Randabschalungen und sämtliche Kleinigkeiten gelagert werden, ist für alle drei Verfahren als gleich zu betrachten.

**Kostenvergleich der Fahrbahnplattenherstellung – Lafnitz-Brücke**

Die Kostenergebnisse aus den Berechnungen der Herstellung der Fahrbahnplatte für die Lafnitz-Brücke sind zum Vergleich im Überblick in der Tab. 6.2 dargestellt. Bei den gesamten Kosten ist auf einen Blick zu erkennen, dass der Versetzwagen um mehr als 43.000€ günstiger ist als der Verbundschalwagen. Diese Kostenersparnis entsteht vor allem durch die Bauzeitverkürzung um rund 1,63 Monate.

Um die Ergebnisse im Detail zu betrachten, werden die einzelnen Positionen in den folgenden Zeilen ausführlich beschrieben. Der Aufbau sowie die Demontage der Systeme haben Kosten in derselben Höhe, da zu aktuellem Zeitpunkt noch keine genaueren Angaben zum Versetzwagen existieren. Ein sehr großer Unterschied entsteht bei der Betrachtung der Kosten beim Ablauf der Fahrbahnplattenherstellung auf der Baustelle. Die Personalkosten des Verbundschalwagens in der Höhe von 163.175€ sind im Vergleich zum Versetzwagen (225.612€) um mehr als 62.000€ günstiger. Die Personalkosten bestehen in diesem Fall aus Kosten für den Verbundschalwagen, für die konventionelle Schalung sowie die Lohnkosten des Fahrers des Hebegerätes. Die Ersparnisse des Verbundschalwagens entstehen bei den Betonierabschnitten, die mit dem Schalwagen hergestellt werden, da nur 2,5 Mann für die Einsatzzeit von 71 Arbeitstagen einkalkuliert sind. Der Versetzwagen ist zwar im Vergleich nur 36 Arbeitstage im Einsatz, allerdings mit 10 Mann gleichzeitig. In dieser Unterposition ist der Versetzwagen um rund 75.000€ teurer. Der zweite Anteil der Personalkosten (konventionelle Schalung der Randbereiche) ist für beide Verfahren gleich. Der Lohn des Fahrers des Hebegerätes, als dritter Bestandteil, ist beim Versetzwagen um rund 12.000€ günstiger, da das Hebegerät für eine kürzere Bauzeit vorgehalten werden muss.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

**Tab. 6.2:** Übersicht – Kostenvergleich der Fahrbahnplattenherstellung – Lafnitz-Brücke

| | | Verbundschalwagen (VSW) | Versetzwagen |
|---|---|---|---|
| **Ablauf auf der Baustelle** | | | |
| Aufbau der Systeme | | € 14.750,00 | € 14.750,00 |
| | | | |
| **Herstellung der Fahrbahnplatte** | | | |
| Personalkosten | | € 163.175,00 | € 225.612,00 |
| Materialkosten | Halbfertigteile | € 0,00 | € 57.718,50 |
| | Ortbeton | € 109.300,00 | € 91.733,50 |
| Materialkosten | Gesamt | € 133.118,00 | € 178.870,00 |
| Gerätekosten | | € 37.050,00 | € 27.759,00 |
| SUMME - Herstellung der Fahrbahnplatte | | € 333.343,00 | € 432.241,00 |
| | | | |
| Demontage der Systeme | | € 8.850,00 | € 8.850,00 |
| | | | |
| SUMME - Ablauf auf der Baustelle | | € 356.943,00 | € 455.841,00 |
| | | | |
| **Kosten der Systeme** | | | |
| fixe Kosten | | € 76.480,00 | € 76.480,00 |
| variable Kosten | | € 93.185,00 | € 77.626,30 |
| | | | |
| **Baustellengemeinkosten** | | | |
| Einrichten der Baustelle | | X | X |
| Zeitgebundene Kosten | | € 610.778,10 | € 483.847,81 |
| Räumen der Baustelle | | X | X |
| | | | |
| **GESAMT** | | **€ 1.137.386,10** | **€ 1.093.795,11** |
| | | | |
| Baustelleneinrichtungsfläche | | 100% | 105% |

Im Bezug auf die Materialkosten ist der Verbundschalwagen um mehr als 45.000€ günstiger als der Versetzwagen. Die Materialkosten setzen sich grundsätzlich aus Ortbeton und der notwendigen konventionellen Schalung der Randbereiche zusammen. Die Kosten des konventionell geschalten Schalungsbereiches fallen für beide Verfahren in der selben Höhe an. Die große Kostendifferenz entsteht durch die Verwendung von Halbfertigteilen beim Versetzwagen, da Halbfertigteile im Vergleich zum Ortbeton wesentlich teurer sind. Eine weitere Erhöhung der Materialkosten entsteht durch die zusätzlich notwendige Bewehrung (5.600€) beim Einsatz des Versetzwagens.
Wenn man einen Blick auf die Gerätekosten wirft, sieht man, dass der Versetzwagen um rund 9.000€ günstiger ist, da das Hebegerät wesentlich kürzer vorgehalten werden muss. Alles in allem entstehen bei der Herstellung der Fahrbahnplatte beim Ablauf auf der Baustelle mit dem Verbundschalwagen Kosten in der Höhe von 356.943€. Im Vergleich dazu benötigt der Versetzwagen rund 99.000€ mehr – 455.841€. Diese Differenz, wie bereits detailliert analysiert, entsteht vor allem durch die erhöhten Personal- und Materialkosten.
Betrachtet man die Kosten der Systeme, sieht man, dass die fixen Anschaffungskosten der fahrenden Schalungssysteme gleich hoch sind – 76.480€. Bei den variablen Kosten, bestehend aus der Miete der Schalsysteme und den benötigten Schalwagenstühlen, zeigt sich ein Unterschied von rund 15.000€. Grundsätzlich sind die variablen Kosten von der Bauzeit und der Länge der Brücke (die Anzahl der benötigten Schalwagenstühle erhöht sich) abhängig. Im Vergleich zur Murbrücke Mixnitz, wo der Verbundschalwagen geringere variable Kosten besitzt als der Versetzwagen, zeigt sich bei einer Länge von 210 m der Lafnitz-Brücke (zweimal 105 m für beide Richtungsfahrbahnen) die Kostenersparnis durch die Reduzierung der Bauzeit. Der Versetzwagen benötigt zwar im Vergleich zum Verbundschalwagen eine größere Anzahl an Auflagerkonstruktionen (24 Stück mehr – 4.800€), allerdings wird die Miete des Schalwagensystems um rund 1,63 Monate reduziert. Die Verkürzung der Bauzeit reduziert die variablen Kosten des Versetzwagens um rund 20.000€. Die Mietkosten sind in diesem Fall (Lafnitz-Brücke) der maßgebende variable Kostenanteil.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Dadurch lässt sich in diesem Projekt der Vorteil des Versetzwagens bei den variablen Kosten des Schalungssystems besser darstellen.
Die Baustellengemeinkosten der beiden fahrbaren Schalungslösungen unterscheiden sich auf den ersten Blick deutlich. Das Einrichten und Räumen der Baustelle unterscheidet sich kaum, dementsprechend sind beide Positionen nicht monetär berücksichtigt. Die zeitgebundenen Kosten sind beim Versetzwagen – 483.848€ – durch die verkürzte Bauzeit um fast 127.000€ geringer als beim Verbundschalwagen mit Kosten in der Höhe von 610.778€. Nach Zusammenfassung aller genannten Positionen ergibt sich der Versetzwagen mit Gesamtkosten für die Herstellung der Fahrbahnplatte in der Höhe von 1.093.795€ als günstigste Ausführungsvariante. Im Vergleich dazu entstehen beim Verbundschalwagen Gesamtkosten von 1.137.386€.

**Vergleich der Baustelleneinrichtungsfläche – Lafnitz-Brücke**
Die Baustelleneinrichtung unterscheidet sich bei den beiden Verfahren (Verbundschalwagen & Versetzwagen) minimal. Da die Lafnitz-Brücke im Zuge eines Bauloses errichtet wird, sollte ausreichend Baustelleneinrichtungsfläche zur Verfügung stehen. Es kann kein monetärer Unterschied berechnet werden, da die Baustelleneinrichtungsfläche im Rahmen des Bauloses zur Verfügung steht. Ein Montageplatz im Bereich eines Widerlagers sowie ein angrenzender Lagerplatz wird bei beiden Verfahren notwendig sein.
Der Verbundschalwagen benötigt im Wesentlichen einen Montageplatz für den Aufbau des Verbundschalwagens und einen angrenzenden Lagerplatz für die Zeitdauer des Aufbaus als Zwischenlagerung für die Teile des Schalwagens. Nachdem beide Richtungsfahrbahnen fertiggestellt sind, benötigt man einen Montageplatz auf der gleichen Widerlagerseite, nur hinter der zweiten Richtungsfahrbahn, um den Verbundschalwagen demontieren zu können. Im Vergleich dazu benötigt der Versetzwagen einen Montageplatz und einen angrenzenden Lagerplatz jeweils für die Zeitdauer einer Richtungsfahrbahn. Nach dem Aufbau des Versetzwagens, welcher gleich zum Verbundschalwagen abläuft, dient der Lagerplatz als Zwischenlagerung der Halbfertigteile. Der Montageplatz hinter dem Widerlager wird dazu verwendet, die Halbfertigteile auf den Montageträgern zu platzieren und eine 5 cm Ortbetonschicht zu ergänzen, damit der Versetzwagen jede Woche zwei Abschnitte zum Einbauort transportieren kann. Im Vergleich zum Verbundschalwagen benötigt der Versetzwagen den Montageplatz sowie Lagerplatz für die gesamte Fortdauer der Fahrbahnplattenherstellung. Für beide Richtungsfahrbahnen ist es daher beim Versetzwagen notwendig, für die jeweils aktuelle Richtungsfahrbahn hinter einem Widerlager den Montageplatz und Lagerplatz nutzen zu können. Da beim Projekt der Lafnitz-Brücke die erste fertiggestellte Richtungsfahrbahn anschließend als Baustraße verwendet werden muss, ist der Bereich hinter dem Widerlager der ersten Richtungsfahrbahn zu räumen. Somit wird die Baustelleneinrichtungsfläche für die Fahrbahnplatte der zweiten Richtungsfahrbahn im Bereich hinter dem Widerlager der gleichen Seite nach Fertigstellung der ersten Richtungsfahrbahn genutzt. Um die Mehrfläche der Baustelleneinrichtung darzustellen, die beim Einsatz des Versetzwagens benötigt wird, wurde in der Tabelle die Baustelleneinrichtungsfläche im Vergleich zum Verbundschalwagen um 5% erhöht. Der Lagerplatz als Teil der Baustelleneinrichtungsfläche, wo sämtliche Bewehrung, Randabschalungen und sämtliche Kleinigkeiten gelagert werden, ist wie beim Projekt der Murbrücke Mixnitz, als gleich zu betrachten.

## 6.2 Beantwortung der Forschungsfragen

Aus den Erkenntnissen der Zusammenfassung der Berechnungen beider Beispielprojekte werden in der folgenden Tab. 6.3 die monetären Vor- und Nachteile des Versetzwagens im Vergleich zu den beiden konventionellen Verfahren, Verbundschalwagen und ortsfeste Kragarmschalung, aufgezeigt. Der Versetzwagen dient in der Tabelle als Referenz, die angegebenen Begriffe be-

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

ziehen sich deshalb immer auf das innovative Verfahren zur Fahrbahnplattenherstellung. Bei den Beschreibungen im Bezug auf die Tabelle konzentriert sich diese Arbeit vor allem auf den Vergleich von Versetzwagen und Verbundschalwagen, da diese bei beiden Objekten verglichen werden. Aus der Betrachtung der Kosten anhand der Tabelle wird auf Vergleichsparameter und Faktoren hingewiesen, die am meisten Einfluss auf die Kostenunterschiede haben.
Die Kosten des Aufbaus und der Demontage der Schalungssysteme sind für die fahrbaren Schalungslösungen gleich hoch. Im Vergleich dazu ist die ortsfeste Kragarmschalung etwas teurer. Bei der Nutzung der Systeme zur Herstellung der Fahrbahnplatte beim Ablauf auf der Baustelle sind Verbundschalwagen und ortsfeste Kragarmschalung günstiger. Einfluss darauf haben vor allem die Mannschaftsstärke, Bauzeit für die Fahrbahnplattenherstellung, welche sich durch die Länge der Brücke ergibt, sowie Materialkosten. Die Systemkosten setzen sich aus fixen Kosten und variablen Kosten zusammen. Die fixen Kosten sind für Versetzwagen und Verbundschalwagen gleich hoch. Die ortsfeste Kragarmschalung besitzt höhere fixe Anschaffungskosten. Die variablen Kosten des ortsfesten Schalsystems sind beim Projekt der Murbrücke Mixnitz etwas günstiger. Beim Verbundschalwagen sind die variablen Kosten im Vergleich zum Versetzwagen bei der Mixnitz-Brücke günstiger. Allerdings sind die variablen Kosten des Verbundschalwagens der Lafnitz-Brücke um einiges teurer als die des Versetzwagens. In diesem Fall zeigt sich der Vorteil des Versetzwagens bei diesem Projekt aufgrund der Länge der Brücke. Daher ist in der Tabelle angegeben, dass diese Position beim Verbundschalwagen vom Projekt abhängig ist. Die Baustellengemeinkosten sind bei beiden konventionellen Verfahren teurer. Hierbei liegt der Grund in der Bauzeit der Fahrbahnplatte, die für den Versetzwagen am kürzesten ausfällt. Zusammengefasst sind die Gesamtkosten bei beiden analysierten Projekten für Verbundschalwagen und ortsfeste Kragarmschalung teurer als für den Versetzwagen.

**Tab. 6.3:** Übersicht der Auswertung der Ergebnisse beider Beispielprojekte – Angaben bezogen auf die Kosten des Versetzwagens

| | | Versetzwagen | Verbundschalwagen | ortsfeste Kragarmschalung |
|---|---|---|---|---|
| Aufbau & Demontage der Systeme: | | gleich | gleich | teurer |
| Nutzung der Systeme bei Herstellung der Fahrbahnplatte: | | - | günstiger | günstiger |
| Systemkosten: | fixe Kosten | gleich | gleich | teurer |
| | variable Kosten | - | vom Projekt abhängig | günstiger |
| Baustellengemeinkosten: | | - | teurer | teurer |
| Gesamtkosten: | | - | teurer | teurer |

Die Verfahrensauswahl zur Herstellung der Fahrbahnplatte mit einem der drei analysierten Verfahren ist von unzähligen Faktoren abhängig. Die Voraussetzungen für den Einsatz aller drei Verfahren sind erfüllt, sodass für diese Betrachtung nur die drei Verfahren in Frage kommen. Einige der Faktoren sind in den folgenden Punkten aufgelistet:

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

- Länge der Brücke
- verfügbare Bauzeit
- Erfahrung des anwesenden Baustellenteams
- kalkuliertes Budget
- Lage der Baustelle

Durch die Wahl eines der drei Verfahren (Versetzwagen, Verbundschalwagen oder ortsfeste Kragarmschalung) aus den angegebenen Punkten, entstehen wesentliche Einflussfaktoren, welche durch die Analyse der Berechnungen anhand der beiden Beispielprojekte zu Vergleichsparametern ausgeforscht wurden. Die bedeutendsten verfahrensabhängigen Faktoren sind in den folgenden Punkten aufgelistet:

- jeweilige Mannschaftsgröße
- Bauzeit – beeinflusst durch Betonierabschnitte pro Woche
- Einsatz von unterschiedlichen Materialien
- notwendige Hebegeräte

Um allgemeine Aussagen zu tätigen, werden an dieser Stelle mit Hilfe der gewonnenen Erkenntnissen aus der Zusammenfassung der beschriebenen Ergebnisse der zwei Beispielprojekte und deren Auswertung, die Forschungsfragen beantwortet.

