



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN

FAKULTÄT BAUINGENIEURWESEN Institut für Massivbau www.massivbau.tu-dresden.de



29. DRESDNER BRÜCKENBAUSYMPOSIUM

PLANUNG, BAUAUSFÜHRUNG, INSTANDSETZUNG
UND ERTÜCHTIGUNG VON BRÜCKEN

11./12. MÄRZ 2019

© 2019 Technische Universität Dresden

Alle Rechte vorbehalten.

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers.

Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen, Handelsnamen oder sonstigen Kennzeichnungen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass diese von jedermann frei benutzt werden dürfen. Vielmehr kann es sich auch dann um eingetragene Warenzeichen oder sonstige gesetzlich geschützte Kennzeichen handeln, wenn sie als solche nicht eigens markiert sind.

Herausgeber: Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach
Technische Universität Dresden
Institut für Massivbau
01062 Dresden

Redaktion: Silke Scheerer, Angela Heller

Layout: Ulrich van Stipriaan

Anzeigen: Harald Michler

Titelbild: Beyer, Kurt: Südthailand. Zweibogige Betonbrücke im Bau, 1912/1913
Foto: SLUB Dresden / Deutsche Fotothek / Kurt Beyer

Druck: addprint AG, Am Spitzberg 8a, 01728 Bannewitz / Possendorf

ISSN 1613-1169
ISBN 978-3-86780-585-8



**TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN**

Institut für Massivbau <http://massivbau.tu-dresden.de>

Tagungsband

29. Dresdner Brückenbausymposium

Institut für Massivbau

Freunde des Bauingenieurwesens e.V.

TUDIAS GmbH

11. und 12. März 2019

Inhalt

Herzlich willkommen zum 29. Dresdner Brückenbausymposium	9
<i>Prof. Dr.-Ing. habil. DEng/Auckland Hans Müller-Steinhagen, Rektor der TU Dresden</i>	
Verleihung der Wackerbarth-Medaille	13
Laudatio für Prof. Dr.-Ing. Jürgen Stritzke aus Anlass der Verleihung der Wackerbarth-Medaille der Ingenieurkammer Sachsen	14
<i>Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach</i>	
Christian Menn – Brückenbauer, Lehrer, Ästhet	17
<i>Dr.-Ing. Silke Scheerer, Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach</i>	
Aktuelles zum Regelwerk des Bundes für den Ingenieurbau	25
<i>TRDir Prof. Dr.-Ing. Gero Marzahn</i>	
Die Maputo-Katembe-Brücke, das neue Wahrzeichen Mosambiks – Drei Bauverfahren bei der längsten Hängebrücke Afrikas	29
<i>Dipl.-Ing. Joern Seitz, Dipl.-Ing. (FH) Martin Pohl</i>	
Monitoring und Visualisierung im Infrastrukturbau.....	47
<i>Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Mark, Dr.-Ing. David Sanio, Dr.-Ing. Steffen Schindler</i>	
Verkehrsinfrastruktur für Hamburg – Neubau der Waltershofer Brücken im Hamburger Hafen.....	59
<i>Dr.-Ing. Christoph Vater</i>	
Erfahrungsbericht aus Österreich über die Anwendung von neuen Verfahren im Brückenbau	73
<i>o.Univ.Prof. Dr.-Ing. Johann Kollegger, Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Benjamin Kromoser, Dipl.-Ing. Dr.techn. Bernhard Eichwalder</i>	
Stahlverbund-Großbrücken mit oberliegender Fahrbahn als Querschnitte mit Teilfertigteilen und Schrägstreben bzw. Konsolen	85
<i>Prof. Dr.-Ing. Karsten Geißler, Dipl.-Ing. Gregor Gebert</i>	
Kurt Beyers Beitrag zur Baustatik	101
<i>Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Karl-Eugen Kurrer</i>	
Nachrechnungsdefizite bei Massivbrücken – Ein Problem der Tragfähigkeit oder [doch nur] der Modellvorstellung?	129
<i>Prof. Dr.-Ing. Oliver Fischer; Sebastian Gehrlein, M.Sc.; Nicholas Schramm, M.Sc.; Marcel Nowak, M.Sc.</i>	
Was tun, wenn Annahmen und Realität nicht zusammenpassen?	149
<i>Dr.-Ing. Hans-Gerd Lindlar, Dr.-Ing. Stefan Franz, Dipl.-Ing. Lars Dietz, Dr.-Ing. Bastian Jung, M. Eng. Tarik Tiyma</i>	
Lebenszykluskostenbetrachtungen für chloridexponierte Bauteile von Brücken- und Tunnelbauwerken	161
<i>Dr.-Ing. Angelika Schießl-Pecka, Dipl.-Ing. Dipl.-Ing. Anne Rausch, Dr.-Ing., MBA und Eng. Marc Zintel, Dipl.-Ing., MBA Luzern Christian Linden</i>	
Dauerhafte und wirtschaftliche Straßenbrücken mit Halbfertigteilen aus vorgespanntem Carbonbeton	173
<i>Dr.-Ing. Frank Jesse, Dipl.-Ing. Andreas Apitz, Prof. Dr. sc. techn. Mike Schlaich</i>	
Der 30-Jahre-Zyklus der Brückeneinstürze und seine Konsequenzen	185
<i>Prof. Dr.-Ing. habil. Dirk Proske</i>	
Chronik des Brückenbaus	197
<i>Zusammengestellt von Dipl.-Ing. (FH) Sabine Wellner</i>	
Inserentenverzeichnis	207

Erfahrungsbericht aus Österreich über die Anwendung von neuen Verfahren im Brückenbau

o.Univ.Prof. Dr.-Ing. Johann Kollegger¹, Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Benjamin Kromoser², Dipl.-Ing. Dr.techn. Bernhard Eichwalder³

1 Einleitung

Die Entwicklung von neuen Bauverfahren im Brückenbau ist eines der bevorzugten Tätigkeitsfelder am Institut für Tragkonstruktionen an der TU Wien. Mit Hilfe der Infrastrukturbetreiber ASFINAG und ÖBB, der österreichischen Bauunternehmungen, der österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) sowie des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT) konnten in den zurückliegenden Jahren die notwendigen finanziellen Mittel aufgestellt werden, die erforderlich sind, um aus Ideen in der Praxis einsetzbare Bauverfahren zu entwickeln. Dieser Erfahrungsbericht konzentriert sich auf drei aktuelle Brückenprojekte mit Erstanwendungen von an der TU Wien entwickelten Bauverfahren aus den Jahren 2016 bis 2019. Über frühere Projekte der TU Wien, wie beispielsweise die Verstärkung der Autobahnüberführung Golling mit externen Spanngliedern aus CFK-Drähten oder die Herstellung der Egg-Graben-Brücke mit einer Fahrbahnplatte ohne Betonstahlbewehrung, wurde bereits an anderer Stelle berichtet [1]–[3].

