

ENDBERICHT

FFG Projektnummer	871966	FörderungsnehmerIn	Österreichische Bautechnik Veranstaltungs GmbH
Bericht Nr.	1	Berichtszeitraum	01.01.2019-31.12.2019
Bericht erstellt von	Dipl.-Ing. Michael Pauser		

Richtwert für den Umfang: 10-20 Seiten

1. Ziele und Ergebnisse

- Wurden die dem Förderungsvertrag zugrunde liegenden Ziele erreicht?
Sind diese Ziele noch aktuell bzw. realistisch?
Achtung: Änderungen von Zielen erfordern eine Genehmigung durch die FFG.

Vergleichen Sie die Ziele mit den erreichten Ergebnissen.
Beschreiben Sie „Highlights“ und aufgetretene Probleme bei der Zielerreichung.

Zielsetzungen und Zuordnung zu den Arbeitspaketen:

Für die Herstellung von hohlkastenförmigen Spannbetonbrücken werden zurzeit Baumethoden mit Ortbeton und Schalung sowie Segmente aus Vollfertigteilen (siehe Abbildung 1a) eingesetzt. Das Ziel des Forschungsprojekts ist die Entwicklung und Erprobung eines neuen Verfahrens zur Herstellung von Spannbetonbrücken mit hohlkastenförmigen Segmenten und Spannweiten größer als 40m.

Die Idee des neuen Bauverfahrens ist die Kombination der Segmentbauweise mit der Errichtung von Brücken mit dünnwandigen Fertigteilträgern, wie sie bei der Errichtung der Brücken über den Lahnbach und die Lafnitz beim Bau der Fürstenfelder Schnellstraße angewandt wurden (siehe Abbildung 1b). Diese Methode wurde im Rahmen des FFG-Branchenprojekts Nr. 876596 (Verwendung von für den Hochbau entwickelten Betonfertigteilen im Brückenbau und Ingenieurbau) entwickelt.

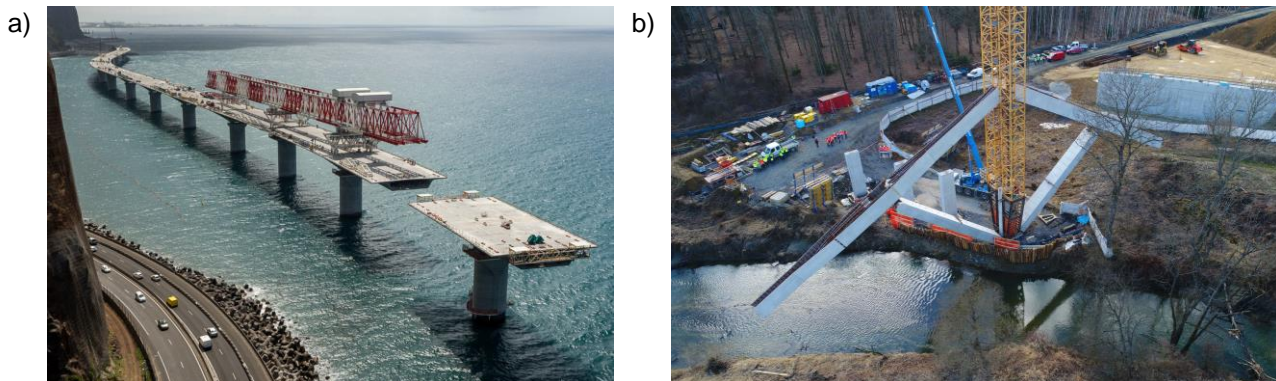


Abbildung 1: a) Segmentbrücke „The new coastal road“ vor der Insel La Réunion (Foto von J.Balleydier)
b) Dünnwandige Brückenträger im Bauzustand während der Herstellung der Brücke über die Lafnitz.

Die Kombination der beiden genannten Baumethoden erfolgt in der Weise, dass Brückensegmente aus dünnwandigen Fertigteillementen hergestellt werden sollen, welche anschließend mit Hilfe von bekannten Segmentbaumethoden und Vorspannung zu einem Brückenträger zusammengefügt und danach mit gepumptem Ortbeton ergänzt werden. Die Entwicklung, sowie der Bau eines Prototyps eines Segments aus dünnwandigen Fertigteilen (siehe Abbildung 2a) ist dem Arbeitspaket 2 zuzuordnen. Bei der Herstellung solcher leichter und dünnwandiger Segmente sind Querrahmen erforderlich, um die Standsicherheit während der Bauausführung zu gewährleisten. Deshalb wurden, im Zuge des Arbeitspakets 2, Versuche zur Bewertung der Tragfähigkeit der aussteifenden Elemente (siehe Abbildung 2b), sowie der Verbindung zwischen Stahlträger und Beton durchgeführt. Der Prototyp wurde Belastungstests unterzogen, welche zeigten, dass zu große Öffnungen in den Querrahmen die Tragfähigkeit erheblich reduzieren.



Abbildung 2: a) Brückensegment aus dünnwandigen Fertigteilen; b) Schubversuch an einer dünnwandigen Betonplatte mit einem Stahlträger

Konzepte für das Vorspannen der einzelnen Segmente zu einem Brückenträger wurden im Arbeitspaket 3 für verschiedene Brückenbauverfahren, wie zum Beispiel Taktschiebeverfahren, Freivorbau oder feldweise Herstellung mit Vorschubrüstung erarbeitet. Dabei ist die Gewährleistung des Dekompressionszustandes während aller Bauphasen von großer Bedeutung, um die Abtragung von Querkraften über die unbewehrten Fugen zwischen den einzelnen Brückensegmenten sicherzustellen. Im Zuge der Ausarbeitung des Arbeitspaketes 5 wurden verschiedene Ausführungen für die Fugen zwischen den Fertigteilsegmenten entwickelt und deren Tragverhalten in Experimenten überprüft.

Um den beschriebenen Dekompressionszustand gewährleisten zu können, ist es notwendig die Brückensegmente mit Spanngliedern aneinander zu spannen. Dabei treten große Kräfte auf, weshalb in Arbeitspaket 4 Konstruktionen für das Einleiten dieser Vorspannkräfte entwickelt wurden, numerische Simulationen dieser Konstruktionen durchgeführt wurden und eine Versuchsreihe geplant, welche im zweiten Forschungsjahr ausgeführt werden soll.

Nach dem Herstellen eines durchgehenden Brückenträgers aus dünnwandigen Segmenten soll dieser mit gepumptem Ortbeton zu einer massiven und monolithischen Konstruktion vervollständigt werden. Methoden für das Aufbringen von Ortbeton auf die horizontalen Bauteile werden in Arbeitspaket 6 basierend auf den Erfahrungen des FFG-Projekts Nr. 853886 rechnerisch erfasst. Für die Ergänzung der vertikalen Bauteile werden, ebenfalls im Arbeitspaket 6, Betonierversuche durchgeführt. Diese waren für das erste Forschungsjahr geplant, werden aber auf das zweite Forschungsjahr verschoben. Es war geplant Platten aus einem alten Forschungsprojekt wiederzuverwenden, welche nicht mehr auffindbar waren, somit muss auf das in Arbeitspaket 2 gebaute Brückensegment zurückgegriffen werden, welches zum damaligen Zeitpunkt noch für Belastungstests gebraucht wurde.

Ab dem zweiten Quartal des zweiten Forschungsjahres soll das Tragverhalten von Brückenträgern experimentell untersucht werden. Die Erkenntnisse aus den vorangegangenen Arbeitspaketen werden in diese Arbeit einfließen.

Brückensegmente, die mit der neuen Baumethode hergestellt wurden, sollen für alle gängigen Segmentbaumethoden angewandt werden können. Aus diesem Grund wird in Arbeitspaket 8 der technische Anwendungsbereich untersucht. Es wurde ein Alternativentwurf für eine mit dem Taktschiebeverfahren hergestellte Brücke im Zuge einer Diplomarbeit erarbeitet und die Massen der beiden Varianten verglichen. Für das zweite und dritte Forschungsjahr ist geplant die Anwendung der Bauweise mit dünnwandigen Segmenten auf weitere Brückenbauverfahren rechnerisch zu untersuchen.

Basierend auf den Erkenntnissen aus Arbeitspaket 8 wird in Arbeitspaket 9 ab dem dritten Quartal des zweiten Forschungsjahres der wirtschaftliche Anwendungsbereich des neuen Bauverfahrens untersucht. Dafür werden neben den Materialmengen auch der Zeit-, Personal- und Geräteaufwand für verschiedene Bauverfahren untersucht.

Zusammenfassung:

Die Ziele des ersten Forschungsjahres wurden zum Großteil erreicht. Es wurden numerische Simulationen durchgeführt, Konstruktionslösungen entwickelt, zwei Versuchsserien durchgeführt und ein Prototyp im Maßstab 1:1 hergestellt.