**Ab welcher Länge der Fahrbahnplatte ist der Einsatz des Versetzwagens grundsätzlich eine sinnvolle Alternative?**
Ein genauer Wert für eine Länge, ab welcher der Einsatz des Versetzwagens eine sinnvolle Alternative ist, kann schwer angegeben werden, da sich komplexe Projekte durch unterschiedlichste Randbedingungen unterscheiden. Allerdings ist der Versetzwagen für beide analysierten Beispielprojekte auf alle Fälle eine sinnvolle Alternative. Sogar bei der kurzen Murbrücke Mixnitz mit 75 m zeigt sich bereits der Vorteil des Versetzwagens. Auf der einen Seite erkennt man den Versetzwagen als sinnvolle Alternative durch die errechneten Kosten (Ersparnis von rund 7.000€ im Vergleich zu den konventionellen Verfahren), andererseits durch die kürzeste Bauzeit aller drei analysierten Verfahren. Aus der baubetrieblichen Analyse der beiden Beispielprojekte kann der Versetzwagen bereits unter einer Länge von 75 m als Schalungssystem gewählt werden. Ein weiterer Faktor ist hierbei, dass aus Gesprächen mit Experten der Baubranche der Vorteil der Zeitersparnis (verkürzte Bauzeit) als durchaus bedeutenderer und wichtigerer Faktor beschrieben wird und erhöhte Kosten (die für die analysierten Projekte/Längen aber nicht entstanden sind) in Kauf genommen werden würden. Bei einer Brückenlänge von rund 60 m mit einem Versetzwagen mit 15 m Betonierabschnittslänge entsteht eine Bauzeit für die Fahrbahnplatte von zwei Wochen. Da die kurze Bauzeit für die Fahrbahnplatte von zwei Wochen im Vergleich zur restlichen Bauzeit einer Baustelle bereits sehr gering ist, wird diese Länge als untere Grenze angenommen. Ein weiterer Grund diese Länge als untere Grenze festzulegen, ist der Umstand, dass der große Vorteil der Bauzeitverkürzung bei kürzeren Brücken kaum mehr spürbar ist.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

**Ist der Einsatz des Versetzwagens für die Herstellung der Fahrbahnplatte bei den beschriebenen Beispielprojekten eine wirtschaftliche Lösung?**
Ja, der Versetzwagen ist für die Herstellung der Fahrbahnplatte für beide analysierten Beispielprojekte eine wirtschaftliche Alternativlösung. Dieser Umstand zeigt sich einerseits durch das monetäre Ergebnis, andererseits durch die gewonnene Zeitersparnis, welche in den Bauzeitplänen zu erkennen sind. Durch die bereits beschriebenen Einflussfaktoren und Vergleichsparameter kann gesagt werden, dass der Versetzwagen für diverse Projekte, welche die Voraussetzungen für diese neue, innovative und fahrbare Lösung erfüllen, ein interessantes, alternatives Verfahren zu den bekannten konventionellen Verfahren zur Herstellung der Fahrbahnplatte bietet.

**Ist beim Einsatz des Versetzwagens ein verfahrensbedingter Unterschied der Baustelleneinrichtungsfläche zu erkennen?**
Ja, es ist ein verfahrensbedingter Unterschied beim Einsatz des Versetzwagens für die Herstellung der Fahrbahnplatte zu erkennen. Allerdings ist die zusätzlich benötigte Fläche gegenüber den anderen Verfahren sehr gering und bei Brückenbaustellen meist verfügbar. Beim Aufbau der Schalungssysteme benötigen alle drei Verfahren einen Montageplatz im Widerlagerbereich zum Aufbau sowie einen Lagerplatz zur Zwischenlagerung der Schalungssystemteile. Die zusätzlich benötigte Fläche im Vergleich zum Verbundschalwagen und der ortsfesten Kragarmschalung wird vor allem während der Herstellung der Fahrbahnplatte im Widerlagerbereich benötigt. Am Montageplatz werden die Halbfertigteile vom angrenzenden Lagerplatz zweimal pro Woche auf die Montageträger gehoben und durch eine 5 cm Ortbetonschicht ergänzt. Anschließend werden die vorbereiteten Platten vom Versetzwagen abgeholt und zum Einbauort transportiert.
Da der Versetzwagen vor allem bei Stahl-Beton-Verbundbrücken zum Einsatz kommen soll, kann hierbei ein weiterer Vorteil erwähnt werden, dass bei einer Längskonstruktion aus Stahl, der Montageplatz bereits vorhanden ist und nicht extra für die Fahrbahnplatte eingerichtet werden muss.

## 6.3 Ausblick

Der Versetzwagen kann für die Herstellung der Fahrbahnplatte eine wirtschaftliche Alternative darstellen. Im Rahmen dieser Diplomarbeit wurde der baubetriebliche Aspekt mit den Annahmen, welche die Vorteile des Systems widerspiegeln, untersucht. Aktuell wird der Versetzwagen im Rahmen eines Forschungsprojektes des Instituts für Tragkonstruktionen – Forschungsbereich für Stahlbeton- und Massivbau gemeinsam mit der Firma Doka entwickelt. Ziel ist es, den Versetzwagen bei dem Projekt der Lafnitz-Brücke im Zuge der S7 einzusetzen. Wenn die getroffenen Annahmen mit zwei Betonierabschnitten pro Woche nach der technischen Umsetzung eingehalten werden können, zeigen die Erkenntnisse dieser Diplomarbeit, dass der Einsatz des neuen, innovativen Verfahrens eine wirtschaftliche Alternative zum geplanten Verbundschalwagen ist.
In Zukunft kann die Herstellung der Fahrbahnplatte bei Stahl-Beton-Verbundbrücken und Brücken, welche die Möglichkeit der beidseitigen Auflagerung für den Versetzwagen ermöglichen, eingesetzt werden. Der große zeitliche Unterschied im Vergleich zu den aktuell konventionellen Verfahren, zeigt sich erst bei größeren Brückenlängen. Da in Österreich nur selten Brücken mit großen Spannweiten gebaut werden, ist der Einsatz des Versetzwagens im internationalen Brückenbau von Bedeutung. Da es zufolge der durchgeführten Literaturrecherche zum jetzigen Zeitpunkt weltweit kein vergleichbares Bauverfahren zur Herstellung der Fahrbahnplatte gibt, ist der Einsatzbereich weltweit möglich. Ein erster Schritt, wäre ein erfolgreicher Einsatz des Versetzwagens bei der Lafnitzbrücke.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

# Literaturverzeichnis


[1] S. Allmeier, J. Frenzel, S. Schiefer, G. Seidl und J. Weber. „Innovation im Verbundbrückenbau - Talbrücke Oberhartmannsreuth“. In: *Stahlbau* 69 (Heft 9) (2000), 707–713. [Copyright Wilhelm Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG. Reproduced with permission.]

[2] Asfinag. *S 7 Fürstenfelder Schnellstraße Riegersdorf - Staatsgrenze bei Heiligenkreuz*. 2018. URL: https://www.asfinag.at/verkehrssicherheit/bauen/bauprojekte/s-7-fuerstenfelder-schnellstrasse/ (Zugriff am 07. 10. 2018).

[3] S. C. Berger. „Experimentelle Bestimmung der Dauerschwingfestigkeit von Fahrbahnplatten mit untenliegenden Fertigteilplatten und einer darüber angeordneten Aufbetonschicht“. Diplomarbeit. Technische Universität Wien, 2017, S. 1–143.

[4] H.-G. Dauner. „Klebetechnik für den schnellen und wirtschaftlichen Bau von Verbundbrücken“. In: *Stahlbau* 75 (Heft 7) (2006), 551–557. [Copyright Wilhelm Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG. Reproduced with permission.]

[5] H.-G. Dauner. „Techniken zum Bau der Fahrbahnplatte bei Verbundbrücken“. In: *Stahlbau* 71 (Heft 8) (2002), 625–631. [Copyright Wilhelm Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG. Reproduced with permission.]

[6] Doka. *Brücke Rathausen, Schweiz*. 2014. URL: https://www.doka.com/at/references/europe/Bruecke_Rathausen (Zugriff am 19. 09. 2018).

[7] Doka. *Brückenschalung ParaTop - Erstellung der Fahrbahnplatte [DE]*. 2016. URL: https://www.youtube.com/watch?v=EnRPz66dt3s (Zugriff am 19. 09. 2018).

[8] Doka. *Curva del Cebo, Panama*. 2013. URL: https://www.doka.com/at/references/south-america/Curva_del_Cebo (Zugriff am 19. 09. 2018).

[9] Doka. *Stahlverbundbrücke Nuttlar, Deutschland*. 2016. URL: https://www.doka.com/de/references/stahlverbundbruecke-nuttlar (Zugriff am 17. 09. 2018).

[10] Doka. *Talbrücke Nessetal, Deutschland*. 2010. URL: https://www.doka.com/at/references/europe/talbrueckenessetal (Zugriff am 17. 09. 2018).

[11] Doka. *Verbundschalwagen*. 2018. URL: https://www.doka.com/de/system-groups/doka-load-bearing-systems/bridge-formwork/composite-forming-carriage/index (Zugriff am 17. 09. 2018).

[12] W. Doss, A. Gebeshuber, N. Friedrich, V. Schmitt, G. Seidl und M. Weizenegger. „VFT-Bauweise - Entwicklung von Verbundfertigteilträgern im Brückenbau“. In: *Beton- und Stahlbetonbau* 96 (Heft 4) (2001), S. 171–180.

[13] A. Garg. „Betonspannungen in Fahrbahnplatten weit gespannter Verbundbrücken bei abschnittsweiser Herstellung im Pilgerschrittverfahren“. In: *Beton- und Stahlbetonbau* 100 (Heft 2) (2005), S. 61–64.

[14] G. Girmscheid. *Bangkok Expressway, Thailand - Bau einer 35 km langen Spannbeton-Hochstrasse in Segmentbauweise*. Forschungsber. ETH Library, 1994. 15 S.



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

[15] G. Girmscheid. *Bauverfahren des Brückenbaus*. 2. Aufl. Zürich: Eigenverlag des IBI an der ETH, 2012, S. 190–302. ISBN: 978-3-906800-24-0.

[16] F. Hue. „Use of Precast Concrete Elements in Bridges in Europe (Spain)“. In: *Expertenforum Beton* (2005), S. 3–16.

[17] S. Ingenieure. *Brücken mit Verbund-Fertigteil-Trägern*. 2001. URL: https://www.ssf-ing.de/fileadmin/web_data/Downloads/Broschueren/Deutsch/Bruecken_mit_VFT_Bauweise_DE.pdf (Zugriff am 21. 09. 2018).

[18] R. Jung, U. Heymel, K.-H. Reintjes und O. Schreiber. „Die Bahretalbrücke - eine Verbundbrücke mit Vollfertigteilen“. In: *Stahlbau* 78 (Heft 6) (2009), 385–393. [Copyright Wilhelm Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG. Reproduced with permission.]

[19] I. H. G. C̃. KG. *Brückenbau – Donaubrücke Lauingen*. 2001. URL: http://www.ibhauf.de/Referenzen/Bruckenbau/Brucke_Lauingen/Lauingen_13.JPG (Zugriff am 11. 02. 2019).

[20] J. Kollegger. *Brückenklappverfahren*. 2018. URL: https://www.betonbau.tuwien.ac.at/forschung/aktuelle-forschungsprojekte/brueckenklappverfahren/ (Zugriff am 08. 10. 2018).

[21] J. Kollegger. „Verfahren zur Herstellung einer Fahrbahnplatte für eine Brücke“. In: Österreichisches Patentamt – Patentschrift, Patent Nr. 517231 (AT) (2015).

[22] J. Kollegger, S. Foremniak, D. Suza, D. Wimmer und S. Gmainer. „Building bridges using the balanced lift method“. In: *Structural Concrete* 15 (Heft 3) (2014), 281–291. [Copyright Wilhelm Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG. Reproduced with permission.]

[23] J. Kollegger, K. Fuchs und G. Gassner. „Method for placing Prefabricated Slab Elements on Bridge Decks“. In: *39th IABSE Symposium - Engineering the Future* (2017), S. 405–412.

[24] J. Kollegger, K. Fuchs und G. Gassner. „Steel-Concrete-Composite Bridges with Innovative Prefabricated Slab Elements“. In: High Tech Concrete: Where Technology and Engineering Meet - Proceedings of the 2017 fib Symposium, (ISBN: 978-3-319-59471-2) (12.–14. Juni 2017). Maastricht, The Netherlands, 2017, 2590–2597. [Adapted/Translated by permission from Springer Nature, [COPYRIGHT]].

[25] S. Lühr, K. Morgen und M. Wieser. „Stahlbetonfahrbahnplatte aus Fertigteilen mit Ortbetonergänzung beim Ersatzneubau der Straßenbrücke Horsterdamm“. In: *Beton- und Stahlbetonbau* 110 (Heft 2) (2015), 131–137. [Copyright Wilhelm Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG. Reproduced with permission.]

[26] G. Mehlhorn und M. Curbach. *Handbuch Brücken*. 3. Aufl. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2014, S. 1106–1120. ISBN: 978-3-658-03339-2.

[27] Peri. *VARIOKIT Verbundschalwagen VCC*. 2018. URL: https://www.peri.com/de/produkte/ingenieurbauloesungen/ingenieurbausysteme/vcc-verbundschalwagen.html (Zugriff am 17. 09. 2018).

[28] H. Schmackpfeffer. „Typenentwürfe für Brücken in Stahlverbundbauweise im mittleren Stützweitenbereich“. In: *Stahlbau* 68 (Heft 4) (1999), S. 264–276.

[29] K. Vennemann. „Fertigteile im Brückenbau auf neuen Wegen“. In: *Expertenforum Beton* (2005), S. 17–19.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

# Abbildungsverzeichnis


2.1 Schalung der Kragarme an einer Brücke in Panama mithilfe des Systems ParaTop der Firma Doka, [8] . . . 15
2.2 Zusammengebautes ParaTop-Element am Kran im Vorstellungsvideo des Schalungssystems der Firma Doka, Abbildung aus Video [7] . . . 16
2.3 Stahl-Beton-Verbundbrücke Rathausen hergestellt mithilfe des Schalungssystems ParaTop der Firma Doka, [6] . . . 16
2.4 Querschnitt eines oben fahrenden Schalwagens der Firma Doka, [10] . . . 18
2.5 Oben fahrender Schalwagen der Firma Doka, [11] . . . 18
2.6 Stahl-Beton-Verbundbrücke Nuttlar in Deutschland, hergestellt mit unten fahrendem Schalwagen, befestigt am Längsträger aus Stahl, [9] . . . 19
a Stahlverbundbrücke Nuttlar im Bauzustand – unten fahrender Verbundschalwagen . . . 19
b Befestigung des unten fahrenden Schalwagens am Stahllängsträger . . . 19
2.7 Entwurf des Regelquerschnittes der Bahretalbrücke, [18] . . . 21
2.8 Bahretalbrücke – Stahl-Beton-Verbundbrücke bei der Vollfertigteile für die Herstellung der Fahrbahnplatte verwendet wurden – Darstellung des Großkrans und Montage der Fertigteile, [18] . . . 22
a Großkran für das Einheben der Vollfertigteile bei der Bahretalbrücke . . . 22
b Montage der Vollfertigteile mithilfe des Großkrans am Stahllängsträger . 22
2.9 Vollfertigteilplatte auf der Brückenlängskonstruktion mit Aussparungen zur Verbundherstellung, [5] . . . 23
2.10 Vollfertigteilplatte auf der Brückenlängskonstruktion mit beidseitigen Aussparungen zur Verbundherstellung über die gesamte Brückenlänge, [5] . . . 24
2.11 Segment aus dem Fertigteilwerk nach dem Positionieren auf dem Längsträger – wird mit Klebemörtel verspachtelt – runder Dichtungsring dient als Schutz für den Kabelkanal, [5] . . . 24
2.12 Ausführung der Fahrbahnplatte mit verklebten Fertigteilen am Beispiel der Talbrücke Dättwil mit Rohrfachwerk als Längstragwerk, [4] . . . 25
2.13 Ansicht der Bogenbrücke Horsterdamm: Zu sehen sind dabei die Leerverrohrungen, das Haupttragwerk und die verlegten Halbfertigteile, [25] . . . 26
2.14 Eingebaute Halbfertigteile als Schalung für den Aufbeton, [25] . . . 26
2.15 Querschnitt einer Brücke mit zweistegiger Stahllängskonstruktion (I-Träger) und Verwendung von Halbfertigteilen als Schalung für den Aufbeton, (Bild aus Kuhlmann, Ulrike, A. Detzel und G. Hauf: Herstellung und Ausführungsmethoden – Brücken in Verbund- und Mischbauweise) In: [26] . . . 28
2.16 Anschlussdetail des Stahlträgerauflagers, (Bild aus Kuhlmann, Ulrike, A. Detzel und G. Hauf: Herstellung und Ausführungsmethoden – Brücken in Verbund- und Mischbauweise) In: [26] . . . 28
2.17 Auflegen der Großschalelemente mittels Kran, [19] . . . 29
2.18 Verbund-Fertigteil-Träger (VFT) als offener I-Vollschweißträger mit konstanter Bauhöhe, [17] . . . 29