Den drei in diesem Bericht vorgestellten Praxisanwendungen und auch den früheren Beispielen ist gemeinsam, dass zahlreiche experimentelle Untersuchungen, oft über einen Zeitraum von mehreren Jahren, durchgeführt wurden, um die Anwendungsreife bei den neuen Bauverfahren zu erreichen. Die Experimente erfolgten, wenn es möglich war, an Probekörpern im Originalmaßstab der späteren Bauanwendung oder, falls dies nicht möglich war, in einem möglichst großen Maßstab. Eine weitere Gemeinsamkeit der nachfolgend beschriebenen Beispiele für die Umsetzung von Innovationen in reale Bauwerke ist, dass in allen Fällen internationale Patente für die zugrunde liegenden Technologien erteilt wurden. In einem Fall (Fahrbahnübergangskonstruktion, s. Abschnitt 2) lagen nur vier Jahre zwischen der Patentanmeldung [4] und der Umsetzung.

Bei dem Schalenbauverfahren waren mehrere Entwicklungsschritte [5]–[7] erforderlich und es verstrichen 13 Jahre von der ersten Patentanmeldung im Jahr 2004 [8] bis zum Bau der Wildbrücke AM2 (s. Abschnitt 3). Der erste Einsatz des Brückenklappverfahrens (s. Abschnitt 4), das im Jahr 2006 in Deutschland zum Patent [9] angemeldet wurde, verzögerte sich auf Grund der Schwierigkeiten, die mit der Erteilung des Umweltverträglichkeitsbescheids für die Fürstenfelder Schnellstraße (S7) verbunden waren. Erst im Januar 2019 erfolgte der Baubeginn für die Umsetzung der Entwürfe aus dem Jahr 2009 für die Lafnitzbrücke und die Lahnbachbrücke.

2 Einsatz von fugenlosen Fahrbahnübergangskonstruktionen (FÜK) bei der Satzengrabenbrücke

Ein großes Problem bei langen integralen Brücken stellt das Dilatationskonzept dar. Für Brücken bis ca. 70 m können die Längenänderungen der Brücke mit einfachen, abgesenkten Schlepplattenkonstruktionen in den Damm eingeleitet werden, ohne dass Schäden im darüberliegenden Fahrbahnaufbau entstehen. Bei längeren Brücken kommt es jedoch oft zu Belagsrissen und Setzungen hinter den Widerlagern. Daher wurde in den vergangenen Jahren zum Thema der integralen Brücken viel geforscht. Die Motivation vieler Projekte geht stark aus der Initiative der Infrastrukturbetreiber hervor, die einen hohen Nutzen dieser Bauweise durch reduzierte Instandhaltungsarbeiten erkennen. Die Problematik mit dem Übergangsbereich zwischen Brücke und Straßenkörper wird in zahlreichen Forschungsarbeiten beschrieben, beispielsweise in [10]–[12].

Um die bis heute noch unzureichend gelöste Problematik der Übergangskonstruktionen bei langen integralen Brücken in den Griff zu bekommen, wurde an der TU Wien eine neue Fahrbahnübergangskonstruktion

¹ TU Wien, Institut für Tragkonstruktionen

² Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Konstruktiver Ingenieurbau

³ Retter & Partner Ziviltechniker Ges.m.b.H, Krems an der Donau

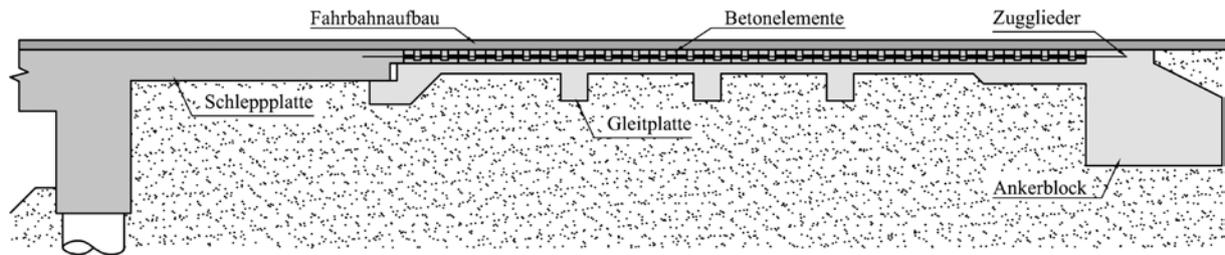


Bild 1 Übersicht der einzelnen Komponenten der neu entwickelten FÜK (Längsschnitt)

Grafik: © Bernhard Eichwalder

(FÜK) für integrale Brücken entwickelt und in mehreren Ländern patentiert [4], [13], [14]. Eine schematische Darstellung der neu entwickelten FÜK und ihrer Komponenten zeigt Bild 1. Das grundlegende Funktionsprinzip der neuen Konstruktion basiert darauf, dass die Verformungen, welche durch Temperaturänderungen, Schwinden, Kriechen und äußere Belastung am Widerlager entstehen, nicht punktuell am Brückende durch eine Dehnfuge in der Fahrbahn aufgenommen, sondern über einen längeren Bereich hinter dem Widerlager verteilt werden. Durch die Verteilung der Verformungen ist es möglich, einen vom Institut für Verkehrswissenschaften – Forschungsbereich Straßenbau der TU Wien entwickelten Fahrbahnaufbau nahtlos von der Brücke bis zum Damm durchzuführen. Dadurch entsteht ein oberflächlich fugenfreier Fahrwegübergang.

Nach Ausarbeitung der Konzeption im Zuge eines Projekts der Verkehrsinfrastrukturforschung [15] wurde mithilfe des österreichischen Autobahnbetreibers ASFINAG das Ziel gesetzt, die neu entwickelte Konstruktion über den Bau eines Prototyps schließlich unter realen Bedingungen in einem Pilotprojekt einzusetzen. Um eine praxisgerechte Anwendung der Konstruktion zu ermöglichen, war der Bau eines Prototyps auf einem Testgelän-

de der Fa. Franz Oberndorfer GmbH & Co KG zweckdienlich. Anhand der erstmaligen Herstellung konnten sehr wichtige Erfahrungswerte gesammelt und Fehlerquellen erkannt werden [16], [17].

Aufgrund der positiven Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt wurde seitens der ASFINAG ein Pilotprojekt ins Leben gerufen, bei dem die neu entwickelte FÜK ihre erste Anwendung gefunden hat. Bei dem Pilotprojekt handelt es sich um einen 112 m langen Talübergang, welcher im Zuge der Erweiterung der Nord/Weinviertel Autobahn A5 zwischen Schrick und Poysbrunn im nördlichen Niederösterreich im Bereich der Ortschaft Wilfersdorf im Weinviertel entstanden ist. Die wirtschaftlichen und betriebstechnischen Vorteile der integralen Bauweise bewegten die ASFINAG dazu, diesen Talübergang als vollintegrales Bauwerk zu planen. Um die Probleme der Dilatation bei so einem langen Tragwerk in den Griff zu bekommen, wurde der neu entwickelte Fahrwegübergang als Lösungsvariante gewählt. Da diese Brücke mit der neuen FÜK die erste ihrer Bauweise war, entschied sich die ASFINAG dazu, ein umfangreiches Monitoringprogramm zu installieren, um die Brücke zu überwachen. Das Pilotprojekt soll dazu dienen, die Dauerhaftigkeit der Übergangskonstruktion in der Praxis aufzuzeigen. Dabei sollen wichtige Erfahrungswerte



Bild 2 Einbau der Fahrwegübergangskonstruktionen an den jeweiligen Brückenden

Foto: aus [18], © Asfinag, reproduced with permission



Bild 3 Satzengrabenbrücke kurz vor der Eröffnung im Dezember 2017

Foto: aus [18], © Bernhard Eichwalder, reproduced with permission

über das Verhalten und die Dauerhaftigkeit der neuen FÜK im Zusammenspiel mit der Brücke gesammelt werden.