In Arbeitspaket 2 wurde ein Prototyp hergestellt, allerdings haben Belastungstests an diesem Prototyp gezeigt, dass die Löcher für die Spannglieder in den Querrahmen die Tragfähigkeit sehr stark reduziert

haben und die Bauteile somit den zusätzlichen Aufbeton nicht tragen könnten. In Arbeitspaket 6 konnten Platten aus einem vorangegangenen Forschungsvorhaben nicht mehr aufgefunden werden, weshalb die Untersuchungen am gebauten Prototyp durchgeführt werden und ins nächste Forschungsjahr verschoben werden.

2. Arbeitspakete und Meilensteine

2.1 Übersichtstabellen

Erläuterung:

Die Tabellen sind analog zum Förderungsansuchen aufgebaut.

Basistermin: Termin laut Förderungsansuchen bzw. laut Vertrag gültigem Projektplan

Aktuelle Planung: Termin laut zum Zeitpunkt der Berichtslegung gültiger Planung

Tabelle 1: Arbeitspakete

AP Nr.	Arbeitspaket Bezeichnung	Fertigstellungsgrad	Basistermin		Aktuell		Erreichte Ergebnisse / Abweichungen
			Anfang	Ende	Anfang	Ende	
1	Projektmanagement	100%	01/19	12/21	01/19	12/21	Die Kontrolle der Projektabwicklung wurde durchgeführt. Es wurde ein Workshop mit allen Projektbeteiligten organisiert und die Zwischenergebnisse diskutiert.
2	Dünnwandige Betonsegmente	100%	01/19	12/19	01/19	12/20	Dünnwandige Betonsegmente aus vorgefertigten Elementen wurden entwickelt. Eine Versuchsserie mit insgesamt 12 Versuchen zur Ausbildung von Querrahmen in dünnwandigen Segmenten, sowie zur Untersuchung der Verbindung zwischen Querrahmen und Fertigteilplatten wurde durchgeführt. Es wurden Lösungsvorschläge für die Ausbildung von biegesteifen Rahmenecken, die auf dem Montageplatz hergestellt werden können, erarbeitet. Es wurde ein Prototyp hergestellt. An den im Jahr 2013 in Gars am Kamp hergestellten Segmenten und am neu gebauten Prototyp wurden Belastungsversuche durchgeführt.
3	Vorspannkonzepte	50%	01/19	12/20	01/19	12/20	Es wurde ein Vorspannkonzept zur Gewährleistung des Dekompressionszustandes in typischen Bauzuständen für die Anwendung der neuartigen Brückensegmente auf das Taktschiebeverfahren erarbeitet. Ausbildungsmöglichkeiten, für die in der Endlage des Brückenträgers erforderliche Vorspannung, unter Einbeziehung der in den Bauzuständen aktivierten Spannglieder, wurden für dieses Bauverfahren entwickelt.

4	Einleitung der Vorspannkraft	50%	01/19	12/20	01/19	12/20	Es wurden Konstruktionen für die Einleitung der Vorspannkraft in die dünnwandigen Betonsegmente entwickelt und im Rahmen von numerischen Simulationen mit nichtlinearen Finite-Elemente Programmen die wesentlichen Trageinflüsse quantifiziert.
5	Schubkraftübertragung in den Fugen	65%	01/19	12/20	01/19	12/20	Fugenausbildungen von Querfugen zwischen den vorgefertigten Segmenten wurden entwickelt und in Experimenten die aufnehmbare Schubkraft unter Wirkung einer vorhandenen Druckspannung ermittelt.
6	Querschnitts-ergänzung	40%	01/19	12/20	01/19	12/20	Es wurden Lösungsvorschläge für das Aufbringen von näherungsweise vertikal angeordneten Betonschichten auf den Innenseiten der Stege erarbeitet. Das Aufbringen von Spritzbeton auf die Wandplatten wurde im ersten Jahr noch nicht experimentell untersucht.
7	Tragverhalten von Brückenträgern	0%	04/20	09/21	04/20	12/21	
8	Technischer Anwendungsbereich	20%	07/19	12/21	07/19	12/21	Es wurde ein Alternativentwurf einer mit dem Taktschiebeverfahren hergestellten Brücke ausgearbeitet und ein Massenvergleich erstellt.
9	Wirtschaftlicher Anwendungsbereich	0%	07/20	12/21	07/20	12/21	
10	Dissemination	20%	07/19	12/21	07/19	12/21	Es wurde ein Zwischenbericht über das laufende Projekt für die beteiligten Firmen, sowie der vorliegende Endbericht über das erste Forschungsjahr erstellt. Das Bauverfahren wurde auf Konferenzen in Krakau und New York vorgestellt.

Tabelle 2: Meilensteine

Im gegenständlichen Forschungsvorhaben wurden keine Meilensteine definiert.

2.2 Beschreibung der im Berichtszeitraum durchgeführten Arbeiten

Beschreiben Sie die im Berichtszeitraum durchgeführten Arbeiten, strukturiert nach den Arbeitspaketen. Konnten die Arbeitsschritte und -pakete gemäß Plan erarbeitet werden? Gab es wesentliche Abweichungen?

- Die Beschreibung beinhaltet ebenso eine allfällige Änderung der angewandten Methodik. Achtung: Änderungen an der Methodik und wesentliche Änderungen im Arbeitsplan erfordern eine Genehmigung durch die FFG.

AP1: Projektmanagement

Am Ende des ersten Jahres wurde ein Workshop mit allen Projektbeteiligten organisiert, wobei die Zwischenergebnisse präsentiert wurden und eine Diskussion mit Industriebeteiligung erfolgte. Es wurde der vorliegende Endbericht und das Ansuchen für das Folgejahr erstellt.

AP2: Dünnwandige Betonsegmente

- Entwicklung von dünnwandigen Betonsegmenten aus vorgefertigten Elementen
 Es wurde eine Detailplanung samt statischer Berechnungen ausgearbeitet. Dabei wurde besonderes Augenmerk auf eine möglichst einfache Montage auf der Baustelle gelegt. Abb.3 zeigt den Zusammenbau eines Segments und Abb.4 eine Ansicht des Prototyps. In Abb.5 ist ein Berechnungsmodell für den Lastfall des Aufbringens von zusätzlichem Ortbeton auf die Bodenplatte und die Deckplatte zu sehen, Abb.6 zeigt das Konstruktionsdetail der oberen Rahmenecke.

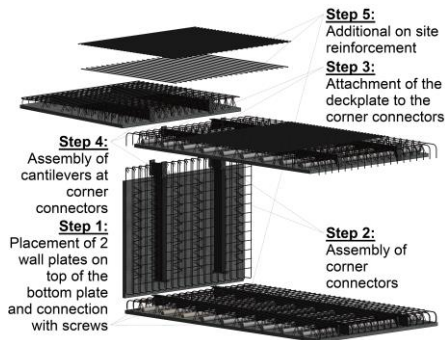


Abb.3: Schematischer Zusammenbau eines Segments aus dünnwandigen Fertigteilplatten mit Stahlträgern.

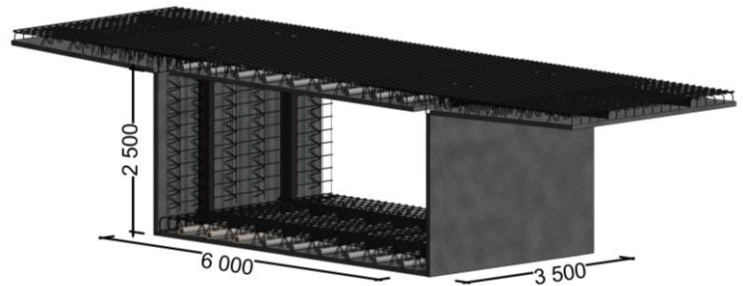


Abb.4: Rendering des fertig zusammengebauten Segments aus dünnwandigen Fertigteilen inklusive sämtlicher Bewehrung und Hüllrohre für den Endzustand.

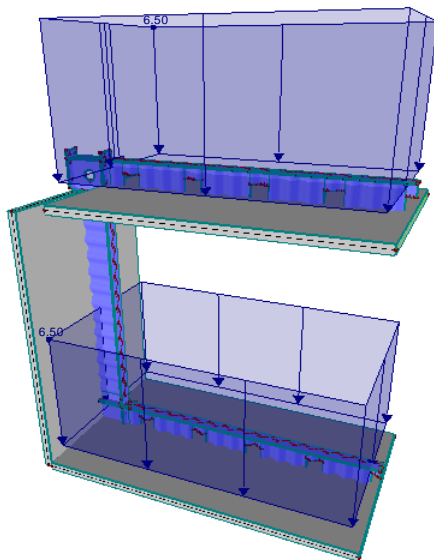


Abb.5: Berechnungsmodell (Bemessung in Querrichtung)

Übersicht Knoten OBEN (nach bauseitigem Zusammenbau) (22 M16 8.8)
 Maßstab 1:10

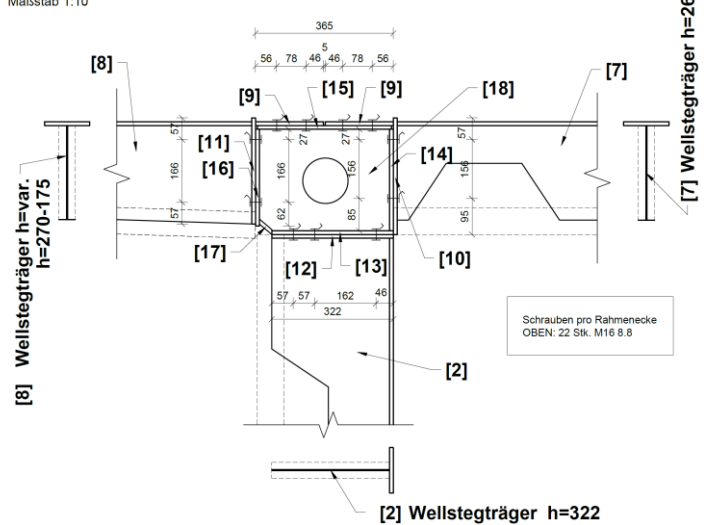


Abb.6: Detaillösung Eckverbindung oben.