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

2.19 Vollschweißträger mit einer Bauhöhe von 2,65 m, Betonfertigteilflansch mit 3,10 m Breite und einem Verlegegewicht von 80 t am Beispiel der Talbrücke Oberharthmannsreuth, Deutschland, [17] . . . 30
2.20 Prinzipskizze des VFT-Trägers, [1] . . . 31
2.21 Ablaufschema bei der Herstellung des Überbaus der Talbrücke Oberhartmannsreuth, [1] . . . 31
2.22 Ablaufschema bei der Verwendung des Versetzwagens für die Herstellung der Fahrbahnplatte, [24] . . . 32

3.1 Versetzwagen auf den Stahllängsträgern – Fertigteile durch Zugglieder gehalten, [24] 33
3.2 Montageplatz auf der Baustelle – Auflagerung der Halbfertigteile auf den Montageträgern, (Skizze vom Institut für Tragkonstruktionen) . . . 34
3.3 Einbauort auf der Längskonstruktion – Auflagerung der Halbfertigteile auf den Längsträgern, gehalten durch Aufhängungen, (Skizze vom Institut für Tragkonstruktionen) . . . 35
3.4 Einbauort auf der Längskonstruktion – zweite Aufbetonschicht bereits aufgebracht, (Skizze vom Institut für Tragkonstruktionen) . . . 35
3.5 Fertigteile der Fahrbahnplatte eines 25 m Bauabschnittes, (Skizze vom Institut für Tragkonstruktionen) . . . 36
3.6 Querfugen der Halbfertigteile eines 25 m Bauabschnittes, (Skizze vom Institut für Tragkonstruktionen) . . . 37
3.7 Detail – Querfugen der Halbfertigteile, (Skizze vom Institut für Tragkonstruktionen) . . . 37
3.8 Erste Aufbetonschicht am Montageplatz – auf der linken und rechten Seite der Platte die Querfugen als Bauabschnittsfugen, (Skizze vom Institut für Tragkonstruktionen) . . . 38
3.9 Überlappung der Verankerungslängen $l_{bd}$ der beiden Bauabschnitte im rechten Bereich des Bildes, (Skizze vom Institut für Tragkonstruktionen) . . . 38
3.10 Zweite Aufbetonschicht auf die Fahrbahnplatte aufgebracht – Fugen sind vergossen, (Skizze vom Institut für Tragkonstruktionen) . . . 39
3.11 Detaildarstellung der Längsfuge mit groben Abmessungen, (Skizze vom Institut für Tragkonstruktionen) . . . 39
3.12 Prozessablauf bei Fahrbahnplattenherstellung mit dem Versetzwagen . . . 40

4.1 Regelquerschnitt des Verbundschalwagens der Murbrücke Mixnitz, (aus Unterlagen der Firma Doka) . . . 44
4.2 Widerlagerbereich der Murbrücke Mixnitz – Vorbereitende Tätigkeiten vor dem Einheben der drei 5 m Verbundschalwagen-Einheiten auf die Schalwagenstühle, (aus Unterlagen der Firma Doka) . . . 45
4.3 Stahl-Beton-Verbundbrücke Mixnitz über die Mur – konventionelle Schalung der Passbereiche, (aus Unterlagen der Firma Doka) . . . 45
a Passbereich am Widerlager – Herstellung der Schalung mit konventionellem Gerüst . . . 45
b Passbereich beim Pfeiler – konventionelle Schalung zwischen den Stahlträgern im Pfeilerbereich . . . 45

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

4.4 Stahl-Beton-Verbundbrücke bei Mixnitz über die Mur – konventionelle Schalung unterhalb der Brücke im Widerlager- und Pfeilerbereich, (aus Unterlagen der Firma Doka) . . . 46
a Untersicht der Brücke am Widerlager – Schalung gehalten durch konventionelles Gerüst . . . 46
b Untersicht der Brücke im Pfeilerbereich – konventionelle Schalung stützt sich am Flansch der Längsträger ab . . . 46
4.5 Verbundschalwagen der Murbrücke Mixnitz – Kragarmschalung muss am nächsten Betonierabschnitt in Position gebracht werden, (aus Unterlagen der Firma Doka) 47
4.6 Lageplan der Lafnitzbrücke – 2 Brückenklappträger je Seite, [22] . . . 47
4.7 Seitliche Ansicht der Lafnitzbrücke, [22] . . . 48
4.8 Querschnitt der Spannbetonträger der Lafnitzbrücke, (Abbildung vom Institut für Tragkonstruktionen) . . . 48
4.9 Regelquerschnitt des Verbundschalwagens der Lafnitz-Brücke, (aus Unterlagen der Firma Doka) . . . 49
4.10 Ablauf – Herstellung der Längsträger mit dem Brückenklappverfahren bei geringer Pfeilerhöhe, [20] . . . 49

5.1 Prozessablauf bei Einsatz der ortsfesten Kragarmschalung . . . 52
5.2 Prozessablauf bei Einsatz des Verbundschalwagens . . . 54
5.3 Prozessablauf der Teilprozesse beim Aufbau des Verbundschalwagens . . . 55
5.4 Bauzeitplan bei Herstellung der Fahrbahnplatte mit dem Verbundschalwagen . . . 62
5.5 Bauzeitplan bei Herstellung der Fahrbahnplatte mit dem ParaTop-System . . . 67
5.6 Bauzeitplan bei Herstellung der Fahrbahnplatte mit dem Versetzwagen . . . 72
5.7 Betoniervorgang mittels Verbundschalwagen im Pilgerschrittverfahren, (aus Ausschreibungsunterlagen) . . . 77
5.8 Bauzeitplan bei Herstellung der Fahrbahnplatte mit dem Verbundschalwagen . . . 80
5.9 Bauzeitplan bei Herstellung der Fahrbahnplatte mit dem Versetzwagen . . . 86

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

# Tabellenverzeichnis


5.1 Eckdaten des Projektes . . . . . 56
5.2 Berechnung – Aufbau des Verbundschalwagens . . . . . 57
5.3 Berechnung der Herstellung der Fahrbahnplatte mit dem Verbundschalwagen . . 58
5.4 Berechnung – Demontage des Verbundschalwagens . . . . . 59
5.5 Berechnung des Verbundschalwagens mit 16 m . . . . . 59
5.6 Berechnung der Baustellengemeinkosten – Verbundschalwagen . . . . . 61
5.7 Berechnung – Aufbau des ParaTop-Systems . . . . . 63
5.8 Berechnung – Herstellung der Fahrbahnplatte mit dem ParaTop-System . . . . . 64
5.9 Berechnung – Demontage des ParaTop-Systems . . . . . 65
5.10 Berechnung des ParaTop-Systems für 75 m . . . . . 66
5.11 ParaTop-System – Zeitgebundene Kosten der Baustelle . . . . . 67
5.12 Berechnung der Unterschiede bei den Kosten der Herstellung der Fahrbahnplatte mit dem Versetzwagen . . . . . 68
5.13 Veränderung der variablen Kosten beim Versetzwagen . . . . . 70
5.14 Berechnung der Baustellengemeinkosten – Versetzwagen . . . . . 71
5.15 Eckdaten des Projektes . . . . . 72
5.16 Berechnung – Aufbau des Verbundschalwagens . . . . . 73
5.17 Berechnung der Herstellung der Fahrbahnplatte mit dem Verbundschalwagen . . 74
5.18 Berechnung – Demontage des Verbundschalwagens . . . . . 76
5.19 Berechnung der Systemkosten des Verbundschalwagens mit 17 m . . . . . 77
5.20 Berechnung der Baustellengemeinkosten – Verbundschalwagen . . . . . 79
5.21 Berechnung der Unterschiede bei den Kosten der Herstellung der Fahrbahnplatte mit dem Versetzwagen . . . . . 82
5.22 Veränderung der variablen Kosten beim Versetzwagen . . . . . 84
5.23 Berechnung der Baustellengemeinkosten – Versetzwagen . . . . . 85

6.1 Übersicht – Kostenvergleich der Fahrbahnplattenherstellung – Murbrücke Mixnitz 88
6.2 Übersicht – Kostenvergleich der Fahrbahnplattenherstellung – Lafnitz-Brücke . . 90
6.3 Übersicht der Auswertung der Ergebnisse beider Beispielprojekte – Angaben bezogen auf die Kosten des Versetzwagens . . . . . 92



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

# Anhang A

# Berechnungstabellen

## A.1 Murbrücke Mixnitz

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.





# Verbundschalwagen - Ablauf auf der Baustelle und entstehende Kosten

## 1) Aufbau des Verbundschalwagens mit 16,00m (2 Teile zu je 5m, 1 Teil mit 6m) --> ähnlich bei Versetzwagen

| | Beschreibung | Dauer | | Kosten pro Stunde | Kosten | Berechnungen | Anmerkungen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Personalkosten | Vormontage in einer Halle (Nähe) der TOP50 Elemente und Bühnenelemente | 140,00 Std | Mannstunden | 40,00 €/Std | € 5.600,00 | = 140*40 | Bruttomittellohn von der Firma Doka - inklusive Nebenkosten (Kran, Kleinmaterial, usw) |
| | Aufbau des Verbundschalwagens auf der Baustelle: 5 | 45,00 h | Polier+3 Mann=Mischpreis-- | 50,00 €/h | € 9.000,00 | = 4*45*50 | Annahme des MLP (Zimmerer, Maurer, Betonierer, Polier, Auto von Polier, Quartier) --> Mischpreis |
| Personalkosten / Gerätekosten | Arbeitstage mit 4 Mann und 1LKW/HIAB Fahrer - 5 AT zu je 9h/Tag | | 1 Hiab (klein) inkl. Fahrer | 65,00 €/h | € 2.925,00 | = 1*45*65 | Annahme des MLP (inkludiert Hebegerät vorhalten, betreiben (Diesel) und Fahrer) - davon ca. 25€ Gerätekosten - bei kleineren Geräten Anteil geringer |
| | | | | **Summe:** | **€ 17.525,00** | | ähnliche Kosten bei Einsatz des Versetzwagens |

## 2) Herstellung der Fahrbahnplatte in 5 Abschnitten zu je 15m Länge

| | Beschreibung | Dauer/Menge | | Kosten pro X | Kosten | Berechnungen | Anmerkungen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Personalkosten | 25 Arbeitstage mit 4 Mann - 25 AT zu je 9h/Tag | 225,00 h | Polier+3 Mann=Mischpreis | 50,00 €/h | € 45.000,00 | = 4*225*50 | Annahme des MLP - 4 Mann für Bedienung des Verbundschalwagens, Randabschalung, Betonieren, Bewehren |
| Materialkosten | Halbfertigteile: Elementdeckenelemente -7cm - 60m*3,6m | 216,00 m² | | 23,00 €/m² | € 4.968,00 | = 216*23 | Kosten pro m² für Halbfertigteile ohne Bewehrung; 60m sind Halbfertigteile mit 3,6m Breite - Rest ist Passbereich aus Ortbeton, der in den 135m³ inkludiert ist |
| | Ortbeton: Betonieren der Fahrbahnplatte - C30/37/B5 - 135m³ | 135,00 m³ | Betonmenge | 95,00 €/m³ | € 12.825,00 | = 135*95 | besteht aus 85€ für den Beton + 10€ für die Pumpe |
| | Bewehrung für gesamte Fahrbahnplatte - bei Versetzwagen mehr - nur der Mehranteil wird beim Versetzwagen berechnet | | | | | | |
| Personalkosten / Gerätekosten | 12,5 Arbeitstage zu je 9h/Tag - Hebegerät vorhalten - Fahrer mit Gerät wird nur die Hälfte der Zeit bei der Herstellung der Fahrbahnplatte gebraucht - Annahme | 112,50 h | 1 Hiab (klein) inkl. Fahrer | 65,00 €/h | € 7.312,50 | = 1*112.5*65 | Annahme des MLP (inkludiert Hebegerät vorhalten, betreiben (Diesel) und Fahrer) - davon ca. 25€ Gerätekosten - bei kleineren Geräten Anteil geringer |
| | **Schalung der Bereiche ohne Verbundschalwagen - Widerlager & über Pfeilern - gleich bei Verbundschalwagen und ParaTop** | | | | | | Widerlagerbereiche(Dreiecke) konventionell geschalt |
| Materialkosten | Vorhaltung der Schalung | 65,21 m² | | 4,00 €/m² | € 260,84 | | aus Plänen: Trapeze am Widerlager (12,05+9,96 - aus Allplan) und Passbereiche über Pfeilern (6*3,6*2) |
| Personalkosten | Montage der Schalung - 65,21 m² mit Aufwandswert 1,2 h/m² | 78,25 Std | Mannstunden | 50,00 €/m² | € 3.912,60 | = 78,25*50 | Erstaufbau und Letztabbau (Pläne als Abb in Latex) - Mischpreis inklusive Nebenkosten |
| | Beton schon bei 135m³ inkludiert, bei Versetzwagen nicht notwendig, weil Halbfertigteile bei Versetzwagen auch für Passbereiche eingerechnet sind | | | | | | |
| | | | | **Personalkosten:** | **€ 53.412,60** | | variabel - von Dauer abhängig |
| | | | | **Materialkosten:** | **€ 18.053,84** | | billiger wenn mehr Ortbeton |
| | | | | **Gerätekosten:** | **€ 2.812,50** | | variabel - von Dauer abhängig |

## 3) Demontage des Verbundschalwagens

| | Beschreibung | Dauer | | Kosten pro Stunde | Kosten | Berechnungen | Anmerkungen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Personalkosten / Gerätekosten | Zerlegen des Verbundschalwagens auf der Baustelle: 3 Arbeitstage mit 4 Mann und 1LKW/HIAB Fahrer - 3 AT zu je 9h/Tag | 27,00 h | Polier+3 Mann=Mischpreis | 50,00 €/h | € 5.400,00 | = 4*27*50 | Annahme des MLP - gleiche Zusammensetzung wie bei Aufbau |
| | | | 1 Hiab (klein) inkl. Fahrer | 65,00 €/h | € 1.755,00 | = 1*27*65 | Annahme des MLP - ca. 25€ davon Gerätekosten |
| Personalkosten | Zerlegen der Elemente und Bühnen in einer Halle (Nähe) | 55,00 Std | Mannstunden | 40,00 €/h | € 2.200,00 | = 55*40 | Annahme des MLP - gleiche Zusammensetzung wie bei Aufbau |
| | | | | **Summe:** | **€ 9.355,00** | | ähnliche Kosten bei Einsatz des Versetzwagens |
| | --> Teil 1 und 3 bei Versetzwagen ähnlich;nur der zweite Teil bei Versetzwagen anders; Zweiter Teil bei Versetzwagen -- kürzere Zeit bei Personal, dafür doppelt so viel, also kein Unterschied; Materialkosten etwas mehr wegen Halbfertigteilen; Gerätekosten geringer bei weniger Zeit | | | | | | |

TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub
Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.