Die Brücke wurde als vollintegrale Plattenbrücke aus Stahlbeton mit monolithischen Anschlüssen zu den Pfeilern und zur Widerlagerwand und ohne Fuge im Fahrbahnaufbau ausgeführt. Dabei wurde jede Richtungsfahrbahn als eigenes Tragwerk erstellt. Die 112 m lange, fünffeldrige Brücke teilt sich in zwei 20 m lange Randfelder und drei 24 m lange Mittelfelder auf. Die Brückenpfeiler lagern auf einer Tieffundierung bestehend aus jeweils vier Bohrpfeilern. Die Widerlagerwände sind auf jeweils sechs Bohrpfeilern fundiert. Bild 2 zeigt die sich im Bau befindliche Satzengrabenbrücke während des Einbaus der FÜK. Die fertiggestellte Brücke kurz vor der Eröffnung im Dezember 2017 ist im Bild 3 dargestellt.

Die aus der Statik ermittelten Verformungen des Widerlagers betragen ca. ± 30 mm [19]. Die daraus abgeleitete FÜK besteht aus 25 Betonelementen und weist eine Länge von 10 m auf. Über diese Länge werden die Längenänderungen der Brücke kontinuierlich abgebaut und vom Fahrbahnaufbau aufgenommen. Die obenliegende Schleppplatte (vgl. Bild 1) dient dazu, die lokalen Setzungen hinter der Widerlagerwand zu überbrücken, und leitet die Verformungen zur FÜK weiter. Die Gleitplatte wurde als geschliffene Betonplatte ausgeführt und durch Querrippen mit dem darunterliegenden Damm verbunden. Um die Scherkräfte aus der FÜK in den Damm einleiten zu können, wurde der Damm unter der Gleitplatte zementstabilisiert ausgeführt.

Im Rahmen des Monitoringprogramms werden die Tragwerkstemperaturen an unterschiedlichen Stellen, die Brückenlängenänderung, die Dehnung der FÜK und die Fahrbahntemperaturen gemessen und aufgezeichnet. Anhand dieser Messungen ist es auch möglich, das Verformungsverhalten der FÜK kontinuierlich zu beobachten.

Bisher wurde das beobachtete Tragverhalten des Brückentragwerkes seit Oktober 2017 analysiert. Anhand der Beobachtung der bisherigen Messreihe ist festzuhalten, dass für beide Richtungstragwerke ein durchgehender qualitativer Gleichklang (Proportionalität) zwischen der Einwirkungstemperatur und den sich daraus ergebenden Zustandsgrößen

- Brückenverformung (Distanzmessung des Abstands zwischen den Widerlagern),
- Brückenendverformungen sowie
- Brücken- und FÜK-Dehnungen

besteht.

Die aktuellen Ergebnisse des Monitorings liefern einen ersten Einblick in das Verformungsverhalten des Brückenobjektes und lassen positive Rückschlüsse auf das Verhalten der FÜK zu. Die messtechnische Überwachung der beiden Brückentragwerke bzw. der einzelnen Brückenelemente wird bis Herbst 2020 fortgesetzt.

Mit dem Bau der Satzengrabenbrücke entlang des Neubauabschnitts der Nord/Weinviertel Autobahn A5 konnte eine 112 m lange integrale Brücke mit einer neuartigen FÜK realisiert werden. Neben der innovativen Konstruktion der Brücke wurde mit der Entwicklung der neuen FÜK bis hin zur Praxisfähigkeit ein großer Schritt in Richtung von wartungsfreien Übergängen gemacht. Die theoretischen Überlegungen zur Aufteilung der Verformungen durch die Betonelemente und zur Aufnahme der Dehnungsspitzen durch den mehrschichtigen Fahrbahnaufbau konnten sowohl im Zuge der Entwicklung, als auch durch die ersten Monitoringergebnisse an der Satzengrabenbrücke bestätigt werden. Für zukünftige Anwendungen der neu entwickelten Konstruktion war der erstmalige Einbau in diesem Pilotprojekt von besonderer Bedeutung. Hierdurch konnten sehr wichtige Erfahrungswerte gesammelt,

Projektdaten

Auftraggeber:	ASFINAG Bau Management GmbH, Wien
Entwicklung/Planung FÜK:	TU Wien – Institut für Tragkonstruktionen in Kooperation mit dem Institut für Verkehrswissenschaften
Brückenplaner:	FCP – Fritsch, Chiari & Partner ZT GmbH, Wien
Prüfingenieur:	KMP ZT – GmbH, Linz
Ausführende Firma:	ARGE A5 BL03-Betonbau – Strabag, Porr, Habau
Unterstützung des Forschungsvorhabens:	ASFINAG, Wien ÖBB Infrastruktur AG, Wien Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien Franz Oberndorfer GmbH & Co KG, Gunskirchen

Fehlerquellen erkannt und wichtige Ergebnisse aufgrund des eingesetzten Monitorings gewonnen werden.

3 Herstellung der Probeschale „Manta“ und der Wildbrücke AM2 mit dem Schalenbauverfahren „Pneumatic Forming of Hardened Concrete (PFHC)“

Optimiert man die Form eines Betontragwerks entsprechend der Lastpfade beispielsweise zu einer Schale, so kann das Material Beton, charakterisiert durch eine hohe Druckfestigkeit und vergleichsweise niedrige Zugfestigkeit, bestmöglich ausgenutzt werden. Betonschalen als Tragwerke weisen insgesamt ein sehr günstiges Tragverhalten auf. Große Spannweiten können mit einem verhältnismäßig geringen Materialaufwand ressourcenschonend realisiert werden. Wird die Form des Tragwerks günstig gewählt, stellt sich im Tragwerk ein Membranspannungszustand ein und es treten im Querschnitt hauptsächlich gut vom Beton aufnehmbare Druckspannungen und nur geringe, für das Tragwerk ungünstige Biege- bzw. Zugspannungen und transversale Schubspannungen auf. Problematisch dabei ist die Herstellung der Schalung von meist komplexen

freigeformten Strukturen. Ein an der TU Wien entwickeltes Bauverfahren mit dem Namen *Pneumatic Forming of Hardened Concrete* (PFHC) stellt dabei eine wirtschaftliche Alternative dar [5]–[8]. Der Ansatz zur Reduktion des Herstellungsaufwandes für die Schalung von Betonschalen ist dabei, eine ursprünglich ebene, bewehrte Betonplatte aushärten zu lassen und diese nachträglich zu einer zweifach gekrümmten Betonschale zu verformen. Die ebene Platte wird dabei wie im Bild 4 dargestellt mit Hilfe eines darunter angeordneten Pneus angehoben. Dieser Prozess wird zusätzlich durch das Anspannen von am Umfang verlegten Spanngliedern unterstützt. Kern des Verfahrens ist der Umformungsprozess, bei dem der ausgehärtete Beton und die Bewehrung in der Lage sein müssen, die großen Verformungen aufzunehmen.