- Untersuchungen zur Ausbildung der Querrahmen zur Aussteifung der Betonsegmente
 Für die Ausbildung von Querrahmen ist die Verbindung zwischen Stahlträgern und Beton (siehe zwei Varianten in Abb. 7 und Abb.8), sowie die Schubtragfähigkeit der Stahlträger selbst maßgebend. Um diese Thematik zu untersuchen wurden Schubversuche an dünnen Fertigteilplatten mit Stahlträgern, mit unterschiedlichen Varianten der Verbindung zwischen Stahlträger und Beton, sowie an Doppelwandelementen mit unterschiedlichen Verbinderelementen durchgeführt. Dafür wurde ein eigener Versuchsstand gebaut, welcher das Testen einzelner Probekörper durch eine seitliche Rückhaltekonstruktion ermöglicht. (siehe Abb.9). Die Auswertung der durchgeführten Versuche ist für das zweite Forschungsjahr geplant.



Abb.7: Stahlträger mit durchgesteckten Querstäben als Verbinder

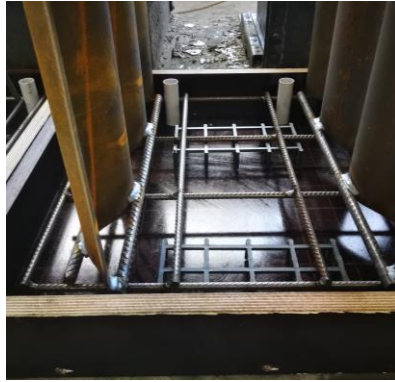


Abb.8: Stahlträger mit angeschweißten Längsstäben als Verbinder

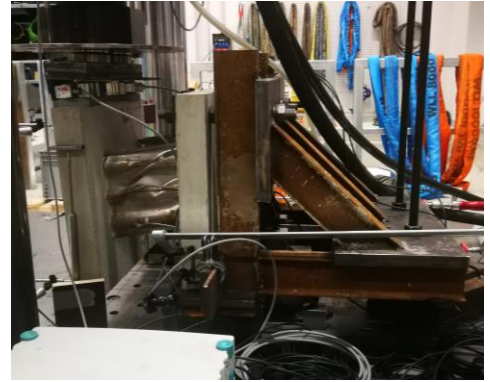


Abb.9: Versuchsaufbau mit einer Doppelwand und Kappema - Verbindungselementen

- Untersuchungen zur Ausbildung der Verbindungen zwischen Querrahmen und Fertigteilplatten Diese Thematik wurde im Zuge der oben angeführten Schubversuche untersucht.
- Entwicklung von Lösungsvorschlägen zur Ausbildung von biegesteifen Verbindungen in den Rahmenecken, die auf dem Montageplatz hergestellt werden können
Es wurden Lösungsvorschläge, wie jener in Abb.2 erarbeitet, Abb.10 bis Abb.12 zeigen die ausgeführten Verbindungsdetails des Prototyps



Abb.10: Detail obere Rahmenecke vor Montage der dünnwandigen Platten



Abb.11: Detail obere Rahmenecke nach Montage der dünnwandigen Platten



Abb.12: Detail untere Rahmenecke nach Zusammenbau des Segments

- Herstellung eines Prototyps
Basierend auf den vorangegangenen Planungen und der Bemessung wurde ein Prototyp eines Segments aus dünnwandigen Fertigteilen hergestellt. Dafür wurden Fertigteilplatten mit Stahlträgern auf einem Standard – Schaltisch betoniert (siehe Abb.13 und Abb.14). Diese haben eine Stärke von 70mm und beinhalten bereits den Großteil der Bewehrung für den Endzustand sowie die Hüllrohre für die Vorspannung. Mithilfe der Schraubverbindungen an den eingebauten Stahlträgern konnten die Einzelteile wie in Abb.3 gezeigt zusammengebaut werden. Die Abb.15 zeigt den Kastenquerschnitt während des Zusammenbaus und die Abb.16 den fertigen Prototyp.



Abb.13: Bewehrungskorb einer Platte mit eingelegten T-förmigen Stahlträgern

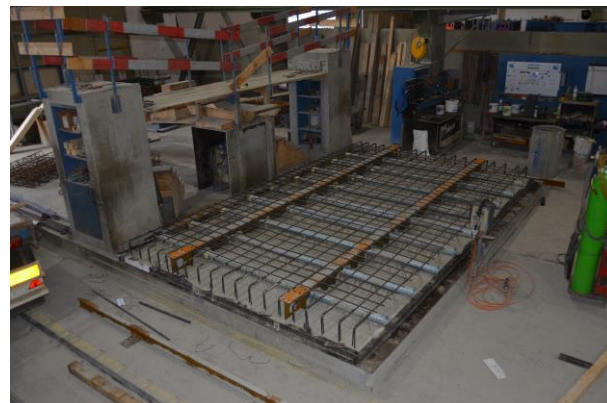


Abb.14: Dünnwandige Platte nach Einbau der Bewehrung für den zusätzlichen Aufbeton



Abb.15: Zusammenbau des Prototyps durch Schraubverbindungen an den Stahlträgern



Abb.16: Prototyp nach Fertigstellung aller Arbeiten

- Belastungsversuche am Prototyp und an den im Jahr 2013 hergestellten Segmenten, die sich noch immer am Lagerplatz der Firma Oberndorfer in Gars am Kamp befinden

An den bestehenden Brückensegmenten wurde die Schubtragfähigkeit der eingebauten Verbindungselemente in den Doppelwänden getestet. Dafür wurden die Bodenplatten in den Ecken mit einer Aufbetonschicht verstärkt und anschließend belastet (siehe Abb.17). Die Versuche haben gezeigt, dass die Verbindungselemente in den Doppelwänden versagten, wobei die Last-Verformungs-Beziehungen in Abb.18 dargestellt sind. Deshalb wurde für das neue Segment ein Querrahmen mit Hilfe von Stahlträgern ausgebildet.

Nach dem erfolgreichen Zusammenbau des Brückensegments in Gars am Kamp wurde dieses wieder demontiert, mit einem Tieflader ins Labor der TU Wien transportiert, um dort im Anschluss getestet zu werden. Insgesamt wurden an dem dünnwandigen Segment drei statische Belastungsversuche durchgeführt. Es wurden zuerst beide Kragarme (Abb.20), anschließend die Deckplatte (Abb.19) und am Ende die Bodenplatte belastet.

Diese Versuche haben gezeigt, dass die Kragplatten stark genug waren um die Lasten, welche aus einer zusätzlichen Aufbetonschicht resultieren würden, aufzunehmen. Diese Platten hatten Stahlträger mit Wellstegen verbaut, welche keine Freischnitte und Öffnungen aufwiesen. Im zweiten Versuch, dem Belasten der Deckplatte konnte die Betonierlast nicht erreicht werden, da der Stahlträger schon davor aus der dünnen Betonplatte gezogen wurde. Dies wird damit begründet, dass die Freischnitte im Steg zu einer zu starken Schwächung des Verbundquerschnitts geführt haben und für die Einleitung der Last von der Betonplatte in den Verbundquerschnitt nicht genug Lasteinleitungslänge vorhanden war.

Basierend auf diesem Ergebnis wurde beim dritten Versuch, der Belastung der Bodenplatte direkt der Stahlträger belastet, um ein Lastweiterleitungsproblem, wie es im Versuch davor aufgetreten ist, zu verhindern. Bei diesem Versuch konnte die Betonierlast wieder nicht erreicht werden. Es zeigte sich, dass der Stahlträger, ebenfalls durch Freischnitte, zu stark geschwächt wurde, um die auftretende Querkraft in die Stegplatten leiten zu können. In der Folge wurde diese Querkraft von der Betonplatte allein aufgenommen und es kam am Ende des Trägers zum Ausreißen der Stahlbauteile aus der Betonplatte.