## Verbundschalwagen mit 16m - Systemkosten

| | Beschreibung | Anzahl | | Kosten pro X | Kosten | Berechnungen | Anmerkungen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| fixe Kosten | Kaufanteil des Materials für Verbundschalwagen (16m) | | fix | | € 5.187,00 | | gleich bei Versetzwagen |
| | Aufgeschweißte Formrohre - 25 Stk je Seite - 2,50€/kg für Stahl mit Schweißen | 50,00 Stk | ca. 10kg je Stk Formrohr, variabel - hier aber fix | 25,00 €/Stk | € 1.250,00 | = 50*25 | gleich bei Versetzwagen, heißt nur dort Auflagerkonstruktion als "Fachbegriff" |
| variable Kosten | Miete des Verbundschalwagens - zwei Monate | 2,00 Mo | variabel | 5742,00 €/Mo | € 11.484,00 | = 2*5742 | bei Versetzwagen geringer, weil kürzere Bauzeit |
| | Stahlstockerl - 170€/Stk - 10 Stk je Seite | 20,00 Stk | variabel | 170,00 €/Stk | € 3.400,00 | = 20*170 | variabel je nach Bedarf - mehr bei Versetzwagen weil alle Stahlstockerl gleichzeitig benötigt werden |
| Zusätzlich fixe Kosten | Antransport (Transportgewicht ca. 28 t) mit 3 LKWs | | fix | | € 2.175,00 | | gleich bei Versetzwagen |
| | Technische Bearbeitung | | fix | | € 5.920,00 | | gleich bei Versetzwagen |
| | Prüffähige Statik | | fix | | € 3.680,00 | | gleich bei Versetzwagen |
| | Rücktransport mit 3 LKWs | | fix | | € 2.175,00 | | gleich bei Versetzwagen |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Preise für Verbundschalwagen von der Firma Doka | **Verbundschalwagen** | **Fixe Kosten** | **€ 20.387,00** |
| Richtmeister - meist im Preis inkludiert und nicht extra - erklärt Personal auf der Baustelle alles - hilft beim richtigen Aufbau des Verbundschalwagens | | **Variable Kosten** | **€ 14.884,00** |

fallen auch bei Einsatz des Versetzwagens in ähnlicher Höhe an, evtl. höher wenn Projekte komplizierter und größer sind

Zeitabhängig bzw. bei Stahlstockerl mengenabhängig - durch Einsatz von Versetzwagen variable Kosten anders

## ParaTop-System für 75m - Systemkosten

| | Beschreibung | Anzahl | | Kosten pro X | Kosten | Berechnungen | Anmerkungen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| fixe Kosten | Kaufanteil des Materials für ParaTop-Schalung (75m) | | fix | | € 21.178,00 | | inkl. Formhölzer bei Kragplatte und Schuhfixierung - 3,60m Breite je ParaTop-Element - 18 Elemente je Seite |
| variable Kosten | Aufschweißung der Schuhfixierung - bauseits | 72,00 Stk | variabel 1 h/Stk | 55,00 €/Std | € 3.960,00 | = 72*1*55 | Aufschweißen von 72 Stk - Anzahl variabel. Annahme: 2 Schuhe je Element je Seite = 18*2*(2 Schuhe)=72 Stk; 55€/Std setzen sich aus Personalkosten inklusive Gerät und Material zusammen |
| variable Kosten | Miete der ParaTop-Schalung - zwei Monate | 2,00 Mo | variabel | 5572,00 €/Mo | € 11.144,00 | = 2*5572 | variabel je nach Dauer |
| Zusätzlich fixe Kosten | Antransport (Transportgewicht ca. 33 t) mit 2 LKWs | | fix | | € 1.450,00 | | |
| | Technische Bearbeitung | | fix | | € 2.180,00 | | |
| | Prüffähige Statik | | fix | | € 1.840,00 | | |
| | Rücktransport mit 2 LKWs | | fix | | € 1.450,00 | | |
| Restwert | nach Einsatz - Teile der Schalhaut wiederverwendbar | | | | € 500,00 | | Annahme von Firma Doka |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Preise für das ParaTop System von der Firma Doka | **ParaTop-System** | **Fixe Kosten** | **€ 27.598,00** |
| Richtmeister - meist im Preis inkludiert und nicht extra - erklärt Personal auf der Baustelle alles - hilft beim richtigen Aufbau des ParaTop Systems | | **Variable Kosten** | **€ 15.104,00** |

Dauer des Projektes egal - evtl. höher bei komplizierteren Projekten

Zeitabhängig / Längenabhängig - variable Kosten je nach Dauer des Projektes

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.





# Baustellengemeinkosten - Verbundschalwagen

## 1) Einrichten der Baustelle - bei allen drei Verfahren gleich angenommen

## 2) Zeitgebundene Kosten der Baustelle

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ***Personalkosten*** | | | | | | |
| | Bauleiter | 2,00 Mo | | | 10500,00 €/Mo | € 21.000,00 | = 2*10500 |
| | Polier | 2,00 Mo | | | 9500,00 €/Mo | € 19.000,00 | = 2*9500 |
| | Techniker | 2,00 Mo | | | 7000,00 €/Mo | € 14.000,00 | = 2*7000 |
| | ***Material- und Gerätekosten*** | | | | | | |
| Materialkosten | Container | | | | | | |
| | 3 Bürocontainer (inkl. Einrichtung und Betrieb) | 2,00 Mo | | 3,00 Stk | 185,00 €/Mo | € 1.110,00 | = 2*3*185 |
| | 2 Mannschaftscontainer (inkl. Einrichtung und Betrieb) | 2,00 Mo | | 2,00 Stk | 115,00 €/Mo | € 460,00 | = 2*2*115 |
| | 1 Sanitärcontainer (inkl. Einrichtung und Betrieb) | 2,00 Mo | | 1,00 Stk | 130,00 €/Mo | € 260,00 | = 2*1*130 |
| | 1 Magazincontainer (inkl. Einrichtung und Betrieb) | 2,00 Mo | | 1,00 Stk | 75,00 €/Mo | € 150,00 | = 2*1*75 |
| | Drehstromaggregat | 2,00 Mo | | 1,00 Stk | 271,00 €/Mo | € 542,00 | = 2*1*271 |
| Gerätekosten | Allgemeine Geräte Kleinbaustelle | 2,00 Mo | | | 1233,95 €/Mo | € 2.467,90 | = 2*1233,95 |
| | Vorhaltung des Hebegerätes sowie Fahrzeug des Poliers sind bereits in den Personalkosten (siehe oben) inkludiert. | | | | | | |
| | ***Sonstiges*** | | | | | | |
| | Strombereitstellungsgebühr - 43AT mit 9h/Tag; | 400,00 kWh/AT | | 43,00 AT | 0,15 €/kWh | € 2.580,00 | = 400*43*0,15 |
| | Wasserverbrauch | | | | | € 1.500,00 | |
| | Müllabfuhrgebühr | | | 2 Monate - 60 Tage - (30Tage/Mo) / (7Tage/Wo) = 4,3 Wo/Monat | | € 954,50 | |
| | Abwassergebühr | | | 2 Monate - 4,3*2 = 8,6 Wo - bei 5 AT/Wo -- 8,6Wo*5AT/Wo = 43 AT | | € 92,90 | |
| | Telefongebühren | | | | | € 59,87 | |
| | Bürokosten | | | | | € 2.000,00 | |
| | Diverses Allgemein | | | | | € 5.000,00 | |
| | *--> alle Positionen sind Annahmen aus K7-Blättern anderer Brückenprojekte* | | | **Summe - zeitgebundene Kosten der Baustelle:** | | **€ 71.177,17** | |

Bezüglich der zeitgebundenen Kosten auf der Baustelle:
Werte aus alten Projekten um 10-15% erhöht! -->
Beispielhaft dargestellt für 2 Monate der Fahrbahnplatte, ist bei allen drei Verfahren vom Aufbau her gleich --> am Ende nur geringer weil kürzere Bauzeit bei Herstellung mit dem Versetzwagen/ParaTop; grundsätzlich 8-15% der gesamten Bausumme - bei kleineren Baustellen ist der Anteil größer, bei größeren Baustellen ist der Prozentsatz kleiner

Annahme 400kWh/d für Verbrauch
Annahme für diese Baustelle - inkl. Wasseranschluss
je nach Dauer - aber Unterschied bei Verlängerung sehr gering
je nach Dauer - aber Unterschied bei Verlängerung sehr gering
je nach Dauer - aber Unterschied bei Verlängerung sehr gering
Annahme - bleibt gleich
Annahme - bleibt gleich

variabel - je nach Dauer der Herstellung der Fahrbahnplatte

## 3) Räumen der Baustelle - bei allen drei Verfahren gleich angenommen

Hier sind Baustellengemeinkosten nur aufgelistet - beispielhaft aus alten K7-Blättern - für die Zeit während der Herstellung der Fahrbahnplatte betrachtet - sind von Größe des Projektes abhängig

Bei zeitgebundenen Kosten: Teil 2 - bei geringerer Bauzeit reduziert sich dieser Anteil bei Versetzwagen und ParaTop.

TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub
Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.



# Versetzwagen - Unterschiede

## Unterschied bei: 2) Herstellung der Fahrbahnplatte in 5 Abschnitten zu je 15m Länge

in Beschreibung des Verfahrens (Kapitel 3) mit 25m Bauabschnitten, aber mit 15m besser vergleichbar!

| | Beschreibung | Dauer | | Kosten pro Stunde | Kosten | Berechnungen | Anmerkungen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Personalkosten | 12,5 Arbeitstage mit zwei Mannschaften zu je 4 Mann - 12,5 AT zu je 9h/Tag - zwei Baubschnitte pro Woche, erster Abschnitt: MO - DO, Zweiter: FR-MO | 112,50 h | (Polier+7 Mann=Mischpreis) --> | 50,00 €/h | € 45.000,00 | = 8*112,5*50 | Annahme des MLP, zwei Mannschaften (1Polier + 7 Mann - da eh ein Mischpreis Unterschied kaum spürbar!) , deshalb gleich wie Verbundschalwagen |
| Materialkosten | Halbfertigteile: Platte Typ 1 - 7cm - 30*2,5*3,6 | 270,00 m² | 30 Stk (Typ1) | 23,00 €/m² | € 6.210,00 | = 270*23 | Halbfertigteilplatten - Mischpreis für die drei Arten bei dieser Brücke - je Abschnitt: PLATTE Typ1: 6Stk*(2,5m*3,6m), PLATTE Typ2: 2Stk*(7,5m*1,62m), PLATTE Typ3: 2Stk*(7,5m*1,23m); Anordnung der Platten in Beschreibung der Diplomarbeit - Kapitel 3; kleinere Platten grundsätzlich etwas teurer, größere etwas billiger |
| | Halbfertigteile: Platte Typ 2 - 7cm - 10*7,5*1,62 | 121,50 m² | 10 Stk (Typ2) | 23,00 €/m² | € 2.794,50 | = 121,5*23 | |
| | Halbfertigteile: Platte Typ 3 - 7cm - 10*7,5*1,23 | 92,25 m² | 10 Stk (Typ3) | 23,00 €/m² | € 2.121,75 | = 92,25*23 | |
| | **Halbfertigteile - Gesamt** | | | | **€ 11.126,25** | | |
| | Ortbeton: Betonieren der Fahrbahnplatte - C30/37/B5 - 120m³ (Abzug: Halbfertigteile ca. 15m³) | 120,00 m³ | Betonmenge | 95,00 €/m³ | € 11.400,00 | = 120*95 | besteht aus 85€ für den Beton + 10€ für die Pumpe |
| | zusätzlich notwendige Bewehrung - Annahme mit 400kg pro 15m Abschnitt | 400,00 kg | je 15m Abschnitt - 5mal | 1,30 €/kg | € 2.600,00 | = 400*5*1,3 | Zusätzlich notwendige Montagebewehrung bei Verwendung des Versetzwagens |
| Personalkosten / Gerätekosten | 6,25 Arbeitstage zu je 9h/Tag - Hebegerät vorhalten - Fahrer mit Gerät wird nur die Hälfte der Zeit bei der Herstellung der Fahrbahnplatte gebraucht - Annahme | 56,25 h | 1 Hiab (klein) inkl. Fahrer | 65,00 €/h | € 3.656,25 | = 1*56,25*65 | Annahme des MLP (inkludiert Hebegerät vorhalten, betreiben (Diesel) und Fahrer) - davon 25€ Gerätekosten - bei größeren Geräten mehr |

| |
|---|
| Annahme: in Passbereichen auch Halbfertigteile |
| Abzug: 0,07*75*1,62+0,07*75*1,23 = ca. 15m³ Halbfertigteile--> Abmessungen siehe Abbildung - Beschreibung des Projektes in Kapitel 4 |

| | |
|---|---|
| **Personalkosten:** | **€ 47.250,00** |
| **Materialkosten:** | **€ 25.126,25** |
| **Gerätekosten:** | **€ 1.406,25** |

variabel - von Dauer abhängig
teurer - ca. 20% im Vergleich zu VSW (wegen Fertigt.)
variabel - von Dauer abhängig

## Unterschied bei: Versetzwagen - Systemkosten - variable Kosten

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| variable Kosten | Miete des Versetzwagens - (zwei Monate minus 12,5 AT) - 1,42 Mo | 1,42 Mo | variabel | 5742,00 €/Mo | € 8.153,64 | = 1,42*5742 | 9 Arbeitstage im zweiten Monat ergeben 0,42 Mo - somit gesamt 1,42 Mo --> Berechnung siehe unten |
| | Stahlstockerl - 170€/Stk - 25 Stk je Seite | 50,00 Stk | variabel | 170,00 €/Stk | € 8.500,00 | = 50*170 | Annahme bei Versetzwagen: alle braucht man, weil man beim letzten Abschnitt vom einen Widerlager zum anderen Widerlager fahren muss |

| | | |
|---|---|---|
| **Versetzwagen** | **Variable Kosten** | **€ 16.653,64** |

**Fixe Kosten gleich siehe Verbundschalwagen**
wegen Stahlstockerl teurer, aber bei längerer Brücke mit längerem Zeitraum wesentlich billiger, weil Miete geringer wird

Zeitdauer bei Versetzwagen geringer - 30/7=4,3Wo/Mo *2 Mo = 8,6 Wo; bei 2 Monaten --> 43 AT siehe oben; Abzug von 12,5AT bleiben im zweiten Monat 9 AT übrig; 9/5=1,8 Wo oder 9*1,4 = 12,6 Tage (7/5 = 1,4) --> durch 12,6/7=1,8 Wo; 1,8Wo/(4,3Wo/Mo) = 0,42 Mo --> somit gesamt 1,42 Mo

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.







| | Unterschied bei: 2) Zeitgebundene Kosten der Baustelle - Versetzwagen | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ***Personalkosten*** | | | | | | |
| | Bauleiter | 1,42 Mo | | 10500,00 €/Mo | € 14.910,00 | = 1,42*10500 | überall kürzere Bauzeit mit 1,42 Mo |
| | Polier | 1,42 Mo | | 9500,00 €/Mo | € 13.490,00 | = 1.42*9500 | |
| | Techniker | 1,42 Mo | | 7000,00 €/Mo | € 9.940,00 | = 1,42*7000 | |
| | ***Material- und Gerätekosten*** | | | | | | |
| Materialkosten | Container | | | | | | |
| | 3 Bürocontainer (inkl. Einrichtung und Betrieb) | 1,42 Mo | 3,00 Stk | 185,00 €/Mo | € 788,10 | = 1,42*3*185 | |
| | 3 Mannschaftscontainer (inkl. Einrichtung und Betrieb) | 1,42 Mo | 3,00 Stk | 115,00 €/Mo | € 489,90 | = 1,42*3*115 | ein Mannschaftscontainer mehr - größere Mannschaft |
| | 1 Sanitärcontainer (inkl. Einrichtung und Betrieb) | 1,42 Mo | 1,00 Stk | 130,00 €/Mo | € 184,60 | = 1,42*1*130 | |
| | 1 Magazincontainer (inkl. Einrichtung und Betrieb) | 1,42 Mo | 1,00 Stk | 75,00 €/Mo | € 106,50 | = 1,42*1*75 | |
| | Drehstromaggregat | 1,42 Mo | | 271,00 €/Mo | € 384,82 | = 1,42*271 | |
| Gerätekosten | Allgemeine Geräte Kleinbaustelle | 1,42 Mo | | 1233,95 €/Mo | € 1.752,21 | = 1,42*1233,95 | |
| | Vorhaltung des Hebegerätes sowie Fahrzeug des Poliers sind bereits in den Personalkosten (siehe oben) inkludiert. | | | | | | |
| | ***Sonstiges*** | | | | | | |
| | Strombereitstellungsgebühr - 30,5 AT mit 9h/Tag; | 400,00 kWh/AT | 30,50 AT | 0,15 €/kWh | € 1.830,00 | = 400*30,5*0,15 | Annahme 400kWh/AT an Verbrauch |
| | Wasserverbrauch | | | | € 1.500,00 | | |
| | Müllabfuhrgebühr | | 2 Monate - 60 Tage - (30Tage/Mo) / (7Tage/Wo) = 4,3 Wo/Monat | | € 954,50 | | je nach Dauer - bei ca. 13 Tagen weniger Bauzeit gleich angenommen - nur bei größerer Zeitdifferenz Unterschied merkbar |
| | Abwassergebühr | | 2 Monate - 4,3*2 = 8,6 Wo/Mo - bei 5 AT/Wo --> | | € 92,90 | | |
| | Telefongebühren | | Abzug von 12,5 AT --> somit 30,5 AT | | € 59,87 | | |
| | Bürokosten | | | | € 2.000,00 | | |
| | Diverses Allgemein | | | | € 5.000,00 | | |
| | *--> alle Positionen sind Annahmen aus K7-Blättern anderer Brückenprojekte* | | **Summe - zeitgebundene Kosten der Baustelle:** | | **€ 53.483,40** | | variabel - je nach Dauer der Herstellung der Fahrbahnplatte |

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.