Im Zuge von Voruntersuchungen wurden 4-Punkt-Biegeversuche an unterschiedlich bewehrten rechteckigen Betonplatten mit 50 mm, 100 mm und 120 mm Dicke durchgeführt. Als geeignete Bewehrung konnten Nirosta-Stahlseile und Glasfaserverbundkunststoffstäbe (GFK) bestimmt werden [20]. Diese können einfach eingebaut werden und garantieren gleichmäßige Dehnungen während des Verformungsprozesses und somit gleichmäßige Krümmungen der Betonplatten. Die praktische Anwendbarkeit des Bauverfahrens konnte bereits in Großversuchen an einer Kugelschale mit 13 m Durchmesser und 3,2 m Höhe und einer freigeformten Betonschale mit einem Grundriss von 10,8 m × 17,6 m und einer Höhe von 2,9 m [7], jeweils mit 50 mm Dicke, erfolgreich getestet werden.



Bild 4 Umformungsprozess von der ursprünglich ebenen Platte zur zweifach gekrümmten Schale mit Hilfe des darunter angeordneten Pneus und am Umfang verlaufenden Spannlitzen (orange) Grafik: Thomas Pachner



Bild 5 Fertiggestellte Veranstaltungsüberdachung (links) und fertiggestellte Wildbrücke AM2 (rechts)
Fotos: © Christoph Panzer (links), © Benjamin Kromoser (rechts)

Als nächsten Entwicklungsschritt wurde das Bauverfahren im Auftrag der ÖBB Infrastruktur AG von der Fa. Kostmann GmbH nach der Planung der TU Wien in Zusammenarbeit mit dem Ingenieurbüro Öhlinger + Partner Ziviltechniker Ges.m.b.H erstmals für die Errichtung von zwei Betonschalen, einer Veranstaltungsüberdachung (Bild 5 links) und einer Wildbrücke über die Koralmbahn (Bild 5 rechts), praktisch angewendet [21]. Die Idee war dabei, das erste Bauwerk (Maßstab 1:2 kleiner als die Wildbrücke AM2), die Veranstaltungsüberdachung, als zusätzlichen Zwischenschritt für eine weitere Optimierung des Bauverfahrens, der Bauausführung und der Planung zu nutzen. Im Dezember 2016 konnte der Umformungsprozess der ersten Betonschale in Kärnten erfolgreich durchgeführt werden. Dabei wurde die 80 t wiegende Betonplatte (Grundrissabmessungen $28,3 \times 21,4$ m) mit einem Luftdruck von nur 20–22 Millibar angehoben und zur geplanten Betonkuppel verformt. Die besonders glatte Oberflächenform ist einer ausgeklügelten Geometrieoptimierung zu verdanken [22]. Nach Abschluss des Umformungsprozesses wurde noch eine zusätzliche bewehrte Aufbeton-

schicht in den für die endgültige Tragstruktur relevanten Bereichen aufgebracht. Abschließend wurde die Struktur ausgeschnitten. Die Veranstaltungsüberdachung konnte im Sommer 2017 fertiggestellt werden. Die Struktur hat eine Höhe von 4,2 m und weist Grundrissabmessungen von 26,5 m und 19,1 m auf.

Im Frühjahr 2017 wurde direkt im Anschluss nach einer weiteren Optimierung des Bauverfahrens mit der Errichtung der Wildbrücke AM2 begonnen [21]. Zuerst wurden die Baugruben für die beiden Fundamente mit einem Bagger mit GPS-Unterstützung ausgehoben und anschließend die Fundamente inklusive der außerhalb angeordneten Entwässerung hergestellt. Im Anschluss wurden die Fundamente eingeschüttet und die Sauberkeitsschicht sowie die ebene, bewehrte Arbeitsfläche betoniert (s. Bild 6, links). Diese diente im Bauzustand bis zur Fertigstellung der Hinterfüllung als Zugplatte. Im Anschluss wurden der Pneu (Gewicht 1 t) ausgebreitet, die Schalung präzise positioniert (Bild 6, rechts), die Bewehrung und die Einbauteile montiert sowie die Hüllrohre eingebaut. Die Hüllrohre am Umfang der ebe-

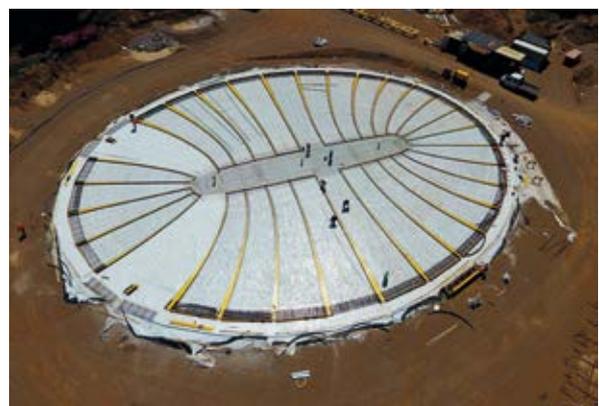


Bild 6 Herstellen der Platte zwischen den Fundamenten der Wildbrücke AM2 (links) und Verlegen der Schalelemente für die keilförmigen Aussparungen (rechts)
Fotos: © Benjamin Kromoser



Bild 7 Ursprünglich ebene Platte (links) und fertiggestellte, umgeformte Betonschale (rechts) der Wildbrücke AM2
Fotos: © Benjamin Kromoser



Bild 8 Aufbringen des bewehrten Aufbetons (links) und Hinterfüllen des Brückentragwerkes (rechts)
Fotos: © Benjamin Kromoser

nen Platte wurden so positioniert, dass diese in der Endlage in konstanter Höhe angeordnet sind und einen stetigen Krümmungsverlauf aufweisen. Im Anschluss wurde die 100 mm

dicke ebene Platte mit der Randverdickung betoniert. Nach dem Ausschalen wurden die Abstandhalter und die Querverschubsicherungen montiert (rote Stahlprofile im Bild 7).