Abb.17: Belastungsversuche am Prototyp aus dem Jahr 2013

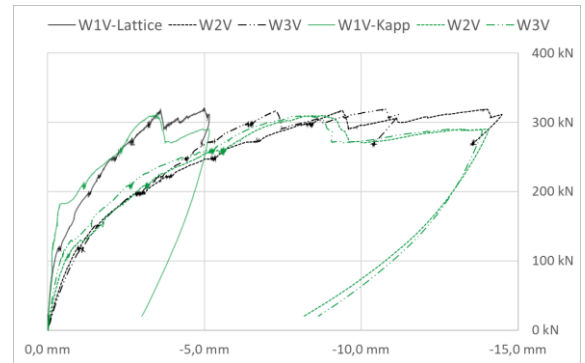


Abb.18: Belastungsversuche am Prototyp aus dem Jahr 2013, Last-Verformungsdiagramme

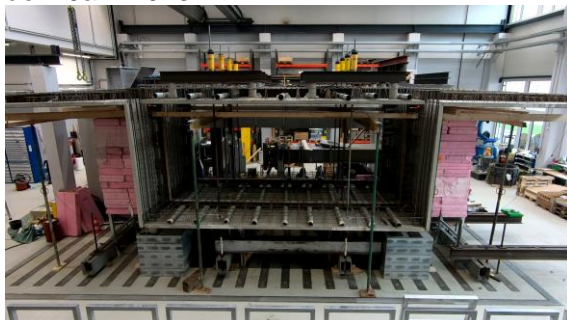


Abb.19: Belastungsversuch der Deckplatte an dem neu gebauten Prototyp



Abb.20: Belastungsversuch der Deckplatte an dem neu gebauten Prototyp

Schlussfolgerungen

Kleinversuche an verschiedenen Verbinder-Varianten von Doppelwänden beziehungsweise Betonplatten mit einbetonierten Wellstegträgern haben gezeigt, dass der gebaute Versuchsaufbau funktioniert und die Verbinder einen erheblichen Einfluss auf die maximal aufnehmbare Querkraft haben. Bezüglich des Verbundes zwischen Stahlträger und Betonplatte konnte festgestellt werden, dass durch das Anschweißen von Längsstäben höhere Lasten aufgenommen werden können als durch durchgesteckte Querstäbe. Eine detaillierte Auswertung der Versuchsergebnisse wird im zweiten Forschungsjahr erfolgen.

Der modulare Zusammenbau des Segments hat sehr gut funktioniert und konnte von wenigen Arbeitern in geringer Zeit bewerkstelligt werden, was das große Potential für die Anwendung in der Baupraxis bestätigt.

Die durchgeführten Versuche haben gezeigt, dass zu große Freischnitte im Bereich der Stege der Stahlträger zu einer erheblichen Reduktion des Tragvermögens führen und die gewählte Lösung nicht genügend Tragwiderstand bietet. Es werden deshalb im zweiten Jahr neue Lösungen erarbeitet.

AP 3: Vorspannkonzepte

- Entwicklung von Konzepten zur Kopplung der Segmente durch Vorspannung
Wird im zweiten Forschungsjahr bearbeitet.
- Entwicklung von Vorspannkonzepten zur Gewährleistung des Dekompressionszustands in typischen Bauzuständen

Es wurde ein Konzept für die Gewährleistung des Dekompressionszustandes für Brücken, die mit dem Taktschiebverfahren gebaut werden, entwickelt und statisch berechnet (siehe Abb. 21). Dabei wurden drei Varianten von Vorbauschnäbeln berechnet und miteinander verglichen (siehe Abb.22). Im zweiten Forschungsjahr werden weitere Konzepte für andere Baumethoden erarbeitet.

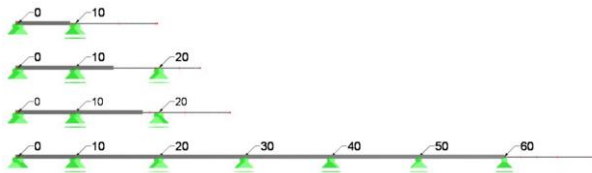


Abb.21: Rechenmodell für das Einschieben eines Brückenträgers.

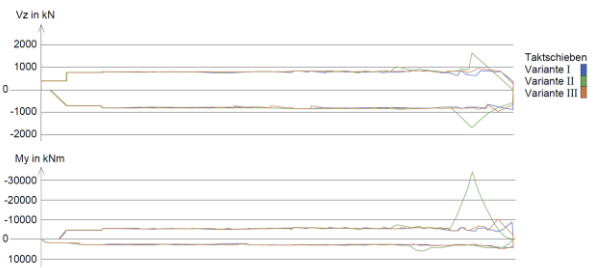


Abb.22: Einhüllende Kurven der Biegemomente und Querkräfte für drei Varianten von Vorbau schnäbeln.

- Entwicklung von Ausbildungsmöglichkeiten der in der Endlage des Brückenträgers erforderlichen Vorspannung unter Einbeziehung der bereits in den Montage- und Bauzuständen aktivierten Spannglieder

Für die oben gezeigte Taktschiebebrücke wurde ein Konzept für eine abschnittsweise Ergänzung des Querschnittes, sowie schrittweises Vorspannen entwickelt. Dieses Betonagekonzept sowie eine mögliche Spannreihenfolge sind in der Abb.23 dargestellt.

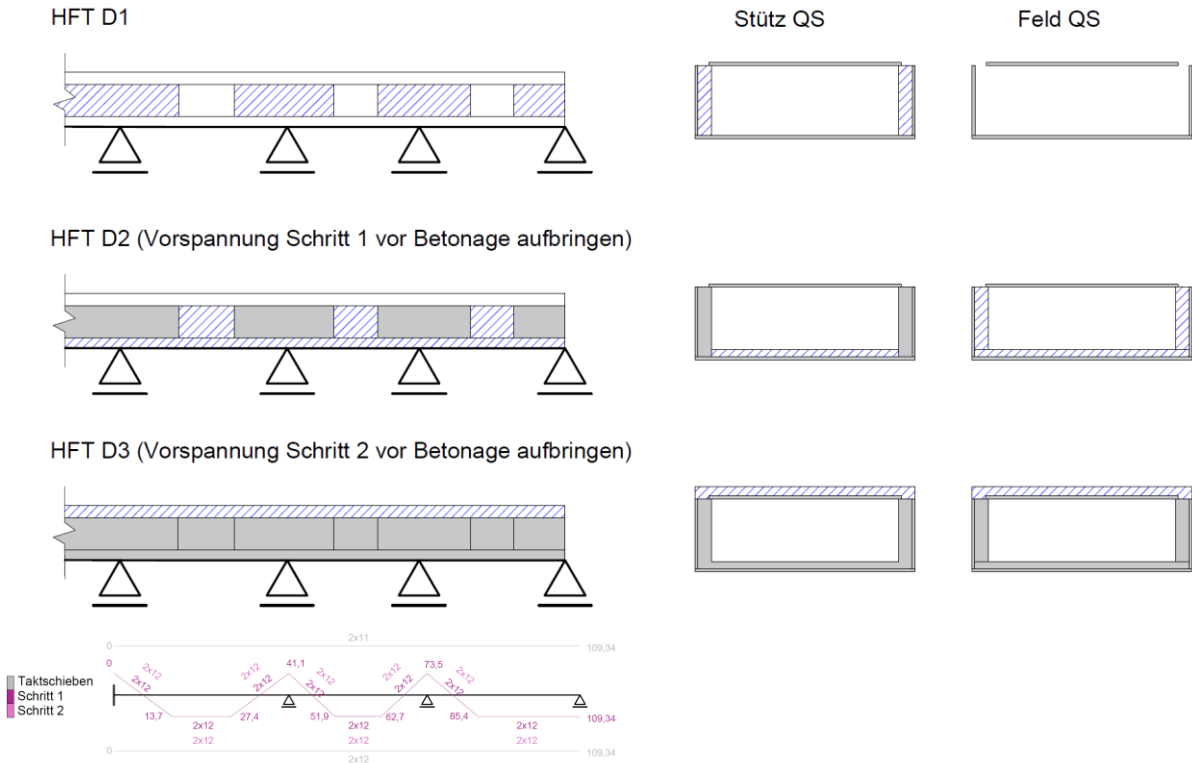


Abb.23: Betonage- und Vorspannkonzept für eine Taktschiebebrücke

Schlussfolgerungen

Die Entwicklung eines Vorspannkonzeptes für eine Taktschiebebrücke hat gezeigt, dass der Dekompressionszustand während aller Bauphasen aufrechterhalten werden kann und die im Bauzustand bereits verwendeten Spannglieder für die Nachweise im Endzustand herangezogen werden können. Durch das reduzierte Eigengewicht im Bauzustand ist eine Reduktion der Spannstahlmenge möglich.

AP 4: Einleitung der Vorspannkkräfte

- Entwicklung von Konstruktionen zur Einleitung der Vorspannkkräfte in die dünnwandigen Betonsegmente

Für die Einleitung der Vorspannkkräfte in die dünnwandigen Betonsegmente wurde eine Ecklisene entwickelt. Um eine möglichst einfache Montage auf der Baustelle zu ermöglichen, wurde diese für eine Fertigteilbauweise konzipiert. Abb.24 zeigt das Herstellen der Ecklisene, welche als „Fertigteil im Fertigteil“ in der späteren Stegplatte verbaut wird (siehe Abb.25). Abb.26 zeigt die Herstellung der Bodenplatte mit einer Ausnehmung und Anschlussbewehrung. Die Fertigstellung der Konstruktion ist in Abb.26 durch das Vergießen der Ausnehmung mit Vergussmörtel gezeigt.