# ParaTop-System - Ablauf auf der Baustelle und entstehende Kosten

## 1) Aufbau des ParaTop-Systems mit 3,60 m Breite pro Element (36 Elemente)

| | Beschreibung | Dauer | | Kosten pro Stunde | Kosten | Berechnungen | Anmerkungen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| in der Halle | Vormontage der Trägerschalungsgespärre - 300 Mannstunden in der Halle (Nähe) | 300,00 h | Mannstunden | 40,00 €/Std | € 12.000,00 | = 300*40 | Bruttomittellohn inkl. Nebenkosten (Kran, Kleinmaterial, ...) Voraussetzung ist eine Hebegerät + Schlaufen/Umsetzgabel - Vormontage in Halle |
| Personalkosten / Gerätekosten | Annahme von 22,5h - Vorhaltung von kleinem Hiab während den 5 AT - für das Einheben & während bei Vormontage für sämtliche Hilfstätigkeiten | 22,50 h | 1 Hiab (klein) inkl. Fahrer | 65,00 €/Std | € 1.462,50 | = 22,5*65 | Annahme eines kleinen Hebegeräts für 22,5h - davon ca. 40€ immer Personalkosten - 25€ Gerätekosten |
| | Einheben und Einrichten der Elemente - 160 Mannstunden (9h/Tag mit 4 Mann) - Annahme mit rund 5AT für Bauzeitangabe | 40,00 h | 4 Mann (Polier+3 Mann) | 50,00 €/h | € 8.000,00 | = 4*40*50 | Annahme des MLP (vier Mann - 1 Polier+3 Mann) --> für alle anderen Tätigkeiten - Einheben, Einrichten, Befestigen usw. |
| | Vorhaltung eines 80 t Autokrans während den 5 AT beim Einheben - Annahme von 25h Einsatzzeit während den fünf Arbeitstagen | 25,00 h | 1 Autokran inkl. Fahrer | 100,00 €/h | € 2.500,00 | = 25*100 | Annahme eines 80t Kran mit 37,5m Teleskopausleger und 2t Gewicht an maximalen Stelle - 60% Gerätekosten, 40% Personalkosten - 25h Einsatzzeit als Annahme zum Einheben |
| | | | | **Summe:** | **€ 23.962,50** | | |

## 2) Herstellung der Fahrbahnplatte - ganze Brücke mit 75m geschalt

| | Beschreibung | Dauer/Menge | | Kosten pro X | Kosten | Berechnungen | Anmerkungen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Personalkosten | 15 Arbeitstage mit 5 Mann - 15 AT zu je 9h/Tag (3 Wochen) | 135,00 h | Polier+4 Mann=Mischpreis | 50,00 €/h | € 33.750,00 | =5*135*50 | Annahme des MLP - im Schnitt 5 Mann für Schalen, Bewehren, Randabschalung, Betonieren - bei Betonieren am meisten, an anderen Tagen aber dafür weniger |
| Materialkosten | Halbfertigteile: Elementdeckenelemente -7cm - 60m*3,6m | 216,00 m² | | 23,00 €/m² | € 4.968,00 | = 216*23 | Kosten pro m² für Halbfertigteile ohne Bewehrung; 60m sind Halbfertigteile mit 3,6m Breite - Rest ist Passbereich aus Ortbeton, der in den 135m³ inkludiert ist - gleich wie VSW |
| | Ortbeton: Betonieren der Fahrbahnplatte - C30/37/B5 - 135m³ - an einem Tag ganze Brücke mit 75m betoniert | 135,00 m³ | Betonmenge | 95,00 €/m³ | € 12.825,00 | = 135*95 | besteht aus 85€ für den Beton + 10€ für die Pumpe - gleich wie VSW |
| | Bewehrung - nur bei Versetzwagen mehr - Mehranteil wird beim Versetzwagen berechnet - bei ParaTop-System gleich wie bei VSW | | | | | | |
| Personalkosten / Gerätekosten | 7,5 Arbeitstage zu je 9h/Tag - Hebegerät vorhalten - Fahrer mit Gerät wird nur die Hälfte der Zeit bei der Herstellung der Fahrbahnplatte gebraucht - Annahme | 67,50 h | 1 Hiab (klein) inkl. Fahrer | 65,00 €/h | € 4.387,50 | = 67,5*65 | Annahme eines kleinen Hebegeräts für 67,5h während der Herstellung der Fahrbahnplatte - davon ca. 40€ immer Personalkosten - 25€ somit Gerätekosten - kleines Hebegeärt reicht aus |
| | **Schalung der Bereiche ohne ParaTop bzw. ohne Halbfertigteilplatten - Widerlager & über Pfeilern - gleich wie bei VSW** | | | | | | |
| Materialkosten | Vorhaltung der Schalung | 65,21 m² | | 4,00 €/m² | € 260,84 | = 65,21*4 | aus Plänen: Trapeze am Widerlager (12,05+9,96 - aus Allplan) und Passbereiche über Pfeilern (6*3,6*2) |
| Personalkosten | Montage der Schalung - 65,21 m² mit Aufwandswert 1,2 Std/m² = 78,25 Std | 78,25 Std | Mannstunden | 50,00 €/m² | € 3.912,60 | = 78,25*50 | Erstaufbau und Letztabbau (Pläne als Abb in Latex) - Mischpreis inklusive Nebenkosten |
| | Beton für konventionellen Schalungsbereich schon bei 135m³ inkludiert. | | | **Personalkosten:** | **€ 40.362,60** | | variabel - von Dauer abhängig |
| | | | | **Materialkosten:** | **€ 18.053,84** | | gleich wie VSW |
| | | | | **Gerätekosten:** | **€ 1.687,50** | | variabel - von Dauer abhängig |

ParaTop - Vorhaltezeit laut Hersteller 2 Monate - allerdings durch schnellere Herstellung im Vergleich zum Verbundschalwagen - 9 AT Ersparnis - dies wird um schlüssig zu bleiben in den zeitgebundenen Kosten berücksichtigt: Verbundschalwagen - 43 AT in 2 Monaten, davon 33 AT beim Ablauf auf der Baustelle - somit 10 AT bei allen drei Verfahren, die unabhängig vom Ablauf bei der Herstellung der Fahrbahnplatte vorgehalten werden - bei ParaTop: 5 AT Aufbau, 15 AT Herstellung der Fahrbahnplatte, 4 AT Demontage = 24AT - inkl. der 10AT = 34 AT Vorhaltung des ParaTop-Systems; somit 9 AT weniger im Vergleich zu den 43AT in 2 Monaten beim VSW - somit bleiben bei Abzug der 9 AT von einem Monat von 21,5 AT noch 12,5 AT übrig für das zweite Monat; 12,5*1,4 = 17,5 Tage (nicht AT!) --> 17,5/7 = 2,5 Wo; 2,5Wo/(4,3Wo/Mo) = 0,58 Mo --> somit 1,58 Mo bei ParaTop-System

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.







## 3) Demontage des ParaTop-Systems

| | Beschreibung | Dauer | | Kosten pro Stunde | Kosten | Berechnungen | Anmerkungen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Personalkosten / Gerätekosten | Ausschalen der Elemente und Entfernen der losen Teile - 90 Mannstunden lose Teile ausbauen - Annahme von 4 Mann zu je 22,5h - somit 2,5 AT | 22,50 h | Polier+3 Mann | 50,00 €/h | € 4.500,00 | = 4*22,5*50 | Annahme des MLP (vier Mann - 1 Polier+3 Mann) --> für alle Tätigkeiten |
| | Annahme von 36h Vorhaltung von kleinem Hiab während Ausschalen und Ausheben der ParaTop-Elemente | 36,00 h | 1 Hiab (klein) inkl. Fahrer | 65,00 €/h | € 2.340,00 | = 30*65 | Annahme eines kleinen Hebegeräts für 30h - davon ca. 40€ immer Personalkosten - 25€ sind Gerätekosten |
| | 25 Mannstunden fürs Ausheben der vormontierten Teile -für gesamte Brücke --> rund 1,5 AT mit zwei Mann und 9h pro Tag | 12,50 h | 2 Mann | 50,00 €/h | € 1.250,00 | = 2*12,5*50 | Voraussetzung - Hebegerät mit Umsetzgabel |
| in der Halle | Zerlegen der montierten Gespärreeinheiten in der Halle in der Nähe - 190 Mannstunden | 190,00 Std | Mannstunden | 40,00 €/h | € 7.600,00 | = 190*40 | Bruttomittellohn inkl. Nebenkosten (Kran, Kleinmaterial, ...) Voraussetzung ist eine Hebegerät + Schlaufen/Umsetzgabel - Vormontage in Halle |
| | | | | **Summe:** | **€ 15.690,00** | | |

## Unterschied bei: 2) Zeitgebundene Kosten der Baustelle - ParaTop-System

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ***Personalkosten*** | | | | | | |
| | Bauleiter | 1,58 Mo | | 10500,00 €/Mo | € 16.590,00 | = 1,58*10500 | überall kürzere Bauzeit mit 1,58 Mo --> ParaTop-System wurde zwar für zwei Monate vorgehalten, aber aufgrund der Verkürzung durch schnelle Ausführung konnten 9 AT gespart werden, um schlüssig mit den zwei anderen Verfahren zu bleiben wurde diese Zeit berücksichtigt! |
| | Polier | 1,58 Mo | | 9500,00 €/Mo | € 15.010,00 | = 1.58*9500 | |
| | Techniker | 1,58 Mo | | 7000,00 €/Mo | € 11.060,00 | = 1,58*7000 | |
| | ***Material- und Gerätekosten*** | | | | | | |
| Materialkosten | Container | | | | | | |
| | 3 Bürocontainer (inkl. Einrichtung und Betrieb) | 1,58 Mo | 3,00 Stk | 185,00 €/Mo | € 876,90 | = 1,58*3*185 | |
| | 3 Mannschaftscontainer (inkl. Einrichtung und Betrieb) | 1,58 Mo | 2,00 Stk | 115,00 €/Mo | € 363,40 | = 1,58*2*115 | |
| | 1 Sanitärcontainer (inkl. Einrichtung und Betrieb) | 1,58 Mo | 1,00 Stk | 130,00 €/Mo | € 205,40 | = 1,58*1*130 | |
| | 1 Magazincontainer (inkl. Einrichtung und Betrieb) | 1,58 Mo | 1,00 Stk | 75,00 €/Mo | € 118,50 | = 1,58*1*75 | |
| | Drehstromaggregat | 1,58 Mo | | 271,00 €/Mo | € 428,18 | = 1,58*271 | |
| Gerätekosten | Allgemeine Geräte Kleinbaustelle | 1,58 Mo | | 1233,95 €/Mo | € 1.949,64 | = 1,58*1233,95 | |
| | Vorhaltung des Hebegerätes sowie Fahrzeug des Poliers sind bereits in den Personalkosten (siehe oben) inkludiert. | | | | | | |
| | ***Sonstiges*** | | | | | | |
| | Strombereitstellungsgebühr - 34 AT mit 9h/Tag; | 400,00 kWh/AT | 34,00 AT | 0,15 €/kWh | € 2.040,00 | = 400*34*0,15 | Annahme 400kWh/AT an Verbrauch |
| | Wasserverbrauch | | | | € 1.500,00 | | |
| | Müllabfuhrgebühr | | 2 Monate - 60 Tage - (30Tage/Mo) / (7Tage/Wo) = | | € 954,50 | | je nach Dauer - bei 9 Tagen weniger Bauzeit vermutlich gleich - nur bei größerer Zeitdifferenz ist der Unterschied merkbar! |
| | Abwassergebühr | | 2 Monate - 4,3*2 = 8,6 Wo/Mo - bei 5 AT/Wo --> | | € 92,90 | | |
| | Telefongebühren | | Abzug von 9 AT --> somit 34 AT | | € 59,87 | | |
| | Bürokosten | | | | € 2.000,00 | | |
| | Diverses Allgemein | | | | € 5.000,00 | | |
| | *--> alle Positionen sind Annahmen aus K7-Blättern anderer Brückenprojekte* | | **Summe - zeitgebundene Kosten der Baustelle:** | | **€ 58.249,29** | | variabel - je nach Dauer der Herstellung der Fahrbahnplatte |

## Übersicht - Kostenvergleich der Fahrbahnplattenherstellung - Murbrücke Mixnitz

gleich
günstiger

| | | ParaTop-System | Verbundschalwagen (VSW) | Versetzwagen |
|---|---|---|---|---|
| **Ablauf auf der Baustelle** | | | | |
| Aufbau der Systeme | | € 23.962,50 | € 17.525,00 | € 17.525,00 |
| **Herstellung der Fahrbahnplatte** | | | | |
| Personalkosten | | € 40.362,60 | € 53.412,60 | € 47.250,00 |
| Materialkosten | Halbfertigteile | € 4.968,00 | € 4.968,00 | € 11.126,25 |
| | Ortbeton | € 12.825,00 | € 12.825,00 | € 11.400,00 |
| Materialkosten | Gesamt | € 18.053,84 | € 18.053,84 | € 22.526,25 |
| Gerätekosten | | € 1.687,50 | € 2.812,50 | € 1.406,25 |
| SUMME - Herstellung der Fahrbahnplatte | | € 77.896,94 | € 92.071,94 | € 93.708,75 |
| Demontage der Systeme | | € 15.690,00 | € 9.355,00 | € 9.355,00 |
| SUMME - Ablauf auf der Baustelle | | € 117.549,44 | € 118.951,94 | € 120.588,75 |
| **Kosten der Systeme** | | | | |
| fixe Kosten | | € 27.598,00 | € 20.387,00 | € 20.387,00 |
| variable Kosten | | € 15.104,00 | € 14.884,00 | € 16.653,64 |
| **Baustellengemeinkosten** | | | | |
| Einrichten der Baustelle | | X | X | X |
| Zeitgebundene Kosten | | € 58.249,29 | € 71.177,17 | € 53.483,40 |
| Räumen der Baustelle | | X | X | X |
| **GESAMT** | | **€ 218.500,73** | **€ 225.400,11** | **€ 211.112,79** |
| Baustelleneinrichtungsfläche | | 100% | 100% | 105% |

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

## A.2 Lafnitz-Brücke

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub
Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.