Projektdaten

Auftraggeber: ÖBB Infrastruktur AG, Wien

Entwurf, Berechnung: TU Wien, Institut für Tragkonstruktionen

Planung: Öhlinger + Partner Ziviltechniker Ges.m.b.H, Wien

Prüfingenieur: Zimmermann, Kuss & Partner ZT GmbH, Nötsch

Ausführende Firma: Kostmann GesmbH, St. Andrä

Unterstützung des Forschungsvorhabens: Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH, Wien | Österreichische Bautechnik Vereinigung, Wien | DOKA GmbH, Amstetten | ÖBB Infrastruktur AG, Wien | ASFINAG, Wien | STRABAG AG, Wien | Porr Bau GmbH, Wien | ALPINE Bau GmbH, Wien | Bilfinger Baugesellschaft mbH, Wien | Holcim (Wien) GmbH | TIWO Wopfing Tiefbau- und Umweltbaustoffe GmbH, Wopfing | Lafarge Zementwerke GmbH, Wien | Sika Österreich GmbH, Wien | Festo Gesellschaft mbH, Wien

Im nächsten Schritt wurde die ebene Platte in rund fünf Stunden mit einem Überdruck von lediglich max. 32 Millibar zu der geplanten Schale verformt (Bild 7, rechts). Zu Beginn wurde der Hebeprozess nur mit Hilfe des Pneus durchgeführt. Im weiteren Verlauf wurde der Umformungsprozess zusätzlich durch das Anspannen der Spannlitzen unterstützt. Anschließend wurde im Bereich des Brückentragwerks der Aufbeton lagenweise durch Spritzen bzw. mit Hilfe einer Betonpumpe aufgebracht (links in Bild 8). Abschließend wurden die Portale abgebrochen, der Randbalken hergestellt, die Abdichtung aufgebracht, die Steinschichtung hergestellt und die Brücke hinterfüllt (Bild 8, rechts). Die Gesamtdicke des fertiggestellten Betonschalentragwerks beträgt 0,45 m.

Das durch den Umformungsprozess hergestellte Betonschalentragwerk AM2 wird nach der Inbetriebnahme der Koralmbahn den Wildwechsel über die Bahnstrecke in der Nähe des Ortes Wiederndorf ermöglichen. Im Vergleich zur ursprünglich geplanten Variante, einem Stahlbetonrahmen, konnte bei der Wildbrücke

AM2 die Umweltbelastung, beurteilt am Treibhauspotential (CO₂-Äquivalente), um rund 40 % verringert werden.

4 Erstanwendung des Brückenklappverfahrens bei der Errichtung der Lafnitz- und der Lahnbachbrücke auf der S7

Bei der Vorbereitung des Beitrages für das 25. Dresdner Brückenbausymposium [1] war ein unmittelbar bevorstehender Baubeginn für die Fürstenfelder Schnellstraße (S7) im Südosten Österreichs zu erwarten. Durch weitere Einsprüche und nachfolgende Gerichtsverfahren wurde der Baubeginn nochmals um vier Jahre verschoben und erfolgte schließlich im Januar 2019. In dem Beitrag [1] wurde der geplante Einsatz des Brückenklappverfahrens bei der Lafnitz- und der Lahnbachbrücke bereits erläutert und soll deshalb hier nur kurz zusammengefasst werden.