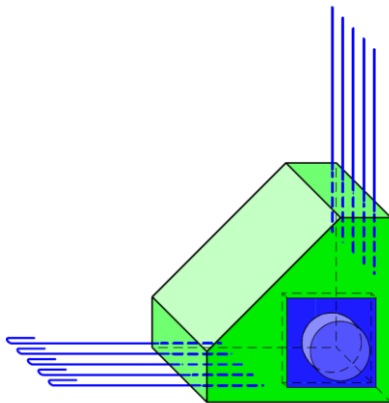


Abb.24: Lisene als Fertigteil mit Anschlussbewehrung

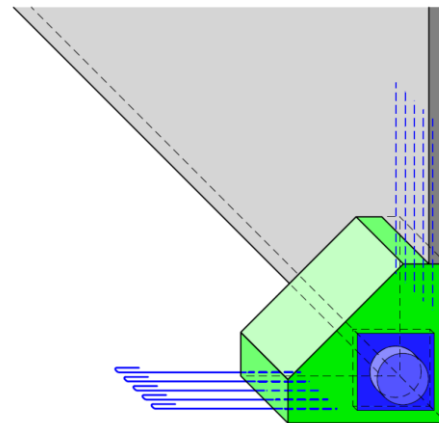


Abb.25: Lisene und Steg werden bereits im Werk verbunden

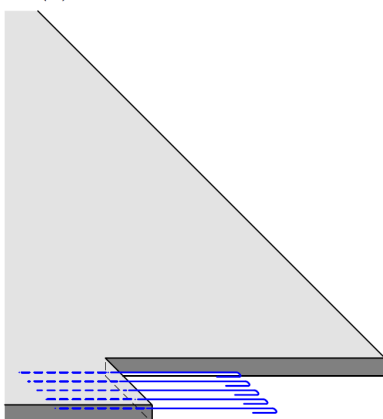


Abb.26: Flansch als Fertigteil mit Anschlussbewehrung

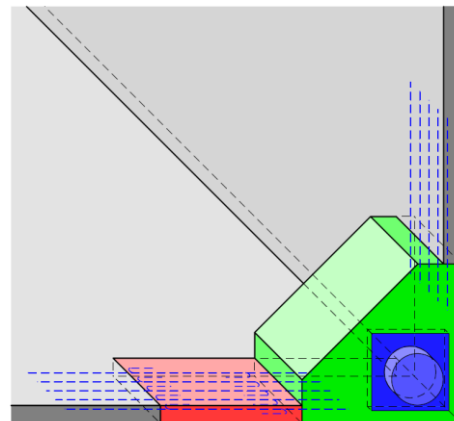


Abb.27: Zusammensetzen der Fertigteile auf der Baustelle mit Vergussmörtel

- Experimentelle Untersuchungen zur Ermittlung des Tragverhaltens beim Aufbringen der Vorspannkkräfte
 Experimentelle Untersuchungen sind in Planung und sollen im zweiten Forschungsjahr durchgeführt werden.
- Zerstörende Bauteilversuche zur Ermittlung der Tragfähigkeit
 Zerstörende Bauteilversuche zur Ermittlung der Tragfähigkeit sind für das zweite Forschungsjahr geplant.
- Numerische Simulation mit nichtlinearen Finite Elemente Programmen zur Quantifizierung der wesentlichen Einflüsse auf das Tragverhalten
 Für die zuvor beschriebene Ecklisene wurden Stabwerkmodelle entwickelt (Abb.28) und das Bauteilverhalten unter Anwendung eines nichtlinearen Finite Elemente Programms untersucht. Ein Ergebnisbild dieser Berechnungen ist in Abb.29 zu sehen.

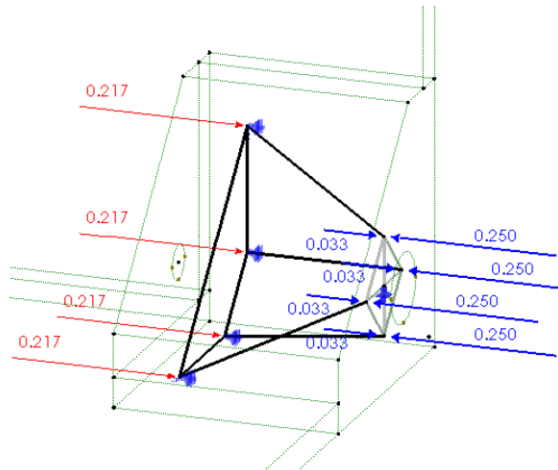


Abb.28: Stabwerkmodell für die Verteilung der Kräfte in der Lisene

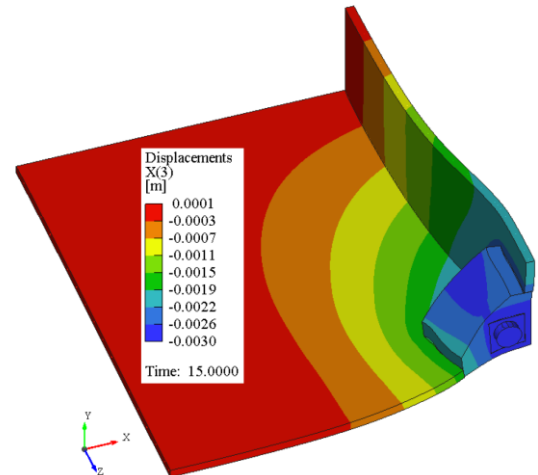


Abb.29: Berechnungsergebnisse aus der nichtlinearen Finite Elemente Analyse (Verformungen)

Schlussfolgerungen

Die entwickelte Konstruktion zur Einleitung der Vorspannkräfte ist eine Ecklisene welche mit Hilfe von Stabwerkmodellen sowie nichtlinearen Finite Elemente Methoden untersucht wurde. Dabei zeigte sich, dass eine Einleitung der Kräfte im Flächenschwerpunkt der Lisene zu einer günstigen Verteilung der Spannungen führt. Für das zweite Forschungsjahr sind experimentelle Untersuchungen an solchen Lasteinleitungskonstruktionen vorgesehen.

AP 5: Schubkraftübertragung in den Fugen

- Entwicklung von Fugenausbildungen bei den Querfugen zwischen den vorgefertigten Elementen, den Querfugen zwischen den Segmenten und den Längsfugen zwischen den vorgefertigten Elementen

Für die Querfugen zwischen den Segmenten wurde aufgrund der in AP2 festgestellten Herstellungstoleranzen der einzelnen vorgefertigten Elemente die Ausführung einer Mörtelfuge gewählt. Zugleich wird durch den Mörtelausgleich eine gleichmäßige Übertragung der relativ hohen Vorspannkkräfte sichergestellt. Dabei wurden zunächst drei Ausführungsvarianten angedacht: glatte Oberflächen (plain), Schubnocken (keyed) und eine profilierte Nutauführung (grooved), welche in Abb.30 dargestellt sind.



Abb.30: Glatte Oberfläche, Schubnocken, Fuge mit profilierter Nut

- Experimentelle Überprüfung des Fugentragverhaltens und der aufnehmbaren Schubkraft der Fugen.

Für die experimentelle Untersuchung der Querfugen (siehe Herstellung einer Fuge in Abb.31), welche statisch im Bauzustand von hoher Relevanz sind, wurde ein eigener Versuchsstand entwickelt. Mit diesem ist es möglich die Wirkung der vorhandenen Druckspannung in den Experimenten zu erfassen (siehe Abb.32). Die erste Versuchsserie bestehend aus 16 Versuchen wurde bereits durchgeführt. Im nächsten Forschungsjahr erfolgt die Auswertung der Versuchsserie, welche einen Vergleich der ermittelten Fugentragfähigkeit mit den Angaben nach Eurocode und fib Model Code umfasst.



Abb.31: Fugenherstellung bei Versuchskörpern

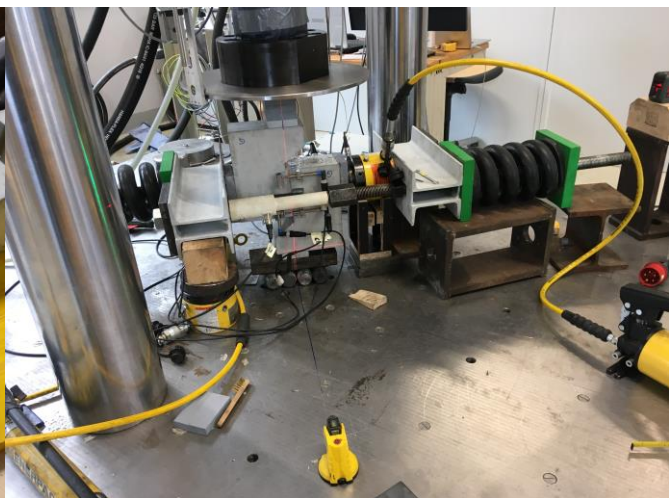


Abb.32: Aufbringung einer konstanten Normalspannung im Versuchsstand

Schlussfolgerungen

Bei den Experimenten zeigte sich die Praxistauglichkeit des entwickelten Versuchsstandes und dass die Schubtragfähigkeit der Fuge durch die Verwendung einer Schicht aus hochfestem Mörtel gesteigert wird. Die Auswertung der Messergebnisse erfolgt im nächsten Forschungsjahr.