# Verbundschalwagen - Ablauf auf der Baustelle und entstehende Kosten - für zwei Richtungsfahrbahnen

## 1) Aufbau des Verbundschalwagens mit 17,00m Schalungslänge (15m Betonierlänge)

| | Beschreibung | Dauer | | Kosten pro Stunde | Kosten | Berechnungen | Anmerkungen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Personalkosten / Gerätekosten | Aufbau des Verbundschalwagens auf der Baustelle: 5 Mann mit 10h/Tag für 5 Arbeitstage | 50,00 h | Polier+4 Mann=Mischpreis | 41,00 €/h | € 10.250,00 | = 5*50*41 | 5 Mann zu je 10h/Tag - 5 Arbeitstage Aufbau - Annahme von 41€/h Bruttomittellohn |
| | | | 1 x 60t Autokran + Fahrer | 90,00 €/h | € 4.500,00 | = 50*90 | 60 t Autokran mit 50 Einsatzstunden für den Aufbau - Annahme von 90€/h für den Autokran |
| | | | | **Summe:** | **€ 14.750,00** | | ähnliche Kosten bei Einsatz des Versetzwagens |

## 2) Herstellung der Fahrbahnplatte in 14 Abschnitten zu je 15m Länge (2 x 105m) - für beide Richtungsfahrbahnen

| | Beschreibung | Dauer/Menge | | Kosten pro X | Kosten | Berechnungen | Anmerkungen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Personalkosten | Herstellung der Fahrbahnplatte in 35 Arbeitstagen mit 2,5 Mann - 35 AT zu je 10h/Tag - zweimal für beide Richtungsfahrbahnen - somit 70 AT - inklusive ein Tag für Umsetzen des Verbundschalwagens --> 71 AT | 710,00 h | Polier (Hälfte der Zeit) +2 Mann=Mischpreis | 41,00 €/h | € 72.775,00 | = 2,5*710*41 | Bruttomittellohn gleich angenommen trotz Mannschaftsreduzierung - 2,5 Mann für Bedienung des Verbundschalwagens, Randabschalung, Betonieren, Bewehren - aus Vergleichsgründen |
| | Randbereiche für Anschluss an Widerlager benötigt weitere 4 Wochen - 20 AT zu je 10h/Tag mit 5 Mann | 200,00 h | Polier+4 Mann=Mischpreis | 41,00 €/h | € 41.000,00 | = 5*200*41 | 4 Randbereiche am Widerlager zu jeweils einer Woche - somit 20 AT mit 5 Mann und 10h/Tag |
| Materialkosten | Ortbeton: Betonieren der Fahrbahnplatte - C30/37/B5 - 1093 m³ - beide Richtungsfahrbahnen | 1093,00 m³ | Betonmenge | 100,00 €/m³ | € 109.300,00 | = 1093*100 | besteht aus 90€ für den Beton + 10€ für die Pumpe - Berechnung aus 2035m³ für beide Brücken - Lafnitz (115m) & Lahnbach (101m) --> Lafnitz-Anteil = 1093m³ |
| | Bewehrung für gesamte Fahrbahnplatte aktuell noch nicht bekannt - bei Versetzwagen wird nur den Mehranteil der Bewehrung berechnet | | | | | | |
| Personalkosten / Gerätekosten | Hebegerät - selbe Zeitdauer wie die Miete der Verbundschalwagen - 190h/Monat für 6,5 Monate | 1235,00 h | 1 LKW/HIAB Fahrer | 70,00 €/h | € 86.450,00 | = 1235*70 | Annahme eines 3-Achs-LKWs mit HIAB für 190h/Monat für 6,5 Monate, rund 40€ davon Personalkosten, 30€ Gerätekosten |
| | **Schalung am Widerlager - 3-eckige Randflächen** | | | | | | |
| Materialkosten | Miete für Unterkonstruktion Staxo 100 - 4 Monate insgesamt - 2 x vorhalten | 4,00 Mo | Monate | 1385,00 €/Mo | € 11.080,00 | = 2*4*1385 | Staxo 100 - für ca. 65m² (eine Widerlagerseite) mit 9m Höhe = 575m³; Annahme: Vorhaltung von zwei Widerlagerseiten gleichzeitig |
| | Technische Bearbeitung - Staxo 100 | 2 | zweimal je Objekt | 650,00 €/Rb | € 1.300,00 | = 2*650 | Angabe in €/Randbereich; laut Annahme der Firma Doka - Ansatz zweimal pro Objekt ausreichend |
| | Kaufanteil für Oberkonstruktion Top 50 - einmal je Widerlagerseite & Annahme: 20% für zweite Richtungsfahrbahn ansetzen | 2 | zweimal für eine Richtungsfahrbahn | 1470,00 € | € 3.528,00 | = 2*1470*1,2 | zweimal Kaufanteil für eine Richtungsfahrbahn (RFB) - aus Angaben der Firma Doka kann für zweite RFB 80% der Schalungsteile wiederverwendet werden; deshalb grobe Abschätzung des Kaufanteils: 20% Erhöhung der Kosten um für beide RBFen auszusorgen |
| | Miete für Oberkonstruktion Top 50 - 4 Monate insgesamt - 2 x vorhalten | 4,00 Mo | Monate | 330,00 €/Mo | € 2.640,00 | = 2*4*330 | Oberkonstruktion Top 50 (lose) auf Unterstellung des Traggerüsts Staxo 100 - Annahme: Vorhaltung von zwei Widerlagerseiten für 4 Monate insgesamt |
| | Technische Bearbeitung - Top50 | 2 | zweimal je Objekt | 150,00 €/Rb | € 300,00 | = 2*150 | Angabe in €/Randbereich; laut Annahme der Firma Doka - Ansatz zweimal pro Objekt ausreichend |
| | Antransport mit einem LKW Zug - 14,3 t (zwei Widerlagerseiten) | | | | € 530,00 | | Angaben der Firma Doka; (4,3t (Staxo100) + 3t (Top50)) = 7,3t --> zweimal: 7,3*2=14,6 t |
| | Randabschalungen | | | | € 1.600,00 | | Angaben der Firma Doka |
| | Stirnabschalungen | | | | € 2.840,00 | | Angaben der Firma Doka |
| | | | | **Personalkosten:** | **€ 163.175,00** | | |
| | | | | **Materialkosten:** | **€ 133.118,00** | | |
| | | | | **Gerätekosten:** | **€ 37.050,00** | | |

TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub
Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.







### 3) Demontage des Verbundschalwagens

| | Beschreibung | Dauer | | Kosten pro Stunde | Kosten | Berechnungen | Anmerkungen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Personalkosten / Gerätekosten | Demontage des Verbundschalwagens auf der Baustelle: 5 Mann mit 10h/Tag für 3 Arbeitstage | 30,00 h | Polier+4 Mann=Mischpreis | 41,00 €/h | € 6.150,00 | = 5*30*41 | 5 Mann zu je 10h/Tag - 3 Arbeitstage Demontage - Annahme von 41€/h Bruttomittellohn |
| | | | 1 x 60t Autokran + Fahrer | 90,00 €/h | € 2.700,00 | = 30*90 | 60 t Autokran mit 30 Einsatzstunden für die Demontage - Annahme von 90€/h für den Autokran |
| | | | | **Summe:** | **€ 8.850,00** | | ähnliche Kosten bei Einsatz des Versetzwagens |

## Verbundschalwagen mit 17m - Systemkosten - beide Richtungsfahrbahnen

| | Beschreibung | Anzahl | | Preis | Kosten | Berechnungen | Anmerkungen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| fixe Kosten | Kaufanteil für Schalhaut, Formhölzer, Sonderteile, Schrauben, ... | | fix | | € 27.940,00 | | |
| | Kaufanteil für verlorene Ankerteile | | fix | | € 1.655,00 | | dienen der Aufhängung der Innenschalung zwischen den Stegen |
| | Dübelmontage der Formrohre für Schalwagenstühle - 84 Stk - 6 Stk pro Längsträger pro Abschnitt (2,5m Abstand) - zweimal, für beide Richtungsfahrbahnen notwendig | 168,00 Stk | fix 1 h/Stk | 55,00 €/Std | € 9.240,00 | = 168*1*55 | Ausführung als Aussparung im Längsbalken mit späterem Verguss oder Dübelmontage; Annahme: Dübelmontage mit 1h/Stk & 55€/Std; gleich bei Versetzwagen, aber Fachbegriff: Auflagerkonstruktion |
| variable Kosten | Miete des Verbundschalwagens - 3,25 Monate pro Richtungsfahrbahn | 6,50 Mo | variabel | 12490,00 €/Mo | € 81.185,00 | = 6,5*12490 | 6,5 Monate - Vorhaltung eines Schalwagens für diese Zeit, weil einer für beide Richtungsfahrbahnen verwendet wird |
| | Schalwagenstühle - 200€/Stk - 30 Stk pro Längsträger notwendig - für zwei Längsträger (bei beiden Richtungsfahrbahnen werden die gleichen Schalwagenstühle verwendet) | 60,00 Stk | variabel | 200,00 €/Stk | € 12.000,00 | = 60*200 | Laut Angabe muss von BA4 bis BA5 gefahren werden - 5 Abschnitte - somit 6 Schalwagenstühle pro Längsträger pro Abschnitt - alle 2,5m (variabel je nach Bedarf - mehr bei Versetzwagen ) |
| Zusätzlich fixe Kosten | Antransport (Transportgewicht ca. 50 t) | | fix | | € 2.990,00 | | |
| | Technische Bearbeitung | | fix | | € 7.920,00 | | |
| | Prüffähige Statik | | fix | | € 6.800,00 | | |
| | Vormontage Fertigservice (Top50 Elemente + Bühnen) | | fix | | € 10.895,00 | | ersetzt die Vormontage auf der Baustelle |
| | Demontage Fertigservice (Top50 Elemente + Bühnen) | | fix | | € 6.580,00 | | ersetzt die Zerlegung in Einzelteile auf der Baustelle |
| | Rücktransport | | fix | | € 2.460,00 | | |

| |
|---|
| Preise für Verbundschalwagen der Firma Doka |
| Richtmeister - meist im Preis inkludiert und nicht extra - erklärt Personal auf der Baustelle alles - hilft beim richtigen Aufbau des Verbundschalwagens |

| | | |
|---|---|---|
| **Verbundschalwagen** | **Fixe Kosten** | **€ 76.480,00** |
| | **Variable Kosten** | **€ 93.185,00** |

fallen bei Einsatz des Versetzwagens in ähnlicher Höhe an

Zeitabhängig bzw. bei Stahlstockerl mengenabhängig - durch Einsatz von Versetzwagen Unterschied bei variablen Kosten

TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub
Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.



# Baustellengemeinkosten - Verbundschalwagen

## 1) Einrichten der Baustelle - bei beiden Verfahren gleich angenommen

## 2) Zeitgebundene Kosten der Baustelle

***Personalkosten***

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Bauleiter Betonbau | 6,50 Mo | Bauzeit Fahrbahnplatte | 10000,00 €/Mo | € 65.000,00 | = 6,5*10000 | 14 Monate Gesamtbauzeit für den Betonbau - 6,5 Monate davon wird der Verbundschalwagen für die Lafnitzbrücke verwendet - bei Angestellten, die kürzer als 14 Monate anwesend sind, wird die Zeit anteilsmäßig eingerechnet |
| Bauleiter Erdbau - 6 von 14 Monate Bauzeit anwesend | 2,79 Mo | = (6/14)*6,5 | 10000,00 €/Mo | € 27.857,14 | = 2,79*10000 | |
| Techniker | 6,50 Mo | Bauzeit Fahrbahnplatte | 8000,00 €/Mo | € 52.000,00 | = 6,5*8000 | |
| Polier Betonbau | 6,50 Mo | Bauzeit Fahrbahnplatte | 10000,00 €/Mo | € 65.000,00 | = 6,5*10000 | |
| Polier Erdbau - 6 von 14 Monate Bauzeit anwesend | 2,79 Mo | = (6/14)*6,5 | 10000,00 €/Mo | € 27.857,14 | = 2,79*10000 | |

***Material- und Gerätekosten***

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Container | | | | | | |
| 5 Bürocontainer (inkl. Einrichtung und Betrieb) | 6,50 Mo | 5,00 Stk | 222,00 €/Mo | € 7.215,00 | = 6,5*5*222 | Containerkosten um rund 20% erhöht im Vergleich zur Murbrücke MIxnitz |
| 3 Mannschaftscontainer (inkl. Einrichtung und Betrieb) | 6,50 Mo | 3,00 Stk | 138,00 €/Mo | € 2.691,00 | = 6,5*3*138 | |
| 2 Sanitärcontainer (inkl. Einrichtung und Betrieb) | 6,50 Mo | 2,00 Stk | 156,00 €/Mo | € 2.028,00 | = 6,5*2*156 | |
| 3 Magazincontainer (inkl. Einrichtung und Betrieb) | 6,50 Mo | 3,00 Stk | 90,00 €/Mo | € 1.755,00 | = 6,5*3*90 | |
| 3 Drehstromaggregate - 10 kVA - müssen jede Woche aufgefüllt werden - 1500€/Mo/Stk | 6,50 Mo | 3,00 Stk | 1500,00 €/Mo | € 29.250,00 | = 6,5*3*1500 | Kosten zzgl. Instandhaltung, Kraftstoff, Öl, Schleifen, Verschleiß, Reinigung |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Allgemeine Geräte der Baustelle | 6,50 Mo | | 1480,74 €/Mo | € 9.624,81 | = 6,5*1480,74 | Gerätekosten um rund 20% erhöht |
| Hebegerät für Betonbau - Autokran für 6,5 Monate und 200h/Mo mit 85€/h | 1300,00 h | 1,00 Stk | 85,00 €/h | € 110.500,00 | = 1300*1*85 | Annahme eines weiteren Hebegerätes - zuständig für diverse Tätigkeiten des gesamten Bauloses |
| Fahrzeuge Baustellenpersonal | 6,50 Mo | 8,00 Stk | 2500,00 €/Mo | € 130.000,00 | = 6,5*8*2500 | getrennt angeführt - nicht in Gehalt des Personals |
| Vorhaltung eines weiteren Hebegerätes für die Herstellung der Fahrbahnplatte bereits in den Personal-/Gerätekosten (Ablauf) inkludiert. | | | | | | |

***Sonstiges***

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Stromverbrauch | | | | | nicht wesentlich lt. Angabe der Baufirma |
| Wasserverbrauch | | | | | |
| Müllabfuhrgebühr | | | | | |
| Abwassergebühr | | | | | Annahme für diese Baustelle pauschal - je nach Dauer der Baustelle unterschiedlich - aber Unterschied bei Verlängerung eher gering - gleichbleibend angenommen |
| Telefongebühren | | | | | |
| Bürokosten | | | | | |
| Diverses Allgemein | | Sonstiges - Gesamt | | € 80.000,00 | |

| | | |
|---|---|---|
| *--> alle Positionen sind Annahmen aus K7-Blättern anderer Brückenprojekte & aktuelle Angaben aus der Bauwirtschaft* | **Summe - zeitgebundene Kosten der Baustelle:** | **€ 610.778,10** |

variabel - je nach Dauer der Herstellung der Fahrbahnplatte

## 3) Räumen der Baustelle - bei beiden Verfahren gleich angenommen

Grundsätzlich soll die Summe dieser Tabelle (zeitgebundene Kosten der Baustelle) im Bereich von 7-10% der Gesamtautragssumme liegen - es wurde durchgerechnet für 14 Monate (Betonbau) - mit einem Ergebnis von rund 1.435.000 € befindet man sich bei rund 8,3% der Gesamtauftragssumme (17,3 Mio.) - dafür wurde das eine Hebegerät beim Ablauf für diese Zwischenberechnung mit 6,5 Monaten, 190h/Monat und 70€/h inkludiert, weil dieses Gerät normalerweise zu den zeitgebundenen Kosten gehört; Um einen besseren Überblick zu behalten wird das Hebegerät in den Kosten beim Ablauf der Baustelle belassen und nur für die Kontrolle hier eingerechnet.

TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub
Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.