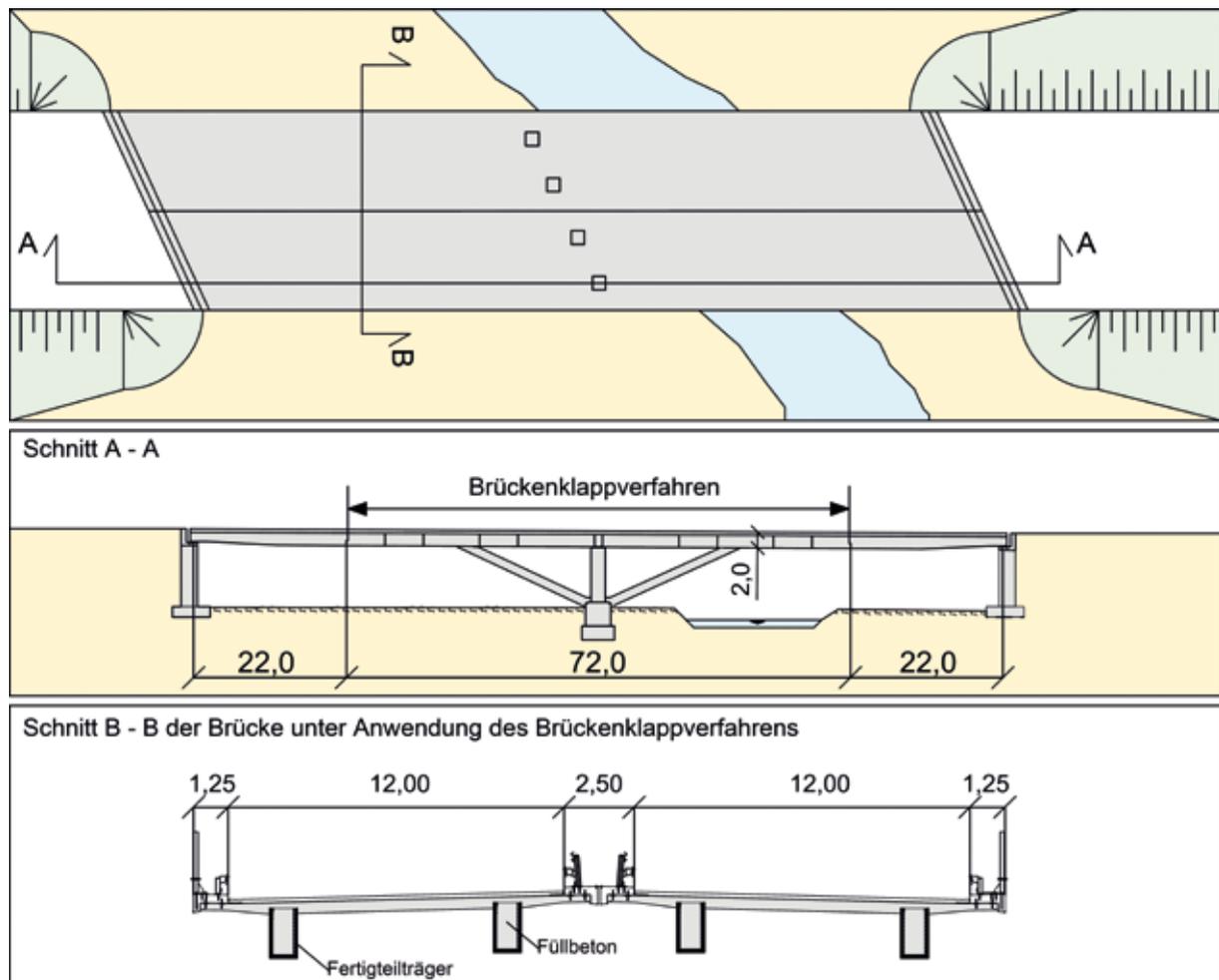


Bild 9 Grundriss und Schnitte der Brücke über die Lafnitz

Grafik: Susanne Gmainer

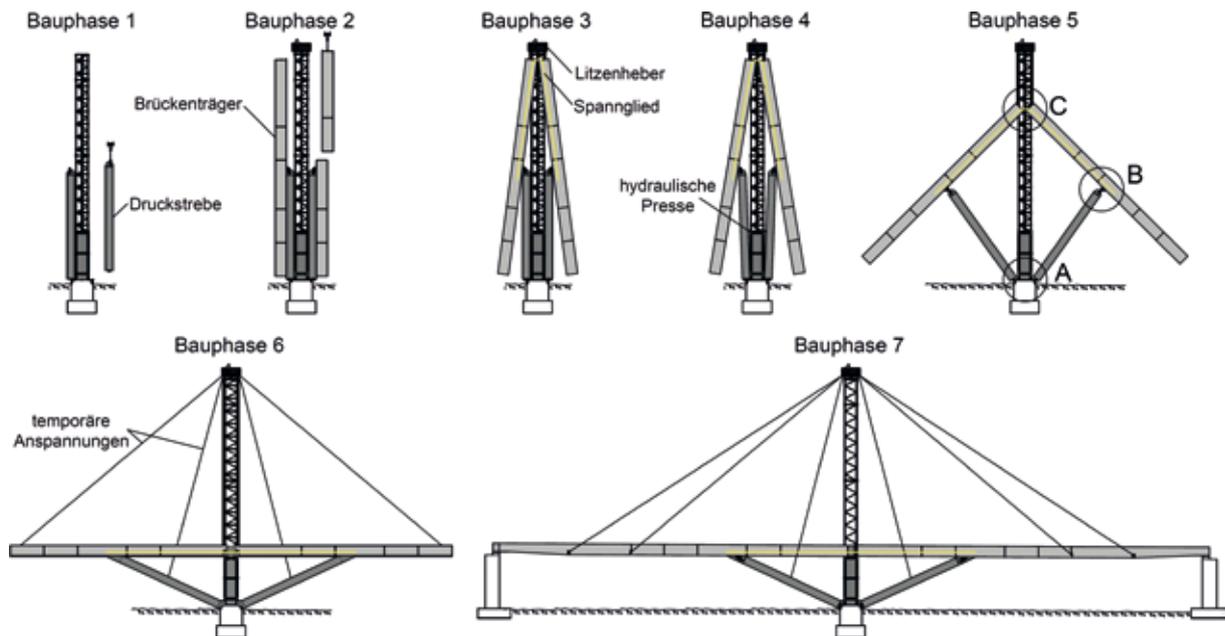


Bild 10 Herstellung eines Steges der Lafnitzbrücke

Grafik: Sara Reichenbach

Im Rahmen des Auftrags der ASFINAG Bau Management GmbH für die Fürstenfelder Schnellstraße (S7) kommt es derzeit zur Erstanwendung des Brückenklappverfahrens bei den Brücken über die Lafnitz und den Lahnbach. Die Längen der Lafnitz- und der Lahnbachbrücke betragen 116 m und 100 m. Die Brücken werden als zweifeldrige Spannbetontragwerke mit getrennten Tragwerken je Fahrbahnrichtung mit einer Breite von jeweils 14,50 m ausgeführt. Der Tragwerksquerschnitt wird durch einen zweistufigen Plattenbalken gebildet, dessen Konstruktionshöhe 2,00 m beträgt, s. Bild 9. Da nur die Stege der Plattenbalken geklappt werden, handelt es sich um vier separate Brückenklappvorgänge, die für den Bau einer Brücke durchgeführt werden müssen. Um das Gewicht der während des Klappvorganges bewegten Elemente so klein wie möglich zu halten, werden die Druckstreben und die Brückenträger aus dünnwandigen Fertigteilelementen hergestellt. Durch die Verwendung von Fertigteilelementen werden einerseits ein schneller Bauablauf gewährleistet, andererseits das Gewicht der Elemente minimiert und, da die Fertigteile als verlorene Schalung wirken, die Baukosten reduziert.

Die Bauphasen zur Herstellung eines Steges sind im Bild 10 dargestellt. Nach der Errichtung des Hilfspfeilers aus Turmdrehkranelementen werden die Druckstreben in vertikaler Lage montiert und vorübergehend am Pfeiler fixiert. Die 36 m langen Brückenträger müssen in zwei Stücken angeliefert werden, weil die Zufahrtswege zur Baustelle die Anlieferung in

einem Stück nicht zulassen. In der Bauphase 3 werden die Brückenträger geneigt und sie werden durch ein im Bild 10 in gelber Farbe dargestelltes Spannglied miteinander verbunden. An der am oberen Ende des Hilfspfeilers positionierten Plattform werden Litzenheber installiert, deren Zugglieder mit den oberen Enden der Brückenträger verbunden werden. Vor dem Beginn des eigentlichen Absenkvorgangs ist eine Schiefstellung der Druckstreben erforderlich, die mit auf der Oberseite des Pfeilers montierten hydraulischen Pressen erfolgt (Bauphase 4).

Anschließend erfolgt der Absenkvorgang (Bauphase 5), mit dem die vertikal montierten Brückenträger in eine horizontale Lage gebracht werden. Die Längsneigung der Brücke von 0,6 % wird nach dem Absenken durch das Anspannen bzw. Nachlassen des in gelber Farbe dargestellten Spannglieds bewerkstelligt. In Bauphase 6 werden temporäre Abspannungen mit jeweils vier Litzen montiert und auf vorgegebene Kräfte angespannt. Anschließend werden von den Widerlagern aus Einhängeträger eingehoben, die mit temporären Abspannungen (7 Litzen) mit der am Hilfspfeiler montierten Plattform verbunden werden. Im nächsten Arbeitsschritt werden in den Knotenpunkten zusätzliche Bewehrung verlegt und eine Schalung montiert. Das Verfüllen der Fertigteile mit Ortbeton beginnt mit dem Einbringen des Betons in die Druckstreben. Anschließend wird Beton in zwei Lagen (0,5 m und 1,18 m) in den trogförmigen Brückenträgern eingebracht. Während des lagenweisen Einbringens des Betons in

den Brückenträgern werden zwei Längsspannglieder und die Abspannungen nachgespannt. Der zweite Steg wird in der gleichen Weise hergestellt. Die Herstellung der Fahrbahnplatte ist mit einem Schalwagen vorgesehen.

Bei geeigneten topographischen Randbedingungen ist das Brückenklappverfahren eine wirtschaftliche Alternative zum Taktschiebeverfahren und zum Freivorbau. Auch für die Herstellung von Ersatzbauwerken bietet das Brückenklappverfahren Vorteile, da der Klappvorgang weniger Zeit beansprucht als das Einschleppen eines Brückenträgers und die vertikale Montage auch unter beengten Platzverhältnissen möglich ist. Die Druckstreben reduzieren die Spannweite der Brückenträger und ermöglichen beträchtliche Masseneinsparungen. Das Brückenklappverfahren ist besonders vorteilhaft bei Brücken mit hohen Pfeilern und bei Spannweiten zwischen 50 m und 250 m einsetzbar. Die Beispiele der Lahnbach- und der Lafnitzbrücke zeigen, dass das Brückenklappverfahren jedoch auch für Brücken mit niedrigen Pfeilern – 8 m bei der Lafnitzbrücke und der Lahnbachbrücke – eine wirtschaftliche Alternative ist.

Zwei weitere Beispiele mit geeigneten Randbedingungen für die Anwendung des Brückenklappverfahrens sind im Bild 11 dargestellt. Bei dem Beispiel der Dreifeldbrücke mit geringer Pfeilerhöhe (Bild 11, oben) werden die Druckstreben und Brückenträger auf den beiden

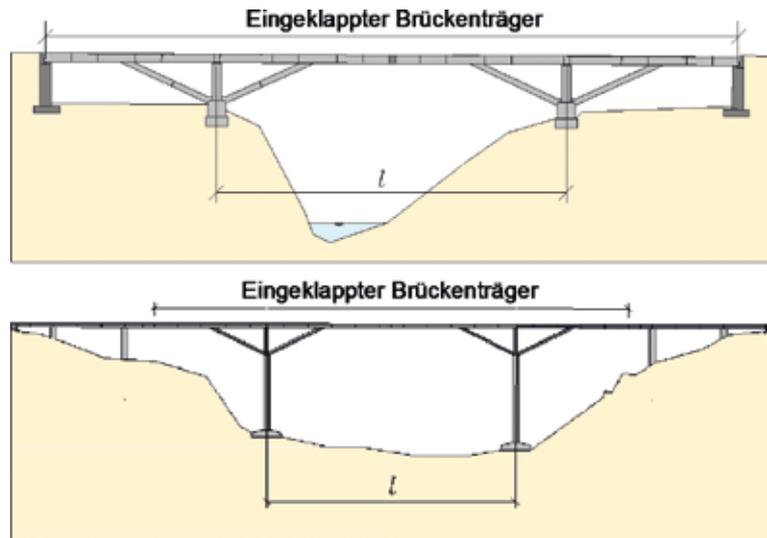


Bild 11 Beispiele mit geeigneten Randbedingungen für den Einsatz des Brückenklappverfahrens

Grafik: Susanne Gmainer

Seiten der zu überspannenden Schlucht in vertikaler Lage montiert. Nach der Durchführung der Klappvorgänge wird die Mittelspannweite durch die eingeklappten Brückenträger überspannt. Der technisch sinnvolle Anwendungsbereich wird bei 50 m bis 100 m für die Hauptspannweite liegen.

Druckstreben werden bei großen mehrfeldrigen Talbrücken eingesetzt, um die Spannweiten des Brückenträgers zu reduzieren. Als Beispiel können die Brücke über die Zahme Gera [23] oder die Haseltalbrücke [24] genannt werden. Beim Brückenklappverfahren sind die Druckstreben ein wesentlicher Bestandteil des während der Herstellung wirksamen Tragsystems. Sie werden hierbei in vertikaler Position montiert, was wesentlich vorteilhafter ist als die Herstellung der geneigten Druckstreben

Projektdaten

Autraggeber: ASFINAG Bau Management GmbH, Wien

Entwurf, Berechnung: TU Wien | Kollegger GmbH, Klosterneuburg

Planung: Schimetta Consult ZT GmbH, Linz

Prüfingenieur: Öhlinger + Partner Ziviltechniker GmbH, Wien

Ausführende Firma: Kostmann GesmbH, St. Andrä im Lavanttal

Unterstützung des Forschungsvorhabens: Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH, Wien | Verband Österreichischer Beton- und Fertigteilwerke, Wien | ASFINAG, Wien | ÖBB Infrastruktur AG, Wien | Franz Oberndorfer GmbH & Co KG, Gunskirchen | STRABAG AG, Wien

der Brücke über die Zahme Gera mit einer Schreitschalung oder die nachträgliche Montage der Druckstreben der Haseltalbrücke.

Der Einsatz des Brückenklappverfahrens bei mehrfeldrigen Talbrücken mit großen Spannweiten ($l = 100$ bis 250 m) erfordert den Einsatz von Brückenträgern mit kastenförmigen Querschnitten aus dünnwandigen Platten, deren Herstellung und Belastbarkeit am Beispiel von 3 m hohen und 6 m breiten Brückenquerschnitten bereits experimentell untersucht wurde [25].

5 Schlussbemerkung

In diesem Beitrag wurden drei Beispiele für die Umsetzung von Innovationen – fugenlose Fahrbahnübergangskonstruktion, PFHC-Schalenbauverfahren und Brückenklappverfahren – bei österreichischen Brückenbauwerken vorgestellt. Die Erstanwendung eines neuen Verfahrens bedingt im Vergleich zu eingeführten Bauverfahren eine sich oft über mehrere Jahre erstreckende Entwicklungsphase und verursacht einen viel höheren Planungsaufwand. Für zukünftige Anwendungen kann für die gezeigten Beispiele auf die nun vorliegenden statischen Berechnungen, die geprüften Ausführungspläne und die in Veröffentlichungen beschriebenen Erfahrungen im Zuge der Bauausführung zurückgegriffen werden, z. B. [18], [21].

Die Herstellung der Fahrbahnübergangskonstruktionen bei der Satzengrabenbrücke und der Wildbrücke AM2 konnte innerhalb der planmäßigen Budgets abgewickelt werden. Nach den den Autoren vorliegenden Informationen waren sowohl die Infrastrukturbetreiber ASFINAG und ÖBB als auch die beteiligten Bauunternehmungen mit dem Resultat der Erstanwendungen sehr zufrieden. Für den Einsatz des Brückenklappverfahrens wird der Praxistest erst im Sommer 2019 erfolgen. Die gute Zusammenarbeit zwischen dem Institut für Tragkonstruktionen der TU Wien und der Bauindustrie wird dadurch belegt, dass dieselbe Bauunternehmung, die die Wildbrücke AM2 gebaut hat, das beste Angebot für die Herstellung der Lafnitz- und der Lahnbachbrücke vorgelegt hat und deshalb im Oktober 2018 mit der Bauausführung dieser Brücken beauftragt wurde.

Die österreichischen Infrastrukturbetreiber fördern seit einigen Jahren die Ausarbeitung von innovativen Lösungsvorschlägen durch das Programm „Verkehrsinfrastrukturforschung“

[15]. Es ist ein erklärtes Ziel von ASFINAG und ÖBB, einen möglichst hohen Anteil der Projektergebnisse innerhalb eines kurzen Zeitraums nach Abschluss der Projekte in der Praxis einzusetzen. Dies schafft sehr günstige Voraussetzungen für die Umsetzung von innovativen Lösungen in reale Projekte. Anzumerken ist jedoch, dass es in so großen Unternehmungen wie der ASFINAG und der ÖBB am Schluss immer einzelne Personen gewesen sind, die sich für unsere Neuentwicklungen interessiert und den Mut für die Beauftragung einer Erstanwendung aufgebracht haben. Für das Vertrauen dieser Personen in unsere Entwicklungen, die Bereitschaft zur Übernahme des mit einer Erstanwendung verbundenen Ausführungsrisikos und die Unterstützung während der Bauausführung sind die Autoren dieses Beitrags sehr dankbar.

Literatur

- [1] Kollegger, J.; Foremniak, S.; Kromoser, B.: Egg-Graben-Brücke, Wildbrücke AM2, Lafnitzbrücke – Anwendung von neuen Bauverfahren in Österreich. In: Curbach, M. (Hrsg.): Tagungsband zum 25. Dresdner Brückenbausymposium – Planung, Bauausführung, Instandsetzung und Ertüchtigung von Brücken, 9./10.3.2015 in Dresden, Dresden: Institut für Massivbau der TU Dresden, 2015, S. 193–214
- [2] Fédération internationale du béton (fib): 2014 fib Awards for Outstanding Concrete Structures. Lausanne: International Federation for Structural Concrete, 2014, S. 26–27
- [3] Horvatits, J.; Gaubinger, B.; Dorn, M.; Cserno, T.; Kollegger, J.: Entwicklung einer Vergussverankerung für Zugglieder aus Faserverbundwerkstoff. Bauingenieur 79 (2004) 3, S. 101–110
- [4] Kollegger, J.; Eichwalder, B.: Fahrbahnübergangsvorrichtung. Österreichisches Patent AT 514 036, eingereicht: 2013, erteilt: 2015
- [5] Preisinger, C.: Numerische und experimentelle Untersuchungen zur Umformung ebener in doppelt gekrümmte Flächentragwerke. Diss., TU Wien, 2006
- [6] Dallinger, S.; Kollegger, J.: Herstellungsverfahren für Schalen aus ebenen Betonfertigteilen. BetonWerk International (2011) 1, S. 160–164
- [7] Kromoser, B.: Pneumatisches Verformen von ausgehärtetem Beton – die Errichtung von Betonschalen aus ursprünglich ebenen Platten. Diss., TU Wien, 2015

- [8] Kollegger, J.; Preisinger, C.: Verfahren zur Errichtung von zweifach gekrümmten Schalen. Österreichische Patentanmeldung A40/2004, eingereicht: 2004
- [9] Kollegger, J.: Brückenklappverfahren. Deutsches Patent DE 10 2006 039 551, eingereicht: 2006, erteilt: 2007
- [10] Burke, M. P.: Integral and Semi-Integral Bridges. Chichester: Wiley-Blackwell, 2009
- [11] Kaufmann, W.; Buchheister, J.: Erfahrungen mit langen integralen und semi-integralen Brücken. Zürich: Eidgenössisches Department für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation, Bundesamt für Strassen, 2016
- [12] Muttoni, A.; Dumont, A.-G.; Burdet, O.; Savvilotidou, M.; Einpaul, J.; Nguyen, M. L.: Experimental verification of integral bridge abutments. Rapport OFROU, Schweiz 2013, 86 S.
- [13] Kollegger, J.; Eichwalder, B.: Fahrbahnübergangsvorrichtung. Europäische Patentschrift, EP 2959060, erteilt: 16.11.2016
- [14] Kollegger, J.; Eichwalder, B.: Roadway joint device. US Patent, US 9957676, erteilt: 01.05.2018
- [15] Horvatits, J.; Blust, A.; Eichinger-Vill, E.-M.: Verkehrsinfrastrukturforschung. Vortrag auf der Brückentagung 2017, 17./18.5.2017 in Wien (Österreich) – online: <http://brueckentagung.at/vortragsunterlagen-2017/> (abgerufen am 11.12.2018)
- [16] Eichwalder, B.: Fugenlose Fahrbahnübergangskonstruktion für lange integrale Brücken. Diss., TU Wien, 2017
- [17] Eichwalder, B.; Kollegger, J.: Durable transition structure for long integral abutment bridges. Structural Concrete 19 (2018), S. 1092–1100
- [18] Eichwalder, B.; Kleiser, M.; Fritsch, M.; Veit-Egerer, R.; Kollegger, J.: Der Einsatz einer fugenlosen Fahrbahnübergangskonstruktion bei der Satzgrabenbrücke. Beton- und Stahlbetonbau, first publ. online: <https://doi.org/10.1002/best.201800084>, 8 S.
- [19] FCP Fritsch, Chiari & Partner ZT GmbH: Ausführungsprojekt A5 Nord Autobahn: Objekt A5.24 – Talübergang über Satzengraben. Wien, 2017
- [20] Kromoser, B.; Kollegger, J.: Aktives Verformen von ausgehärteten Betonelementen zur Herstellung von räumlich gekrümmten Betonflächen. Beton- und Stahlbetonbau 112 (2017), S. 106–115
- [21] Kromoser, B.; Kollegger, J.: Ein innovatives Betonschalenbauverfahren in Anwendung: Herstellung der Wildbrücke AM2 mit PFHC – Das Aufblasen einer 546 t schweren Betonplatte zu einer segmentierten Betonschale. Beton- und Stahlbetonbau 113 (2018), S. 222–232
- [22] Kromoser, B.; Pachner, T.; Tang, C.; Pottmann, H.; Kollegger, J.: Form-finding of shell bridges using the Pneumatic Forming of Hardened Concrete construction principle. Advances in Civil Engineering (2018), 14 S.
- [23] Abel, M.; Eisler, R.; Peuckert, L.; Tiarks, F.: Talbrücke Zahme Gera – Spannbetonrahmenbrücke mit Y-Pfeilern. Beton- und Stahlbetonbau 98 (2003), S. 597–604
- [24] Schmackpfeffer, H.: Bau der Haseltalbrücke im Zuge der A73 bei Suhl. In: Institut für Massivbau der TU Dresden (Hrsg.): Tagungsband zum 14. Dresdner Brückenbausymposium – Planung, Bauausführung und Erhaltung von Massivbrücken, 9.3.2004 in Dresden, Dresden: Institut für Massivbau der TU Dresden, 2004, S. 95–114
- [25] Reichenbach, S.: Anwendungsgebiete für dünnwandige Betonhalbfertigteile: Von integralen Brücken mit kurzen und mittleren Spannweiten zu Mehrfeldbrücken. Diss., TU Wien, 2019

-
- 9 Herzlich willkommen zum 29. Dresdner Brückenbausymposium
 - 13 Verleihung der Wackerbarth-Medaille
 - 14 Laudatio für Prof. Dr.-Ing. Jürgen Stritzke aus Anlass
der Verleihung der Wackerbarth-Medaille der Ingenieurkammer Sachsen
 - 17 Christian Menn – Brückenbauer, Lehrer, Ästhet
 - 25 Aktuelles zum Regelwerk des Bundes für den Ingenieurbau
 - 29 Die Maputo-Katembe-Brücke, das neue Wahrzeichen Mosambiks –
Drei Bauverfahren bei der längsten Hängebrücke Afrikas
 - 47 Monitoring und Visualisierung im Infrastrukturbau
 - 59 Verkehrsinfrastruktur für Hamburg –
Neubau der Waltershofer Brücken im Hamburger Hafen
 - 73 Erfahrungsbericht aus Österreich über die Anwendung
von neuen Verfahren im Brückenbau
 - 85 Stahlverbund-Großbrücken mit oberliegender Fahrbahn
als Querschnitte mit Teilfertigteilen und Schrägstreben bzw. Konsolen
 - 101 Kurt Beyers Beitrag zur Baustatik
 - 129 Nachrechnungsdefizite bei Massivbrücken –
Ein Problem der Tragfähigkeit oder [doch nur] der Modellvorstellung?
 - 149 Was tun, wenn Annahmen und Wirklichkeit nicht übereinstimmen?
 - 161 Lebenszykluskostenbetrachtungen für chloridexponierte Bauteile
von Brücken- und Tunnelbauwerken
 - 173 Dauerhafte und wirtschaftliche Straßenbrücken
mit Halffertigteilen aus vorgespanntem Carbonbeton
 - 185 Der 30-Jahre-Zyklus der Brückeneinstürze und seine Konsequenzen
 - 197 Chronik des Brückenbaus
 - 209 Inserentenverzeichnis