AP 6: Querschnittsergänzung

- Ausarbeitung von Möglichkeiten zur Aufbringung von näherungsweise horizontal angeordneten Betonschichten auf einer Bodenplatte oder einer Deckplatte. Es kann auf Erfahrungen aus dem FFG-Projekt Nr. 853886 (Fahrbahnplatte) zurückgegriffen werden. Die Beanspruchungen in den Fertigteilplatten sind rechnerisch zu untersuchen. Das Aufbringen von mehreren Betonschichten oder temporäre Unterstützungen sind in ihrer Wirkungsweise und in ihrem Aufwand miteinander zu vergleichen.

Die Erfahrungen aus dem FFG-Projekt Nr.853886 (Fahrbahnplatte) wurden aufgearbeitet. Dabei stellte sich heraus, dass das Aufbringen von horizontalen Betonschichten auf Halbfertigteile sowohl schrittweise als auch zur Gänze in einem Arbeitsgang erfolgen kann. Maßgebende Faktoren für das Aufbringen sind die Tragfähigkeit und die Verformungen der Fertigteile. Für die Bemessung der mit Ortbeton verstärkten Betonelemente ist die Rauigkeit der Betonoberfläche von großer Bedeutung, es wird ein Aufrauen der Fertigteile im Werk empfohlen. Der Vergleich des Aufwandes unterschiedlicher Methoden erfolgt im zweiten Forschungsjahr.

- Entwicklung von Lösungsvorschlägen zur Aufbringung von näherungsweise vertikal angeordneten Betonschichten auf den Innenseiten der Stege. Für das Aufbringen einer zusätzlichen Betonschicht auf die Stege sind unterschiedliche Möglichkeiten (Spritzbeton, verlorene Schalelemente aus hochfestem Beton, Schalelemente und lagenweise Einbringung des Füllbetons) zu untersuchen. Das Aufbringen von Spritzbeton und die lagenweise Herstellung sollen in Versuchen erprobt werden. Die ermittelten Festigkeiten der aus unterschiedlichen Betonschichten bestehenden Stege soll experimentell (Druckfestigkeit, Haftzugfestigkeit, Spaltzugfestigkeit) festgestellt werden. Im ersten Forschungsjahr soll die Aufbringung der Stegverstärkung mittel Spritzbeton an den Wandplatten experimentell untersucht werden.

Es wurden drei Lösungsvorschläge für das Aufbringen von näherungsweise vertikal angeordneten Betonschichten auf den Innenseiten der Stege erarbeitet, welche im zweiten Jahr experimentell an den Fertigteilen des im Arbeitspaket 2 hergestellten Prototypen getestet werden.

In Variante 1 (siehe Abb.33) wird eine vertikale Schalung mit Schrägstützen im Inneren des Hohlkastens aufgebaut und an der Deckplatte, sowie an den Stahlträgern der Bodenplatte fixiert.

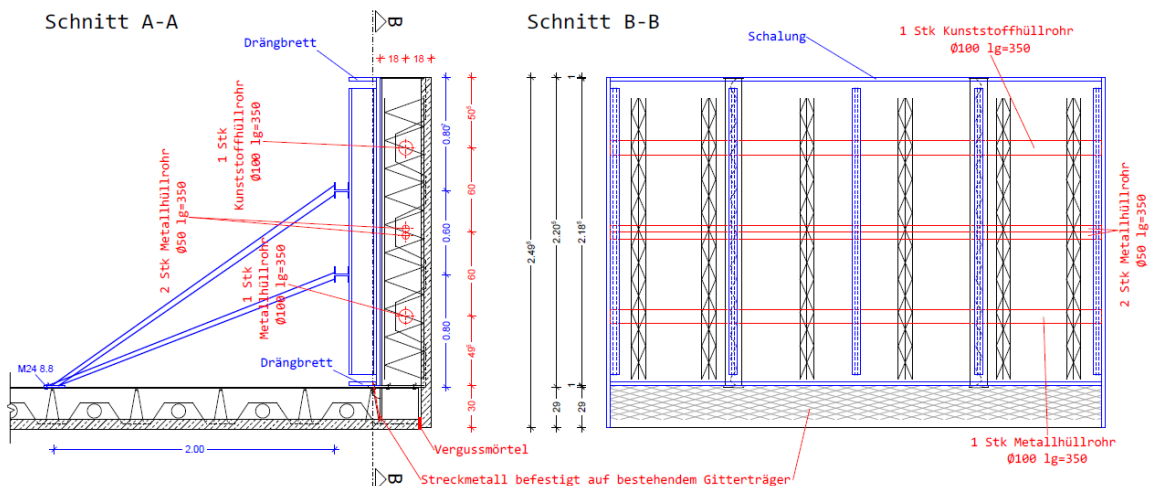


Abb.33: Ergänzungsvariante 1: Elementschalung mit Schrägstützen (Versuchsaufbau)

In Variante 2 wird Spritzbeton auf die Halbfertigteile aufgebracht. Dabei sollen in den Experimenten sowohl verschiedene Bewehrungsgrade als auch unterschiedliche Hüllrohre mit und ohne zusätzliche Bewehrung untersucht und miteinander verglichen werden.

In Variante 3 erfolgt die Ergänzung durch den Einbau von Fertigteilplatten, welche eine geringere Länge, als die Platten der Stegwände aufweisen, dadurch bleibt ein Bereich für das Koppeln von etwaigen Hüllrohren im Steg frei. Dieser Bereich wird vor der Betonage mit einer Schalung verschlossen, welche an den Stahlträgern mit Ankerstangen angeschraubt wird. Variante 3 ist in Abb.35: dargestellt. Für die praktische Erprobung dieser Ausführungsvariante

werden die beiden Kragplatten des im Arbeitspaket 2 hergestellten Segments vertikal aufgestellt und repräsentieren somit zwei Stegplatten mit einer dazwischen liegenden Segmentfuge.

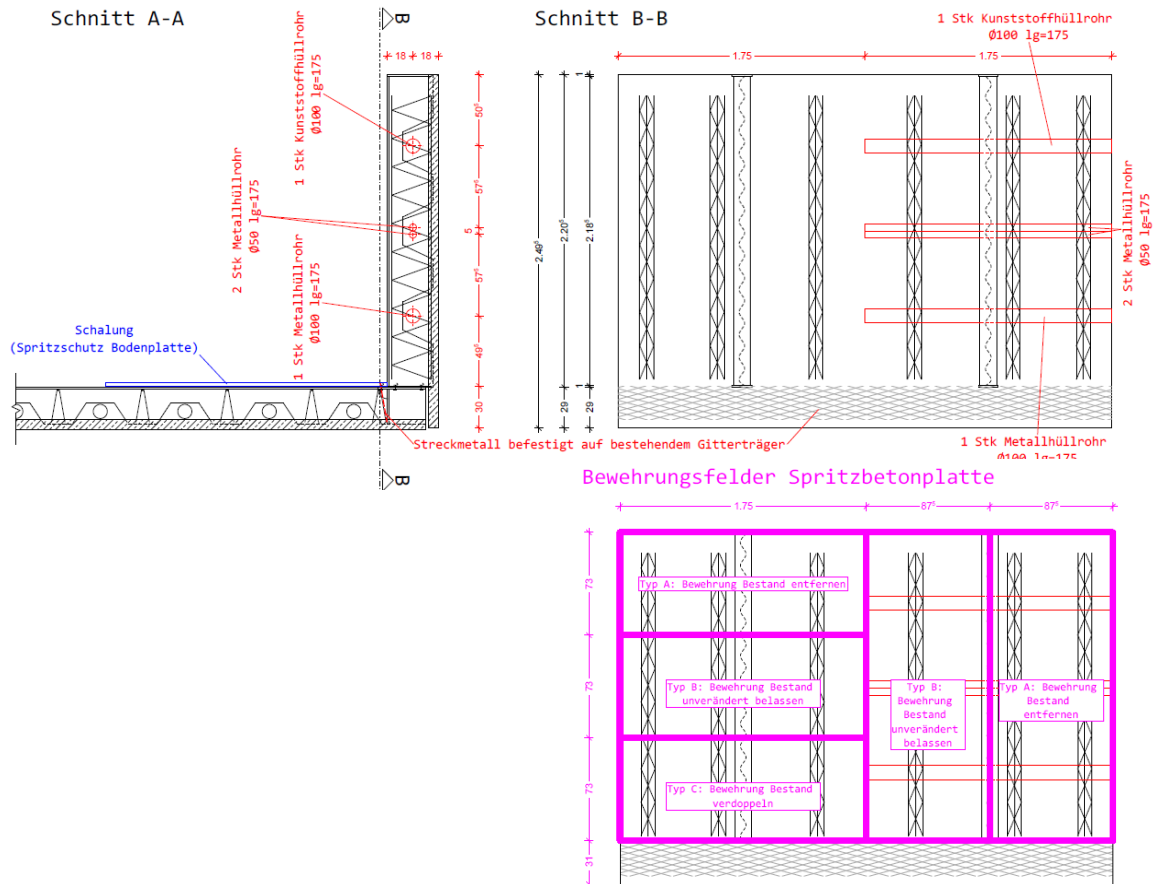


Abb.34: Ergänzungsvariante 2: Spritzbeton auf die vertikalen Stegplatten aufbringen

In Variante 3 erfolgt die Ergänzung durch den Einbau von Fertigteilplatten, welche eine geringere Länge, als die Platten der Stegwände aufweisen, dadurch bleibt ein Bereich für das Koppeln von etwaigen Hüllrohren im Steg frei. Dieser Bereich wird vor der Betonage mit einer Schalung verschlossen, welche an den Stahlträgern mit Ankerstangen angeschraubt wird. Variante 3 ist in Abb.35 und Abb.36 dargestellt. Für die praktische Erprobung dieser Ausführungsvariante werden die beiden Kragplatten des im Arbeitspaket 2 hergestellten Segments vertikal aufgestellt und repräsentieren somit zwei Stegplatten mit einer dazwischen liegenden Segmentfuge.

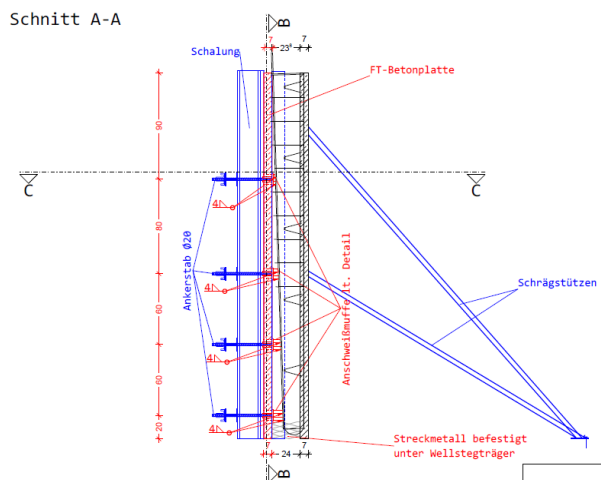


Abb.35: Ergänzungsvariante 3: Fertigteilplatten mit Schalung an den Stahlträgern angeschraubter Schalung im Querschnitt

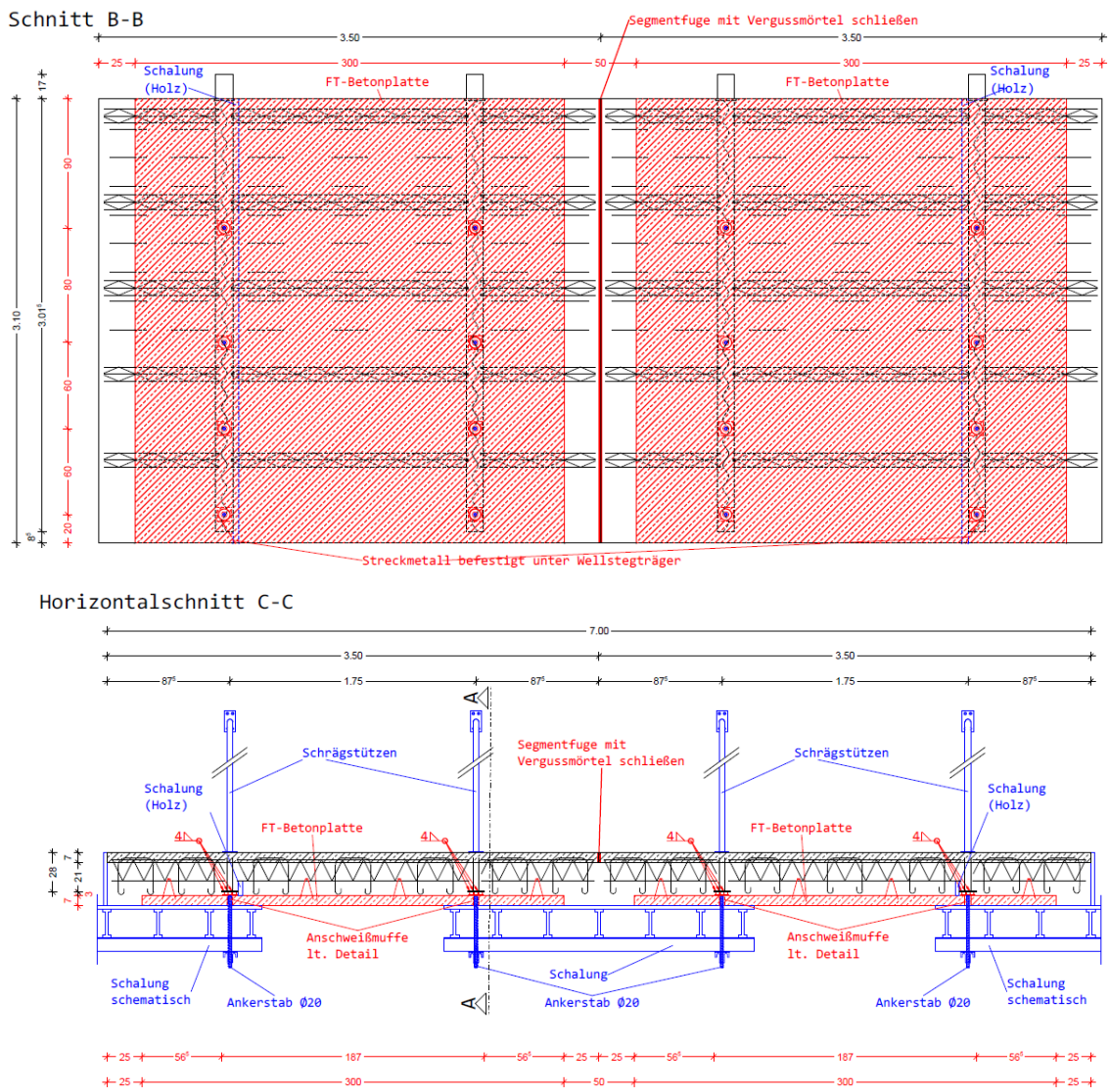


Abb.36: Ergänzungsvariante 3: Fertigteilplatten mit Schalung an den Stahlträgern angeschraubter Schalung im Längsschnitt und Horizontalschnitt

AP 8: Technischer Anwendungsbereich

- Der technische Anwendungsbereich des neuen Bauverfahrens soll durch Vergleichsberechnungen mit den bekannten Brückenbauverfahren festgestellt werden. Dazu ist die Berechnung unter Einbeziehung der Bauphasen für die bekannten Bauverfahren und unterschiedliche Spannweiten erforderlich.

Für die Anwendung des neuen Bauverfahrens auf Brücken, die mit dem Taktschiebeverfahren hergestellt werden, wurde ein Konzept erstellt. Basierend darauf wurde ein Alternativentwurf für eine bestehende Brücke in Wien erstellt. Der ausgeführte Querschnitt ist in Abb.37 und der Querschnitt des Alternativentwurfes in Abb.38 zu sehen. Im zweiten und dritten Forschungsjahr werden weitere Konzepte für andere Brückenbauverfahren und Vergleichsberechnungen durchgeführt.



Abb.37: Querschnitt der ausgeführten Brücke

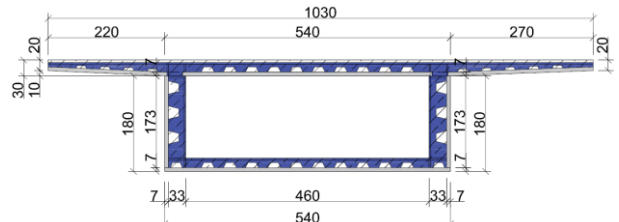


Abb.38: Querschnitt des Alternativentwurfes

- Die erforderlichen Massen für die Alternativentwürfe mit der eigenen Technologie sind zu ermitteln und mit den Massen der konventionell hergestellten Brücken zu vergleichen.
 Ein Massenvergleich für die berechnete Taktschiebebrücke wurde erstellt und die wichtigsten Ergebnisse sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Er zeigt das große Einsparungspotential auf.

Tabelle 1: Massenvergleich ausgeführte Taktschiebebrücke und Alternativentwurf

		Beton	Spannstahl	schlaaffe Zusatzbewehrung			Stahl gesamt
				A _{s,längs}	A _{s,Bü}	A _{konstr.}	
		t/lfm	t/lfm	t/lfm			t/lfm
Originalentwurf	Endzustand	17,09	0,31	0,16	0,12	0,43	1,03
Alternativentwurf	Endzustand	13,04	0,19	0,15	0,09	0,33	0,77
Taktschieben	Abweichung	-24%	-39%	-5%	-22%	-24%	-25%

Projektteam und Kooperationen

Gibt es wesentliche Veränderungen im Projektteam (interne SchlüsselmitarbeiterInnen und externe Partner/Dritteleister)?

- Gehen Sie auf Änderungen in der Arbeitsaufteilung ein.
 Gibt es Auswirkungen auf die Kosten- / Finanzierungsstruktur und die Zielsetzung?

Herr Dipl.-Ing. Sebastian Maier hat die TU Wien verlassen, seine Aufgabengebiete hat Herr Dipl.-Ing. Michael Rath zur Gänze übernommen. Im übrigen Projektteam, wie auch in der Arbeitsaufteilung bzw. der Kosten-/Finanzstruktur gibt es keine Änderungen.

3. Wirtschaftliche und wissenschaftliche Verwertung

Beschreiben Sie die bisherigen Verwertungs- und / bzw. Weiterverbreitungsaktivitäten.
Ist eine Verwertung möglich?

- Listen Sie Publikationen, Dissertationen, Diplomarbeiten sowie etwaige Patentmeldungen, die aus dem Projekt entstanden sind, auf.

Welche weiterführenden F&E-Aktivitäten sind geplant?

Wie werden die im Projekt geschaffenen Prototypen weiter verwendet?

Verwertung- bzw. Weiterverbreitungsaktivitäten

Die Entwicklung des Projekts wurde bereits bei verschiedenen Veranstaltungen präsentiert:

IABSE Symposium in Nantes	September 2018	Beitrag im Tagungsband Präsentation vor internationalem Publikum
Fib-Congress Melbourne	Oktober 2018	Beitrag im Tagungsband Präsentation vor internationalem Publikum. Auszeichnung durch den „Award for best paper“
Fib Symposium Krakau	Mai 2019	Beitrag im Tagungsband Präsentation vor internationalem Publikum
IABSE-Congress in New York City	September 2019	Beitrag im Tagungsband Posterpräsentation vor internationalem Publikum
China-Austria Forum for Postgraduates of Civil engineering	Oktober 2019	Beitrag im Tagungsband Präsentation vor internationalem Publikum
1. Workshop mit allen Projektbeteiligten	Dezember 2019	Vorstellung des Projektstands und konstruktive Diskussion mit den Projektpartnern

Liste der Publikationen:

Die folgenden Publikationen wurden bereits veröffentlicht.

Patente

- [1] J. Kollegger, S. Fasching:
"Verfahren zur Herstellung eines Brückenträgers einer Spannbetonbrücke";
Patent: Österreich, Nr. AT 520 193; eingereicht: 07.11.2017, erteilt: 15.02.2019.
- [2] J. Kollegger, S. Fasching, S. Maier, T. Huber:
"Verfahren zur Herstellung eines Brückenträgers einer Spannbetonbrücke";
Patent: PCT, Nr. PCT/AT2018/060266; eingereicht: 06.11.2018..
- [3] J. Kollegger, T. Huber, S. Fasching, S. Maier:
"Verfahren zur Herstellung einer Verbindung zwischen zwei Bauteilen aus Beton";
Patent: Österreich, Nr. A 50761/2018; eingereicht: 06.09.2018.
- [4] J. Kollegger, S. Maier, S. Fasching, T. Huber:
"Verankerung eines Zugglieds";
Patent: Österreich, Nr. A 50637/2018; eingereicht: 23.07.2018

Vorträge

- [5] S. Fasching, J. Kollegger:
"Building bridges using thin-walled concrete elements and post-tensioning";
 Vortrag: fib congress 2018 - better, smarter, stronger, Melbourne; 07.10.2018 - 11.10.2018; in:
"Proceedings for the 2018 fib congress", (2018), ISBN: 978-1-877040-14-6; S. 3588 - 3593.
- [6] S. Fasching, S. Maier, J. Kollegger:
"Building box girder bridges using thin-walled pre-fabricated elements";
 Vortrag: fib Symposium 2019 CONCRETE Innovations in Materials, Design and Structures 27-29
 May 2019, Kraków, Poland, Krakau; 27.05.2019 - 29.05.2019; in: *"Proceedings of the fib
 Symposium 2019 held in Kraków, Poland"*, (2019), ISBN: 978-2-940643-00-4; S. 1315 - 1322.
- [7] S. Fasching, S. Reichenbach, T. Huber, J. Kollegger:
"Post tensioned box girder bridges made from thin-walled prefabricated elements";
 Poster: 20th CONGRESS OF IABSE New York City 2019, New York; 04.09.2019 - 06.09.2019; in:
"20th CONGRESS OF IABSE New York City 2019", (2019), ISBN: 978-3-85748-165-9; S. 1520 -
 1526.
- [8] J. Kollegger, S. Fasching:
"Building bridges using thin-walled pre-fabricated concrete elements";
 Vortrag: IABSE Symposium Nantes, 2018 - Tomorrow's Megastructures Report, Nantes; 19.09.2018
 - 21.09.2018; in: *"IABSE Symposium Nantes, 2018 - Tomorrow's Megastructures Report"*, (2018),
 ISBN: 978-3-85748-161-1; S. S17-73 - S17-78.

Diplomarbeiten

- [9] V. Mihaylova:
*"Alternativentwurf basierend auf Herstellung mittels Traggerüst für die mit Taktschiebeverfahren
 errichtete Brücke B2314 in Wien und Massenvergleich im Endzustand"*;
 Betreuer/in(nen): J. Kollegger, S. Fasching; E212-2 Institut für Tragkonstruktionen - Betonbau,
 2018; Abschlussprüfung: 14.06.2018.
- [10] R. Hackl:
"Brückenbau mit dem Taktschiebeverfahren unter Verwendung dünnwandiger Betonfertigteile";
 Betreuer/in(nen): J. Kollegger, S. Fasching; Institut für Tragkonstruktionen - Forschungsbereich für
 Stahlbeton- und Massivbau, TU Wien, 2019; Abschlussprüfung: 29.11.2019.

Projektarbeiten

- [11] M. Schwaighofer:
 Großmaßstäbliche Versuche an Brückensegmenten aus Betonhalbfertigteilen. S. Fasching; E212-2
 Institut für Tragkonstruktionen - Betonbau

Weitere Bachelorarbeiten sowie Diplomarbeiten sind bereits in Bearbeitung. Die Weiterverbreitung durch Vorträge und Publikationen bei Konferenzen ist geplant.

Weiterführende F&E Aktivität

Im zweiten Forschungsabschnitt werden die Arbeitspakete entsprechend des Projektantrages bearbeitet. Ziel ist es im dritten Forschungsjahr die gewonnenen Erkenntnisse bei der Herstellung eines Brückenträgers aus einzelnen Segmenten einfließen zu lassen und die Tragfähigkeit der hergestellten Konstruktion in statischen Belastungsversuchen zu erproben.

Geschaffene Prototypen

Im Rahmen des Projekts wurde ein Prototyp eines Brückensegments aus dünnwandigen Fertigteilen hergestellt. An diesem Prototyp werden im zweiten Forschungsjahr verschiedene Varianten der Ergänzung mit Ort beton erprobt. Nach der Versuchsdurchführung werden die Betonbauteile fachgerecht entsorgt.

4. Erläuterungen zu Kosten & Finanzierung

Die Abrechnung erfolgt direkt im eCall bzw. bei bis Sept. 2015 eingereichten Projekten via Excel. Im eCall wird Ihnen automatisch die für Sie richtige Variante präsentiert.

- Beachten Sie den FFG Kostenleitfaden (www.ffg.at/kostenleitfaden) und Ausschreibungsdokumente.

Abweichungen vom Kostenplan sind an dieser Stelle zu beschreiben und zu begründen.

>Text<

5. Projektspezifische Sonderbedingungen und Auflagen

Gehen Sie auf projektspezifische Sonderbedingungen und Auflagen (laut §6 des Förderungsvertrags) ein, sofern diese im Förderungs- bzw. Werkvertrag vereinbart wurden.

Es wurde eine Vereinbarung abgeschlossen, die den Projektbeteiligten, den Mitgliedern der österreichischen Bautechnik Veranstaltungs GmbH und den Mitgliedern der Österreichischen Bautechnik Vereinigung eine Lizenzfreie Verwertung des Patents AT 520193 [1] ermöglicht.

6. Meldungspflichtige Ereignisse

Gibt es besondere Ereignisse rund um das geförderte Projekt, die der FFG mitzuteilen sind (siehe auch Richtlinien – Anhang zu 5.3., 5.3.5), z.B.

Änderungen der rechtlichen und wirtschaftlichen Einflussmöglichkeiten bei dem/der Förderungsnehmer/in
Insolvenzverfahren
Ereignissen, die die Durchführung der geförderten Leistung verzögern oder unmöglich machen
Weitere Förderungen für dieses Projekt

Es gibt keine besonderen Ereignisse, die der FFG mitzuteilen wären.