# Versetzwagen - Unterschiede

## Unterschied bei: 2) Herstellung der Fahrbahnplatte in 14 Abschnitten zu je 15m Betonierlänge

| | Beschreibung | Dauer | | Kosten pro Stunde | Kosten | Berechnungen | Anmerkungen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Personalkosten | 17,5 Arbeitstage mit zwei Mannschaften zu je 5 Mann zu je 10h/Tag - zweimal aufgrund von zwei Richtungsfahrbahnen = 35 AT --> zusätzlich Umsetzen des Versetzwagens an einem Arbeitstag - 36AT - 36*10 = 360h pro Mann | 360,00 h | zwei Mannschaften bestehend aus Polier+9 Mann=Mischpreis | 41,00 €/h | € 147.600,00 | = 10*360*41 | Voraussetzung - zwei Baubschnitte pro Woche: 1.Abschnitt ca. MO - DO, 2.Abschnitt ca. FR-MO; Annahme des gleichen Bruttomittellohn wie beim Verbundschalwagen, zwei Mannschaften aber Mischpreis gleich weil Unterschied kaum spürbar |
| | Randbereiche für Anschluss an Widerlager - 20 AT - selbe Kosten wie bei Verbundschalwagen | | | | € 41.000,00 | | gleich wie bei Verbundschalwagen |
| Materialkosten | Halbfertigteile: Platte Typ 1 - 7cm - 42*(2,5*7) pro Abschnitt | 735,00 m² | 42 Stk (Typ1) pro Richtungsfahrbahn | 23,00 €/m² | € 33.810,00 | = 735*23*2 | Halbfertigteilplatten - Mischpreis für Annahme von zwei Arten bei dieser Brücke - je Abschnitt: PLATTE Typ1: 6Stk*(2,5m*7m), PLATTE Typ2: 4Stk*(7,5m*2,475m) für beide Kragarme; Annahme vereinfacht: Vouten der Längskonstruktion sind unberücksichtigt, da es sonst sehr viele verschiedene Plattentypen gibt; angedachte Anordnung der Platten in Beschreibung der Diplomarbeit - Kapitel 3 |
| | Halbfertigteile: Platte Typ 2 - 7cm - 28*(7,5*2,475) pro Abschnitt | 519,75 m² | 28 Stk (Typ2) pro Richtungsfahrbahn | 23,00 €/m² | € 23.908,50 | = 519,75*23*2 | |
| | **Halbfertigteile - Gesamt** | | | | **€ 57.718,50** | | |
| | Ortbeton: Betonieren der Fahrbahnplatte - C30/37/B5 - Abzug der Halbfertigteile (1254,75*2*0,07 = 175,67m³) | 917,34 m³ | Betonmenge | 100,00 €/m³ | € 91.733,50 | | besteht aus 90€ für den Beton + 10€ für die Pumpe |
| | zusätzlich notwendige Bewehrung - Annahme mit 400kg pro 15m Abschnitt - für zwei Richtungsfahrbahnen | 400,00 kg | je 15m Abschnitt - 7mal pro Richtungsfahrbahn | 1,00 €/kg | € 5.600,00 | = 7*400*1,0*2 | Zusätzlich notwendige Montagebewehrung bei Verwendung des Versetzwagens - für beide Richtungsfahrbahnen |
| Personalkosten / Gerätekosten | Hebegerät - selbe Zeitdauer wie die Miete des Versetzwagen - 190h/Monat für 4,87 Monate (Abzug von Zeitersparnis 35AT = 1,63 Monate von 6,5 Monaten) | 925,30 h | 1 LKW/HIAB Fahrer | 70,00 €/h | € 64.771,00 | = 925,3*70 | Annahme von 190h/Monat für 4,88 Monate (Mietzeit des Versetzwagens), davon 40€ Personalkosten, 30€ Gerätekosten; Kosten inkludieren Hebegerät vorhalten, betreiben (Diesel) und Fahrer |
| Materialkosten | Schalung am Widerlager - 3-eckige Randflächen - selbe Kosten wie bei Verbundschalwagen | | | | € 23.818,00 | | keine Zeitersparnis, Ausweicharbeit - bleibt gleich! |

| | |
|---|---|
| **Personalkosten:** | **€ 225.612,00** |
| **Materialkosten:** | **€ 178.870,00** |
| **Gerätekosten:** | **€ 27.759,00** |

## Unterschied bei: Versetzwagen Systemkosten - variable Kosten

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| variable Kosten | Miete des Versetzwagens --> 6,5 Monate - 1,63 Monate (=35 AT) = 4,87 Monate -> für beide Richtungsfahrbahnen | 4,87 Mo | variabel | 12490,00 €/Mo | € 60.826,30 | = 4,87*12490 | entstehende Zeitersparnis durch Fahrbahnplattenherstellung bei der Mietzeit abgezogen |
| | Auflagerkonstruktionen - 200€/Stk - 6 je Längsträger pro Abschnitt (2,5m Abstand) - 42 Stk je Längsträger (für beiden Richtungsfahrbahnen gleiche Auflagerkonstruktionen in Verwendung) | 84,00 Stk | variabel | 200,00 €/Stk | € 16.800,00 | = 84*200 | Annahme: alle Auflagerkonstruktionen werden benötigt, weil man beim letzten Abschnitt von einem Widerlager zum anderen Widerlager fahren muss; Auflagerkonstruktion (=Schalwagenstuhl) |

| | | |
|---|---|---|
| **Versetzwagen** | **Variable Kosten** | **€ 77.626,30** |

**Fixe Kosten gleich angenommen - siehe Verbundschalwagen**

TU WIEN Bibliothek Your knowledge hub
Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.





| Unterschied bei: 2) Zeitgebundene Kosten der Baustelle - Versetzwagen | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ***Personalkosten*** | | | | | | |
| Bauleiter Betonbau | 4,87 Mo | Bauzeit Fahrbahnplatte | 10000,00 €/Mo | € 48.700,00 | = 4,87*10000 | neue Gesamtbauzeit Betonbau = 12,37 Monate (14-1,63(=Zeitersparnis)) - 4,87 Monate davon wird der Versetzwagen für die Lafnitzbrücke verwendet - bei Angestellten, die kürzer als 12,37 Monate anwesend sind, wird die Zeit anteilsmäßig eingerechnet |
| Bauleiter Erdbau - 6 von 12,37 Monate Bauzeit anwesend | 2,36 Mo | = (6/12,37)*4,87 | 10000,00 €/Mo | € 23.621,67 | = 2,36*10000 | |
| Techniker | 4,87 Mo | Bauzeit Fahrbahnplatte | 8000,00 €/Mo | € 38.960,00 | = 4,87*8000 | |
| Polier Betonbau | 4,87 Mo | Bauzeit Fahrbahnplatte | 10000,00 €/Mo | € 48.700,00 | = 4,87*10000 | |
| Polier Erdbau - 6 von 12,37 Monate Bauzeit anwesend | 2,36 Mo | = (6/12,37)*4,87 | 10000,00 €/Mo | € 23.621,67 | = 2,36*10000 | |
| ***Material- und Gerätekosten*** | | | | | | |
| Container | | | | | | Containerkosten um rund 20% erhöht im Vergleich zur Murbrücke MIxnitz |
| 5 Bürocontainer (inkl. Einrichtung und Betrieb) | 4,87 Mo | 5,00 Stk | 222,00 €/Mo | € 5.405,70 | = 4,87*5*222 | |
| 4 Mannschaftscontainer (inkl. Einrichtung und Betrieb) | 4,87 Mo | 4,00 Stk | 138,00 €/Mo | € 2.688,24 | = 4,87*4*138 | ein Mannschaftscontainer mehr - größere Mannschaft |
| 2 Sanitärcontainer (inkl. Einrichtung und Betrieb) | 4,87 Mo | 2,00 Stk | 156,00 €/Mo | € 1.519,44 | = 4,87*2*156 | |
| 3 Magazincontainer (inkl. Einrichtung und Betrieb) | 4,87 Mo | 3,00 Stk | 90,00 €/Mo | € 1.314,90 | = 4,87*3*90 | |
| 3 Drehstromaggregate - 10 kVA - müssen jede Woche aufgefüllt werden - 1500€/Mo/Stk | 4,87 Mo | 3,00 Stk | 1500,00 €/Mo | € 21.915,00 | = 4,87*3*1500 | Kosten zzgl. Instandhaltung, Kraftstoff, Öl, Schleifen, Verschleiß, Reinigung |
| Allgemeine Geräte Kleinbaustelle | 4,87 Mo | | 1480,74 €/Mo | € 7.211,20 | = 4,87*1480,74 | Gerätekosten um rund 20% erhöht |
| Hebegerät für Betonbau - Autokran für 4,87 Monate und 200h/Mo mit 85€/h | 974,00 h | 1,00 Stk | 85,00 €/h | € 82.790,00 | = 974*1*85 | Annahme eines weiteren Hebegerätes - zuständig für diverse Tätigkeiten des gesamten Bauloses |
| Fahrzeuge Baustellenpersonal | 4,87 Mo | 8,00 Stk | 2500,00 €/Mo | € 97.400,00 | = 4,87*8*2500 | getrennt angeführt - nicht in Gehalt des Personals |
| Vorhaltung eines weiteren Hebegerätes für die Herstellung der Fahrbahnplatte bereits in den Personal-/Gerätekosten (Ablauf) inkludiert. | | | | | | |
| ***Sonstiges*** | | | | | | |
| Stromverbrauch | | | | | | nicht wesentlich lt. Angabe der Baufirma |
| Wasserverbrauch | | | | | | |
| Müllabfuhrgebühr | | | | | | |
| Abwassergebühr | | | | | | Annahme für diese Baustelle pauschal - je nach Dauer der Baustelle unterschiedlich - aber Unterschied bei Verlängerung eher gering - gleichbleibend angenommen |
| Telefongebühren | | | | | | |
| Bürokosten | | | | | | |
| Diverses Allgemein | | Sonstiges - Gesamt | | € 80.000,00 | | |
| *--> alle Positionen sind Annahmen aus K7-Blättern anderer Brückenprojekte & aktuelle Angaben aus der Bauwirtschaft* | | **Summe - zeitgebundene Kosten der Baustelle:** | | **€ 483.847,81** | | variabel - je nach Dauer der Herstellung der Fahrbahnplatte |

| | |
|---|---|
| (30Tage/Mo) / (7Tage/Wo) = 4,3 Wo/Monat | schnellerer Berechnungsweg: 35AT Ersparnis, 21,5AT pro Monat --> 35AT/21,5AT = 1,63 Mo; Gesamte Bauzeit für die Fahrbahnplatte: 6,5 Monate - 1,63 Mo = 4,87 Mo |
| 6,5 Monate - 4,3*6,5 = 28 Wo (gerundet) - bei 5 AT/Wo --> 28Wo*5AT/Wo = 140 AT | |

Berechnung der Zeitersparnis durch den Versetzwagen: 140 AT (6,5 Monate): Abzug von 35AT als Zeitersparnis; pro Monat 21,5 Arbeitstage: 140AT - 35AT = 105AT; 4 Monate = 86AT; es bleiben somit 19AT für das fünfte Monat übrig; 19/5=3,8 Wo oder 19*1,4 = 26,6 Tage (7/5 = 1,4) --> durch 26,6/7=3,8 Wo; 3,8Wo/(4,3Wo/Mo) = 0,88 Mo --> somit gesamt 4,88 Mo bei Versetzwagen --> Wert mit 0,01 Unterschied (zu oben) aufgrund Rundung

## Übersicht - Kostenvergleich der Fahrbahnplattenherstellung - Lafnitzbrücke

gleich
günstiger

| | | Verbundschalwagen (VSW) | Versetzwagen |
|---|---|---|---|
| **Ablauf auf der Baustelle** | | | |
| Aufbau der Systeme | | € 14.750,00 | € 14.750,00 |
| | | | |
| **Herstellung der Fahrbahnplatte** | | | |
| Personalkosten | | € 163.175,00 | € 225.612,00 |
| Materialkosten | Halbfertigteile | € 0,00 | € 57.718,50 |
| | Ortbeton | € 109.300,00 | € 91.733,50 |
| Materialkosten | Gesamt | € 133.118,00 | € 178.870,00 |
| Gerätekosten | | € 37.050,00 | € 27.759,00 |
| SUMME - Herstellung der Fahrbahnplatte | | € 333.343,00 | € 432.241,00 |
| | | | |
| Demontage der Systeme | | € 8.850,00 | € 8.850,00 |
| | | | |
| SUMME - Ablauf auf der Baustelle | | € 356.943,00 | € 455.841,00 |
| | | | |
| **Kosten der Systeme** | | | |
| fixe Kosten | | € 76.480,00 | € 76.480,00 |
| variable Kosten | | € 93.185,00 | € 77.626,30 |
| | | | |
| **Baustellengemeinkosten** | | | |
| Einrichten der Baustelle | | X | X |
| Zeitgebundene Kosten | | € 610.778,10 | € 483.847,81 |
| Räumen der Baustelle | | X | X |
| | | | |
| **GESAMT** | | **€ 1.137.386,10** | **€ 1.093.795,11** |
| | | | |
| Baustelleneinrichtungsfläche | | 100% | 105% |

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

# Anhang B

# Einverständnis zur Verwendung von Bildern

## B.1 Springer Nature

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

**SPRINGER NATURE LICENSE TERMS AND CONDITIONS**

Jan 18, 2019

This Agreement between Mr. Christoph Vorlen ("You") and Springer Nature ("Springer Nature") consists of your license details and the terms and conditions provided by Springer Nature and Copyright Clearance Center.

| | |
|---|---|
| License Number | 4511970246593 |
| License date | Jan 18, 2019 |
| Licensed Content Publisher | Springer Nature |
| Licensed Content Publication | Springer eBook |
| Licensed Content Title | Steel- Concrete- Composite Bridges with Innovative Prefabricated Slab Elements |
| Licensed Content Author | Kerstin Fuchs, Georg Gaßner, Johann Kollegger |
| Licensed Content Date | Jan 1, 2018 |
| Type of Use | Thesis/Dissertation |
| Requestor type | academic/university or research institute |
| Format | print and electronic |
| Portion | figures/tables/illustrations |
| Number of figures/tables/illustrations | 2 |
| Will you be translating? | no |
| Circulation/distribution | <501 |
| Author of this Springer Nature content | no |
| Title | Method for Placing Prefabricated Slab Elements on Bridge Decks with Additional Cast-in-Place Concrete – Comparative Analysis with Conventional Methods Regarding Construction Time and Cost Efficiency |
| Institution name | Technical University of Vienna |
| Expected presentation date | Mar 2019 |
| Portions | Figure 4, Figure 5 |
| Requestor Location | Mr. Christoph Vorlen<br>Rollingergasse 8<br><br>Vienna, Vienna 1120<br>Austria<br>Attn: Mr. Christoph Vorlen |
| Billing Type | Invoice |
| Billing Address | Mr. Christoph Vorlen<br>Rollingergasse 8<br><br>Vienna, Austria 1120<br>Attn: Mr. Christoph Vorlen |
| Total | 0.00 EUR |
| Terms and Conditions | |

**Springer Nature Terms and Conditions for RightsLink Permissions**



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

**Springer Nature Customer Service Centre GmbH (the Licensor)** hereby grants you a non-exclusive, world-wide licence to reproduce the material and for the purpose and requirements specified in the attached copy of your order form, and for no other use, subject to the conditions below:

1. The Licensor warrants that it has, to the best of its knowledge, the rights to license reuse of this material. However, you should ensure that the material you are requesting is original to the Licensor and does not carry the copyright of another entity (as credited in the published version).

   If the credit line on any part of the material you have requested indicates that it was reprinted or adapted with permission from another source, then you should also seek permission from that source to reuse the material.

2. Where **print only** permission has been granted for a fee, separate permission must be obtained for any additional electronic re-use.

3. Permission granted **free of charge** for material in print is also usually granted for any electronic version of that work, provided that the material is incidental to your work as a whole and that the electronic version is essentially equivalent to, or substitutes for, the print version.

4. A licence for 'post on a website' is valid for 12 months from the licence date. This licence does not cover use of full text articles on websites.

5. Where **'reuse in a dissertation/thesis'** has been selected the following terms apply: Print rights of the final author's accepted manuscript (for clarity, NOT the published version) for up to 100 copies, electronic rights for use only on a personal website or institutional repository as defined by the Sherpa guideline (www.sherpa.ac.uk/romeo/).

6. Permission granted for books and journals is granted for the lifetime of the first edition and does not apply to second and subsequent editions (except where the first edition permission was granted free of charge or for signatories to the STM Permissions Guidelines http://www.stm-assoc.org/copyright-legal-affairs/permissions/permissions-guidelines/), and does not apply for editions in other languages unless additional translation rights have been granted separately in the licence.

7. Rights for additional components such as custom editions and derivatives require additional permission and may be subject to an additional fee. Please apply to Journalpermissions@springernature.com/bookpermissions@springernature.com for these rights.

8. The Licensor's permission must be acknowledged next to the licensed material in print. In electronic form, this acknowledgement must be visible at the same time as the figures/tables/illustrations or abstract, and must be hyperlinked to the journal/book's homepage. Our required acknowledgement format is in the Appendix below.

9. Use of the material for incidental promotional use, minor editing privileges (this does not include cropping, adapting, omitting material or any other changes that affect the meaning, intention or moral rights of the author) and copies for the disabled are permitted under this licence.

10. Minor adaptations of single figures (changes of format, colour and style) do not require the Licensor's approval. However, the adaptation should be credited as shown in Appendix below.

**Appendix — Acknowledgements:**

**For Journal Content:**
Reprinted by permission from [**the Licensor**]: [**Journal Publisher** (e.g. Nature/Springer/Palgrave)] [**JOURNAL NAME**] [**REFERENCE CITATION** (Article name, Author(s) Name), [**COPYRIGHT**] (year of publication)

For **Advance Online Publication papers:**
Reprinted by permission from [**the Licensor**]: [**Journal Publisher** (e.g.



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Nature/Springer/Palgrave)] [**JOURNAL NAME**] [**REFERENCE CITATION** (Article name, Author(s) Name), [**COPYRIGHT**] (year of publication), advance online publication, day month year (doi: 10.1038/sj.[JOURNAL ACRONYM].)

**For Adaptations/Translations:**
Adapted/Translated by permission from [**the Licensor**]: [**Journal Publisher** (e.g. Nature/Springer/Palgrave)] [**JOURNAL NAME**] [**REFERENCE CITATION** (Article name, Author(s) Name), [**COPYRIGHT**] (year of publication)

**Note: For any republication from the British Journal of Cancer, the following credit line style applies:**

Reprinted/adapted/translated by permission from [**the Licensor**]: on behalf of Cancer Research UK: : [**Journal Publisher** (e.g. Nature/Springer/Palgrave)] [**JOURNAL NAME**] [**REFERENCE CITATION** (Article name, Author(s) Name), [**COPYRIGHT]** (year of publication)

For **Advance Online Publication** papers:
Reprinted by permission from The [**the Licensor**]: on behalf of Cancer Research UK: [**Journal Publisher** (e.g. Nature/Springer/Palgrave)] [**JOURNAL NAME**] [**REFERENCE CITATION** (Article name, Author(s) Name), [**COPYRIGHT**] (year of publication), advance online publication, day month year (doi: 10.1038/sj.[JOURNAL ACRONYM])

**For Book content:**
Reprinted/adapted by permission from [**the Licensor**]: [**Book Publisher** (e.g. Palgrave Macmillan, Springer etc) [**Book Title**] by [**Book author**(s)] [**COPYRIGHT**] (year of publication)

**Other Conditions**:

Version 1.1

**Questions? customercare@copyright.com or +1-855-239-3415 (toll free in the US) or +1-978-646-2777.**

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Bookpermissions <bookpermissions@springernature.com>
Di, 15.01.2019 11:38
Sie

Sehr geehrter Herr Vorlen,

vielen Dank für Ihre Anfrage.

Die genannten Abbildungen

- aus Handbuch Brücken, 3.Auflage - ISBN: 978-3-658-03339-2 --> Bild 10.3-11 a), Bild 10.3-12, Bild 10.3-13

haben alle Verweise auf Drittquellen. Bitte kontaktieren Sie die Originalurheber. Leider haben wir keine aktuellen Adressen.

Bezüglich den Abbildungen aus "High Tech Concrete: Where Technology and Engineering Meet" können Sie die Genehmigung wie folgt einholen:
Besuchen Sie einfach: http://link.springer.com und suchen Sie Ihren gewünschten Inhalt: https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-59471-2
Gehen Sie dann zum Kapitel, in dem die Abbildungen publiziert sind und scrollen Sie zum Ende der Seite zum Abschnitt "Über dieses Kapitel". Hier finden Sie den Link "Reprints and Permissions", um die Seite "RightsLink" zu öffnen.

1. Wählen Sie die Art und Weise aus, wie Sie den Inhalt wiederverwenden möchten.
2. Erstellen Sie ein Konto, wenn Sie noch keines haben.
3. Akzeptiere die AGB und Sie sind fertig!

Bei Fragen zur Nutzung des Rightslink Service wenden Sie sich bitte an den Kundendienst unter Copyright Clearance Center unter Tel. Tel: + 1-855-239-3415 oder
+ 1-978-646-2777 oder per E-Mail an customercare@copyright.com

Mit freundlichen Grüßen,

---
**Alice Essenpreis**
Rights and Permissions

**Springer Nature**
Tiergartenstrasse 17, 69121 Heidelberg, Germany
Wednesdays out of office
bookpermissions@springernature.com
www.springernature.com
---
Springer Nature is a leading research, educational and professional publisher, providing quality content to our communities through a range of innovative platforms, products and services. Every day, around the globe, our imprints, books, journals and resources reach millions of people – helping researchers, students, teachers & professionals to discover, learn and achieve.
---
Branch of Springer-Verlag GmbH, Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany
Registered Office: Berlin / Amtsgericht Berlin-Charlottenburg, HRB 91881 B
Directors: Martin Mos, Dr. Heinrich Weinheimer

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Mo, 14.01.2019 08:46
journalpermissions@springernature.com

Sehr geehrte Damen und Herren!

Mir wurde diese E-Mail-Adresse von der telefonischen Auskunft als richtige Ansprechstelle weitergegeben.

Ich schreibe zurzeit meine Diplomarbeit an der TU Wien. Ich möchte gerne einige Bilder aus den angeführten Unterlagen verwenden, zitiere diese auch wie es üblich ist. Allerdings hat sich das Urheberrecht geändert und man benötigt eine Einverständnis des Verlages, um die Bilder verwenden zu können.

Es geht um folgende Bilder aus den jeweiligen Artikel/Buch:

- aus Handbuch Brücken, 3.Auflage - ISBN: 978-3-658-03339-2 --> Bild 10.3-11 a), Bild 10.3-12, Bild 10.3-13
- High Tech Concrete: Where Technology and Engineering Meet - "Steel-Concrete-Composite Bridges with Innovative Prefabricated Slab Elements" - ISBN 978-3-319-59470-5 - ISBN 978-3-319-59471-2 (eBook) - DOI 10.1007/978-3-319-59471-2 --> Figure 4, Figure 5

Ich bitte Sie, mir das Einverständnis zur Verwendung der angeführten Bilder zu erteilen.

Mit freundlichen Grüßen aus Wien,
Christoph Vorlen

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

## B.2 G. Mehlhorn und M. Curbach

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

gu.mehlhorn@t-online.de
Mo, 04.02.2019 15:16

Lieber Herr Vorlen,
auf Ihre Anfrage teile Ich Ihnen mit, dass seitens des Herausgebers, des Koherausgebers und der Autoren des Abschnitts 10.3 des Handbuchs Brücken gegen die Verwendung der Bilder 10.3-11a und 10.3-12 in Ihrer Diplomarbeit keine Einwände bestehen. Der Verwendung des Bilds Bildes 10.3-13 stimmen die Autoren nicht zu.
Wir wünschen Ihnen Erfolg bei Ihrer Diplomarbeit.

Sie sollten jeweils wie folgt zitieren:
Bild aus Kuhlmann, Ulrike, A.. Detzel und G. Hauf: Herstellung und Ausführungsmethoden - Brücken in Verbund- und Mischbauweise. In: G. Mehlhorn und M. Curbach: Handbuch Bücken, 3. Auflage. Wiesbaden: Springer-Vieweg, 2014

Mo, 28.01.2019 10:47
gu.mehlhorn@t-online.de

Sehr geehrter Herr Univ.-Prof. Mehlhorn!

Ich schreibe zurzeit meine Diplomarbeit an der TU Wien. Ich möchte gerne einige Bilder aus der angeführten Unterlage verwenden, zitiere diese auch wie es üblich ist. Allerdings hat sich das Urheberrecht geändert und man benötigt eine Einverständnis des Verlages, um die Bilder verwenden zu können.

Es geht um folgende Bilder aus dem Buch:

- Handbuch Brücken, 3.Auflage - ISBN: 978-3-658-03339-2 --> Bild 10.3-11 a), Bild 10.3-12, Bild 10.3-13

Ich habe bereits den Springer Nature Verlag kontaktiert, allerdings hat mir dieser folgendes mitgeteilt (in blau):

Die genannten Abbildungen

- aus Handbuch Brücken, 3.Auflage - ISBN: 978-3-658-03339-2 --> Bild 10.3-11 a), Bild 10.3-12, Bild 10.3-13

haben alle Verweise auf Drittquellen. Bitte kontaktieren Sie die Originalurheber. Leider haben wir keine aktuellen Adressen.

Sind Sie mit Herrn Curbach gemeinsam der Original-Urheber? Könnten Sie mir das Einverständnis zur Verwendung der angeführten Bilder erteilen?

Mit freundlichen Grüßen aus Wien,
Christoph Vorlen

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

## B.3 Ingenieurbüro Hauf GmbH & Co. KG

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Ingenieurbüro Hauf <info@ibhauf.de>
Mo, 11.02.2019 06:31
Sie

Sehr geehrter Herr Vorlen,

hiermit erteilen wir Ihnen die Erlaubnis, dass Sie das gewünschte Bild in Ihrer Diplomarbeit verwenden dürfen.

Wir wünschen Ihnen viel Erfolg beim Erstellen der Diplomarbeit und auf Ihrem weiteren Berufsweg.

Für Rückfragen stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen

Jochen Hauf
Dipl.-Ing. univ., Dipl.-Wirtsch.-Ing. (FH)

---

Ingenieurbüro Hauf GmbH & Co.KG
Kaspar-Manz-Straße 10
89423 Gundelfingen
Tel.: 09073/9582-0
Fax: 09073/9582-50
www.ibhauf.de

---

Ingenieurbüro Hauf GmbH & Co. KG
Kommanditgesellschaft – Sitz Gundelfingen a.d. Donau – Registergericht Augsburg HRA 19373
Komplementärin: Ingenieurbüro Hauf Verwaltungs GmbH – Sitz Gundelfingen a.d. Donau - Registergericht Augsburg HRB 31985
Geschäftsführer: Dipl.-Ing. (FH), Berat. Ing. Walter Hauf; Dipl.-Ing. univ., Dipl.-Wirtsch.-Ing. (FH) Jochen Hauf; Prof. Dr.-Ing. Gunter Hauf

---

Christoph Vorlen
So, 10.02.2019 16:19

Sehr geehrte Damen und Herren!

Ich schreibe zurzeit meine Diplomarbeit an der TU Wien. Ich möchte gerne ein Bild Ihrer Website verwenden, zitiere dieses auch wie es üblich ist. Allerdings hat sich das Urheberrecht geändert und man benötigt eine Einverständnis des Verlages/Urhebers des Bildes, um Bilder verwenden zu können.

Es geht um folgendes Bild Ihrer Website:

- http://www.ibhauf.de/Referenzen/Bruckenbau/Brucke_Lauingen/brucke_lauingen.html --> das rechte Bild der zweiten Reihe - Name: Launigen_13 (mitgesendet im Anhang)

Ich habe dieses Bild im Buch "Handbuch Brücken" gefunden und die Urheber des Verlages kontaktiert, allerdings hat man mir keine Erlaubnis für die Verwendung dieses Bildes erteilt. Da ein Abschnitt der Diplomarbeit bei Verwendung dieses Bildes um einiges verständlicher rüberkommt und ich nun das Bild auf Ihrer Homepage gefunden habe: Könnten Sie mir das Einverständnis zur Verwendung des angeführten Bildes erteilen?

Mit freundlichen Grüßen aus Wien,
Christoph Vorlen

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

## B.4 Wiley

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Sehr geehrter Herr Vorlen,

**gerne erteilen wir Ihnen hiermit die Genehmigung für die unten beschriebene Nutzung unter der Voraussetzung, dass ein entsprechendes Quellenzitat erfolgt.**

Wenn in unserem Werk Material mit einer Quellenangabe abgedruckt ist, müssen Sie eine Genehmigung von der angegebenen Quelle einholen.

Das Quellenzitat muß folgende Bestandteile haben:

**- Journals: Autor(en) Name(n): Titel des Artikels. Name des Journals. Publikationsjahr. Volume. Seite(n). Copyright Wilhelm Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG. Reproduced with permission.**

Mit freundlichen Grüßen

**Heike Weller**
Rights Manager
Rights & Licenses

Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA
Boschstraße 12
69469 Weinheim
Germany
www.wiley-vch.de

T +(49) 6201 606-585
F +(49) 6201 606-332
rightsDE@wiley.com

Do, 29.11.2018 17:24
berlin@wiley-vch.de

Sehr geehrte Damen und Herren!

Mir wurde diese E-Mail-Adresse von der telefonischen Auskunft als richtige Ansprechstelle weitergegeben.

Ich schreibe zurzeit meine Diplomarbeit an der TU Wien. Ich möchte gerne einige Bilder aus den Stahlbau/Stahlbeton-Heften verwenden, zitiere diese auch wie es üblich ist. Allerdings hat sich das Urheberrecht geändert und man benötigt eine Einverständnis des Verlages, um die Bilder verwenden zu können.

Es geht um folgende Bilder aus den jeweiligen Artikeln:

- aus Stahlbau 69 (2000), Heft 9 - "Innovation im Verbundbrückenbau - Talbrücke Oberhartmannsreuth" --> Bild 1, Bild 5
- aus Stahlbau 71 (2002), Heft 8 - "Techniken zum Bau der Fahrbahnplatte bei Verbundbrücken" --> Bild 5, Bild 6a), Bild 12
- aus Stahlbau 75 (2006), Heft 7 - "Klebetechnik für den schnellen und wirtschaftlichen Bau von Verbundbrücken" --> Bild 2
- aus Stahlbau 78 (2009), Heft 6 - "Die Bahretalbrücke - eine Verbundbrücke mit Vollfertigteilen"--> Bild 4, Bild 12, Bild 13
- aus Structural Concrete 3, Volume 15 (September 2014 - p.281-291) - ISSN 1464-4177 - "Building bridges using the balanced lift method" --> Figure 9
- aus Beton- und Stahlbetonbau 110 (2015), Heft 2 - "Stahlbetonfahrbahnplatte aus Fertigteilen mit Ortbetonergänzung beim Ersatzneubau der Straßenbrücke Horsterdamm" --> Bild 3, Bild 10

Ich bitte Sie, mir das Einverständnis zur Verwendung der angeführten Bilder zu erteilen.

Mit freundlichen Grüßen aus Wien,
Christoph Vorlen

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

## B.5 SSF Ingenieure

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Fr, 07.12.2018 08:37
Sie; jzinner@ssf-ing.de

Sehr geehrter Herr Vorlen,

die von Ihnen ausgesuchten Bilder sind von SSF Ingenieure und können Sie somit gerne für ihre Diplomarbeit verwenden.

Mit freundlichen Grüßen

Raffaele Rossiello-Bianco

---

SSF Ingenieure AG | Beratende Ingenieure im Bauwesen
Domagkstraße 1a | 80807 München

T +49 89 / 3 60 40 - 139
F +49 89 / 3 60 40 – 100

rrossiello-bianco@ssf-ing.de
www.ssf-ing.de

Sitz der Gesellschaft: München
Vorstand: Dipl.-Ing. Christian Schmitt (Vorsitzender) Dipl.-Ing. Anton Braun, Dipl.-Ing. Helmut Wolf
Aufsichtsrat: Dipl.-Ing. Victor Schmitt (Vorsitzender), Dipl.-Ing. Dieter Stumpf, Dipl.-Ing. Wolfgang Frühauf

Zertifiziertes QM-System DIN EN ISO 9001:2015

Amtsgericht München, HRB 189061
USt-IdNr.: DE 129 472 191

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Von: Christoph Vorlen <christoph_vorlen@hotmail.com>
An: "muenchen@ssf-ing.de" <muenchen@ssf-ing.de>
Datum: 30.11.2018 10:21
Betreff: Einverständnis zur Verwendung von Bildern aus zitiertem Folder

---

Sehr geehrte Damen und Herren!

Mir wurde diese E-Mail-Adresse von der telefonischen Auskunft als richtige Ansprechstelle weitergegeben.

Ich schreibe zurzeit meine Diplomarbeit an der TU Wien. Ich möchte gerne zwei Bilder aus dem angeführten Folder verwenden, zitiere diese auch wie es üblich ist. Allerdings hat sich das Urheberrecht geändert und man benötigt eine Einverständnis des Verlages/Herausgebers, um die Bilder verwenden zu können.

Es geht um folgende Bilder aus dem angegebenen Folder:

- aus "Brücken mit Verbund-Fertigteil-Trägern - VFT®-Bauweise" --> Bild 1 und Bild 6 auf Seite 3 des Pdfs

  (zu finden auf:https://www.ssf-ing.de/fileadmin/web_data/Downloads/Broschueren/Deutsch/Bruecken_mit_VFT_Bauweise_DE.pdf )

Ich bitte Sie, mir das Einverständnis zur Verwendung der angeführten Bilder zu erteilen.

Mit freundlichen Grüßen aus Wien,
Christoph Vorlen

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN