



**TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN**

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



30. DRESDNER BRÜCKENBAUSYMPOSIUM

**PLANUNG, BAUAUSFÜHRUNG, INSTANDSETZUNG
UND ERTÜCHTIGUNG VON BRÜCKEN**

9./10. MÄRZ 2020

© 2020 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: Fehmarnsundbrücke, Zeichnung von Gerd Lohmer
Broschüre Rotary und die Kunst / Gerd Lohmer
(aus dem Privatarchiv von Bettina Lohmer)

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

ISSN 1613-1169
ISBN 978-3-86780-625-1



**TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN**

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

Tagungsband

30. Dresdner Brückenbausymposium

Institut für Massivbau

Freunde des Bauingenieurwesens e.V.

TUDIAS GmbH

9. und 10. März 2020

Inhalt

Grußwort des Rektors	9
<i>Prof. Dr.-Ing. habil. DEng/Auckland Hans Müller-Steinhagen</i>	
Entwicklung des Instituts für Massivbau – Lehre und Forschung im Brückenbau an der TU Dresden	13
<i>Dipl.-Ing. Oliver Steinbock, Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach</i>	
Die neue Erhaltungsstrategie des Bundes – Planung und Bau von Brücken auf den Hauptverkehrsrouten	27
<i>MR Prof. Dr.-Ing. Gero Marzahn</i>	
Brücken aus bewehrtem UHPC (Stahl-UHFB)	33
<i>Prof. Dr. Eugen Brühwiler, dipl. Ing. ETH/SIA, IABSE</i>	
Nutzung von Ultra-Hochleistungs-Faserbeton (UHFB) im ASTRA – Rückblicke und Perspektiven	47
<i>Stéphane Cuennet, Guido Biaggio</i>	
Neufassung der Nachrechnungsrichtlinie für Massivbrücken	57
<i>Univ.-Prof. Dr.-Ing. Josef Hegger, Viviane Adam M.Sc., Dr.-Ing. Frederik Teworte, Dr.-Ing. Naceur Kerkeni</i>	
Historische Eisenbahnbrücken – Denkmale im Netz	71
<i>Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx, Dipl.-Ing. Markus Köppel, Dipl.-Ing. Jens Müller</i>	
85 Jahre Autobahnbrückenbau – 30 Jahre Dresdner Brückenbausymposium	83
<i>Dipl.-Ing. Werner Buhl</i>	
Gerd Lohmer (1909–1981) Der Brückenarchitekt der Nachkriegszeit	101
<i>Prof. Cengiz Dicleli</i>	
Ersatzneubau der Rheinbrücke Leverkusen – Gesamtplanung des 8-streifigen Ausbaus der A1 zwischen Köln und Leverkusen	123
<i>Dipl.-Ing. (FH) Nicole Ritterbusch, Dr. sc. techn. Hans Grassl, Dominic Reyer, M.Sc.</i>	
Ein neuer Schritt im Großbrückenbau: Querverschub einer Verbundbrücke mit Pfeilern und Gründung bei der Talbrücke Rinsdorf im Zuge der A 45	139
<i>Dipl.-Ing. Roger Istel, Dipl.-Ing. Ralf Schubart</i>	
S-Bahn-Querung im neuen Stuttgarter Tiefbahnhof S21 – erstmaliger Einsatz von interner verbundloser Vorspannung bei der DB AG	149
<i>Prof. Dr.-Ing. Manfred Keuser, Dipl.-Ing. Angelika Schmid, Prof. Dr.-Ing. Christian Sodeikat</i>	
Reduzierte Bauzeit bei Ersatzneubauten von Straßenbrücken durch Carbonbeton	165
<i>Dr.-Ing. Sergej Rempel, Dipl.-Ing. (FH) Eugen Kanschin</i>	
Robust, wirtschaftlich und schön – der Entwurf von integralen Brücken	177
<i>Dipl.-Ing. Andreas Keil</i>	
Neubau der Busbrücke über den Bahnhof in Zwolle	191
<i>Dr.-Ing. Gerhard Setzpfandt, Tristan Wolvekamp MSc, Dipl.-Des. Marion Kresken</i>	
Katastrophen vermeiden: Brückenmonitoring mit einem Netzwerk leistungsstarker dreiachsiger MEMS-Beschleunigungssensoren	207
<i>Dipl.-Ing. Ulrich Dähne</i>	
Brückenvielfalt in Süddeutschland und den Alpen – Bericht zur Brückenexkursion 2019	213
<i>Dipl.-Ing. Oliver Steinbock, Dipl.-Ing. Philipp Riegelmann</i>	
Chronik des Brückenbaus	227
<i>Zusammengestellt von Dipl.-Ing. (FH) Sabine Wellner</i>	

Robust, wirtschaftlich und schön – der Entwurf von integralen Brücken

Dipl.-Ing. Andreas Keil

sbp gmbh schlaich bergemann partner, Stuttgart

Der klassische Brückenbau der vergangenen Jahrzehnte war geprägt durch standardisierte Tragwerkssysteme und Querschnitte sowie durch eine klare Trennung von Über- und Unterbauten. Mit dieser Trennung konnten statische Lastpfade einfach nachvollzogen werden und die Beanspruchungen der Bauteile sehr exakt berechnet werden. Der Einfluss der Steifigkeit war von untergeordneter Bedeutung; eine Interaktion verschiedener Bauteile gab es nicht, da die Systeme keine oder nur eine sehr geringe statische Unbestimmtheit hatten. Da die Steifigkeit, insbesondere bei Beton- oder Verbundquerschnitten, durch Rissbildung oder Kriech- und Schwindeffekte nur mit einer gewissen Bandbreite vorausberechnet werden konnte, wurde durch die Eliminierung der Interaktion zwischen Steifigkeit und Beanspruchung das Risiko einer Fehleinschätzung der Beanspruchungen stark reduziert, zumal die statische Berechnung für ‚getrennte‘ Systeme wesentlich einfacher war und eher den digitalen Möglichkeiten entsprach. Dabei betrifft die Steifigkeit nicht nur die Bauteile selbst, sondern auch die Steifigkeit des Baugrunds, der die Bewegungen einer nicht vom Widerlager getrennten Brücke mehr oder weniger stark behindert und damit auch die Beanspruchungen beeinflusst.

Die für diese Systeme notwendigen Brückenlager wurden immer weiterentwickelt und sind mittlerweile in der Lage, nicht nur große Lasten aufzunehmen, sondern auch große Verschiebewege und Rotationen zu bewältigen.

Mit den Lagern wurden aber auch Bauteile verwendet, die weit mehr und stärker verschleiben als die anderen Bauteile. Ähnliches gilt für die Fahrbahnübergänge, die zudem eine starke Geräuschentwicklung mit sich bringen, was insbesondere bei innerstädtischen Brücken problematisch sein kann. Zudem ist der Aufwand, die Lager und Übergänge zu inspizieren, zu warten und austauschen zu können, nicht unerheblich und führt zu erheblichen Life-Cycle Costs (LCC).

Um Lager inspizieren und auswechseln zu können, bedarf es Platz, um die Pressen für den

Austausch ansetzen können. Dies führt neben größeren Stützenköpfen bei großen Brücken auch zu einer Vergrößerung der Stützquerschnitte, da ein Aufgang im Inneren der Stütze untergebracht werden muss. Ein weiterer statischer Nachteil ist, dass die Stützen durch die gelenkige und eventuell auch längsverschiebliche Lagerung am Kopf ein ungünstiges Stabilitätsverhalten haben und dies ebenfalls zu größeren Stützenabmessungen führen kann. Daraus resultieren ein höherer Materialverbrauch und eine stärkere visuelle Präsenz.

Auch wird durch die statische Trennung der Bauteile der Entwurfsspielraum deutlich eingeschränkt, weil Einspannungen in Widerlager und/oder Stützen nicht vorhanden sind und es dadurch nicht möglich ist, mit Steifigkeiten und der damit verbundenen Einflussnahmen auf die Stütz- und Feldmomente so zu ‚spielen‘, dass schlanke und ausgewogene Querschnitte möglich sind, wodurch ein elegantes und gut proportioniertes Erscheinungsbild der Brücke möglich wird.

Wird auf Lager und Übergänge verzichtet und die Brücke stattdessen in integraler oder semi-integraler Bauweise geplant, so reduziert das nicht nur den Unterhaltsaufwand, sondern eröffnet auch wesentlich differenziertere Möglichkeiten beim Entwurf. An den folgenden Beispielen sollen nicht nur die technischen Besonderheiten dieser integralen Brücken aufgezeigt werden, sondern auch das große Potenzial deutlich gemacht werden, das im Entwurf von integralen Brücken liegt.

Die 300 m lange Brücke über den Neckar in Esslingen (Bild 1) drittelt sich in einen abgehängten mittleren Teil und beidseitige aufgeständerte Rampen (Bild 2) und zeigt, wie auch sehr lange Brücken lagerfrei und verschleißarm ausgebildet werden können. An den Enden ist der Überbau vollständig in die Widerlager eingespannt. Bei Erwärmung oder Abkühlung entziehen sich die Rampen durch seitliches Ausweichen dem Zwang (Bild 3). Das führt zu einer Querbiegebeanspruchung im Überbau und zu einer horizontalen Verschiebung der Stützenköpfe, die allerdings durch ihre Fuß- und Kopfeinspan-



Bild 1 Neckarsteig Mettingen – Übersicht integraler Brückenzug © Rendering: schlaich bergemann partner



Bild 2 Steg Mettingen – aufgeständerte Rampen © sbp/Andreas Keil



Bild 3 Steg Mettingen – Grundrissverformung bei Temperaturerwärmung © schlaich bergemann partner

nung in ihrer Verformung behindert sind. Deshalb hat die Steifigkeit der Stützen selbst eine direkte Auswirkung auf deren Beanspruchung. Bei schlanken Stützen hat die Steifigkeit nur einen untergeordneten Einfluss auf das Verformungsverhalten des Überbaus. Deshalb ist die Zwangsbeanspruchung des Überbaus unabhängig von der Stütze selbst (Bild 4).

Die Querschnittsausgestaltung der Stützen hat damit einen großen Einfluss auf die Beanspruchung (Bild 5): Bei geraden Brücken entspricht die Verformungsrichtung der Brückenachse, bei im Grundriss gekrümmten Verläufen kommen noch Querverformungen hinzu. Dann



Bild 4 Steg Mettingen – zentrale Hängebrücke über Neckar

© schlaich bergemann partner

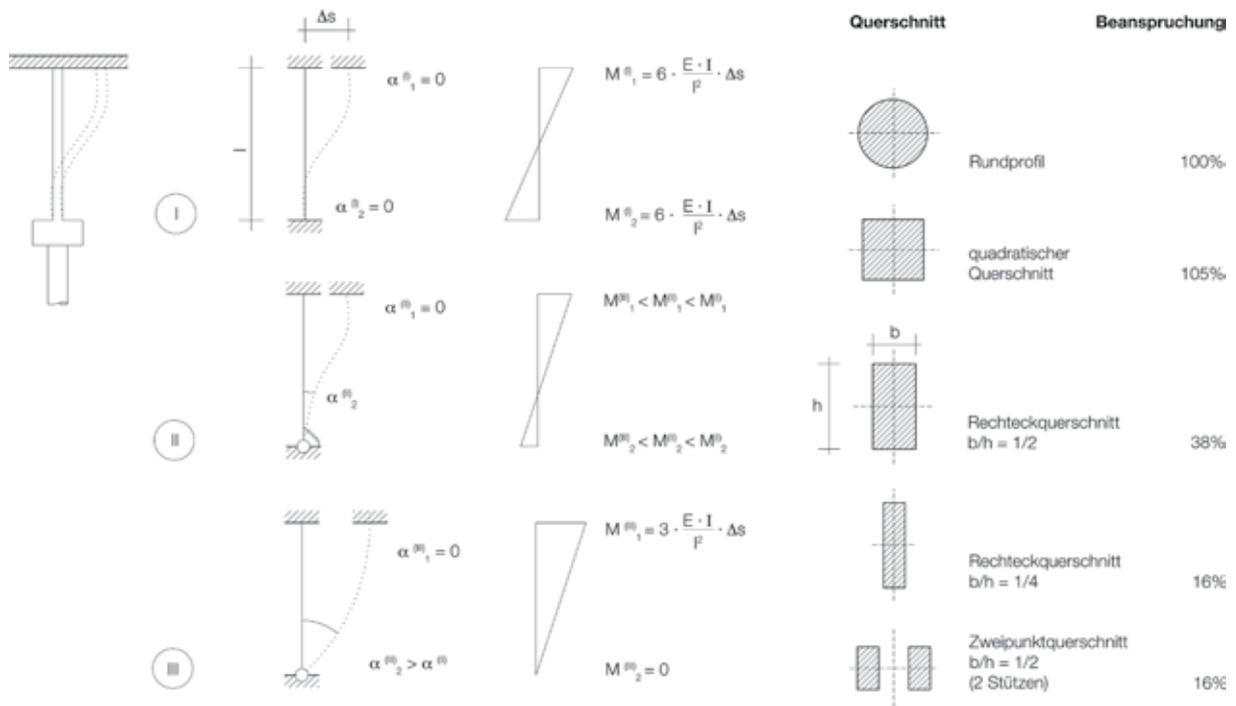


Bild 5 Stützen – Einfluss der Stützquerschnitte auf die Beanspruchung

© sbp/Andreas Keil

müssen die Stützen nicht an der Brückengeometrie, sondern am Verformungsverhalten der Brücke ausgerichtet werden. Das kann bedeuten, dass die Stützen gedreht werden müssen, was auf den ersten Blick etwas ungewöhnlich wirken kann und deshalb mit dem Gesamterscheinungsbild in Einklang gebracht werden muss.

wurden die Stützen aus reinen stehenden Stahlblechen mit einer Dicke von 40 mm hergestellt. Sie bieten die größtmögliche Flexibilität und erlauben im Bereich der größeren Spannweite sogar eine Y-förmige Ausbildung der Stützen, ohne dass durch diese Verkürzung des unteren ‚flexiblen‘ Stiels die Zwangsbeanspruchungen zu groß werden.

Bei einem Steg in Sindelfingen (Bild 6), der ein Werksgelände mit einem Parkhaus verbindet,

Ähnliches gilt für die neue Brücke für die Landesgartenschau 2020 in Ingolstadt (Bild 7). Der



Bild 6 Steg Sindelfingen – massive Stahlscheiben als Stützelemente

© sbp/Andreas Schnubel



Bild 7 Steg Landesgartenschau Ingolstadt – Ansicht

© schlaich bergemann partner

130 m lange Erschließungssteg besteht aus einem besonders schlanken Stahlhohlkasten, der von Y-förmigen Stützen getragen wird. Während der untere Teil der Stützen aus einem flexiblen dünnen Stahlhohlkasten besteht, wird der obere Teil in vier stehende Stahlrippen aufgelöst (Bild 8). Dies schafft zwischen Stützung und Überbau eine große Transparenz, verleiht dem Überbau einen schwebenden Charakter und bietet zusätzlich die Möglichkeit, zwischen den Rippen Leuchtelemente zu installieren. So können Stützen und Überbau mit verschiedenen Farben von unten in Szene gesetzt werden. Am Antrittspunkt am westlichen Widerlager verschiebt sich die Brücke Richtung Ost. Je weiter vom Festpunkt entfernt, desto größer werden die Verschiebungen. Mit den anwachsenden Längen der Stiele entstehen trotz der größeren Verschiebungswege aber keine wesentlich größeren Zwangsmomente (Bild 9). Am östlichen Widerlager wird konsequent die verschiebliche Lagerung in Form einer Federlamelle realisiert – ebenfalls eine integrale Lösung (Bild 10). Sie besteht aus einem vertikalen Stahlblech, das am oberen Ende im Überbau und am unteren Ende im Widerlager einge-

spannt und zum einen dick genug ist, um die Knickstabilität zu gewährleisten, zum anderen dünn und lang genug ist, um die auftretenden Längsverschiebungen mit geringer Beanspruchung aufnehmen zu können, sowie breit genug ist, die auftretenden Querlasten abzutragen. Diese robuste Lagerung stellt eine konsequente Lösung für die semi-integrale Brückenkonstruktion dar.

Bei gekrümmten Brücken ist oft eine vollintegrale Lösung möglich, das heißt der Überbau kann fest und ohne Lagerelemente mit den Widerlagern verbunden werden. Diese Art der Lagerung kann auch genutzt werden, um dem Tragwerk Spannungen einzuprägen, die sich positiv auf die Bemessung und damit auf den Materialeinsatz auswirken. Bei der vollintegralen Brücke im Hafen Grimberg (Bild 11) entstanden durch die einseitige Aufhängung und deren Geometrie an den Brückenenden bereits unter Eigenwicht sehr große Querbiegemomente, die sich bei Verkehrsbelastung noch vergrößerten und die die Bemessung dominierten. Deshalb wurde die Herstellgeometrie des Überbaus so verändert, dass beim Zusammenbau Zwän-

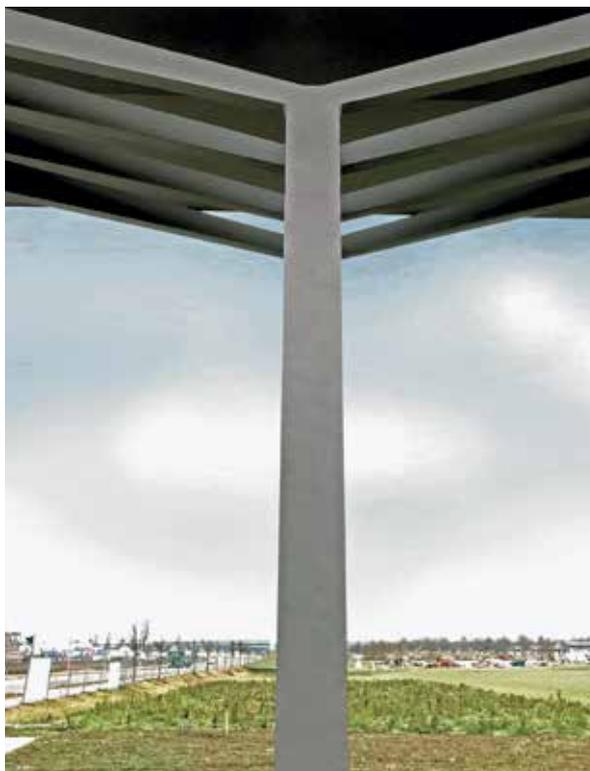


Bild 8 Steg Ingolstadt – Y-Stütze

© Bilder 8-10: sbp/Julia Schuler



Bild 9 Steg Ingolstadt – Federlamelle an Widerlager



Bild 10 Steg Landesgartenschau Ingolstadt – Y-Stützen tragen schlanken Überbau



Bild 11 Steg Hafen Grimberg – einseitige Hängebrücke

© sbp/Michael Zimmermann

gungsmomente eingepreßt wurden, die zu einer ausgeglichenen Beanspruchung führten und die letztendlich auch einen schlanken eleganten Überbau ermöglichen (Bild 12). Diese Vorgehensweise ist insbesondere bei Stahlbrücken geeignet, da sie kein ausgeprägtes Schwind- und Kriechverhalten besitzen, bedarf aber einer exakten und sorgfältigen Berechnung der einzelnen Montageetappen und einer intensiven Betreuung auf der Baustelle.

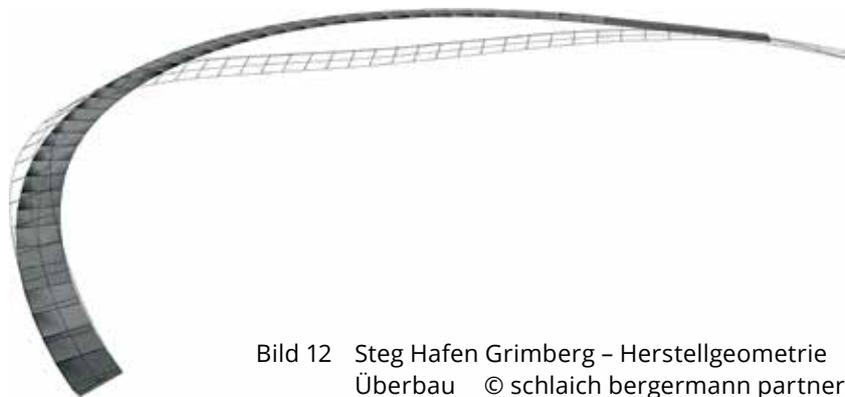


Bild 12 Steg Hafen Grimberg – Herstellgeometrie Überbau © schlaich bergemann partner

Die bei ‚kleinen‘, weniger hoch belasteten Brücken geltenden Entwurfsprinzipien gelten in gleichem Maße auch für Straßen- und Eisenbahnbrücken. Die Süderelbequerung in Hamburg (Bild 13) ist ein passendes Beispiel für die Umsetzung der semi-integralen Bauweise bei einer Großbrücke. Der gesamte 700 m lange Brückenzug mit den Pendelpfeilern und den beiden Pylonen kann aufgrund der Hochlage integral ausgeführt werden, da die Pfeiler genügend Flexibilität aufweisen (Bild 14). Lediglich an den beiden Endtrennpfeilern am Übergang zu der konventionellen Vorlandbrücke sind Lager vorgesehen.

Die Pylone werden im unteren Bereich in zwei Scheiben aufgelöst, eine sehr effiziente Methode, um einerseits Momente aus dem oberen Schaft zu übertragen, andererseits aber Zwangsbeanspruchungen bei Dilatationen des Überbaus zu reduzieren (Bild 15). Durch die monolithische Verbindung zwischen Überbau

und dem ersten Vorlandpfeiler können die Zugkräfte aus den Rückhalteseilen direkt und ohne aufwändige Zuglager in die Schäfte eingeleitet werden. Dies führt zu einer sehr wirtschaftlichen Lastabtragung der Kräfte in den Baugrund.

Wie der Statistik der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) zu entnehmen ist (Bild 16) dominieren aber nicht die Großbrücken den Brückenbau in Deutschland, sondern die Brücken mit kleineren Längen. 80 % der Brücken sind kürzer als 100 m und damit in einem Längenbereich, der für integrale Lösungen interessant ist.

So wurde die Bleichinselbrücke in Heilbronn (Bild 17) mit einer Länge von 90 m als eine vollintegrale, sehr robuste Lösung ausgeführt. Der 22 m breite Verbundquerschnitt wird von Schrägstielen getragen, die im Überbau und im Fundament eingespannt sind. Die Enden des Überbaus sind in den Widerlagern integral verankert. Für die statischen Berechnungen wurde das Gesamtsystem modelliert (Bild 18) und



Bild 13 Süderelbequerung Hamburg – integrale Schrägkabelbrücke © Dissing+Weitling architecture

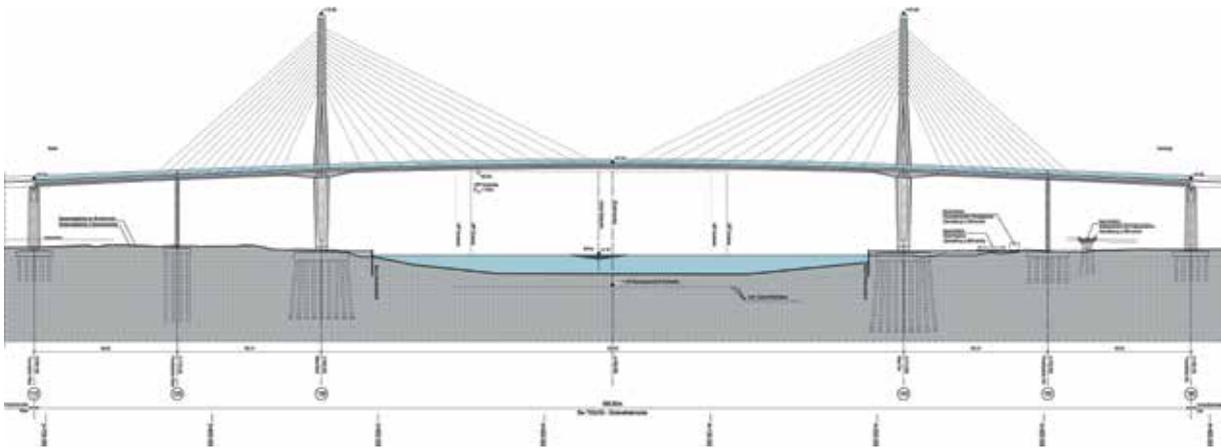


Bild 14 Süderelbequerung Hamburg – Ansicht © schlaich bergemann partner



Bild 15 Süderelbequerung Hamburg – integrale Süderelbequerung © Dissing+Weitling architecture

die Steifigkeiten des Baugrunds mitberücksichtigt, über Grenzwertbetrachtungen flossen Schwankungen im Baugrund in die Bemessung ein. Durch die Nachgiebigkeit der Widerlager bauen sich wiederum Zwangsbeanspruchungen ab. So entsteht ein sehr robustes Tragwerk, das durch seine monolithischen Verbindungen zu schlanken und wohl proportionierten Stützkonstruktionen führt, die dadurch die sonst unansehnlichen und häufig dunklen Bereiche unter der Brücke attraktiv und erlebbar machen, (Bild 19), Insbesondere in innerstädtischen Bereichen, in denen Brücken oft als Fremdkörper und notwendiges ‚funktionales‘ Übel angesehen werden, können integrale Lösungen neue Möglichkeiten für ingenieurtechnisch und architektonisch gelungene Lösungen aufzeigen und die Akzeptanz für sensibel integrierte Brückenbauwerke erhöhen.

Eine ähnliche Aufgabenstellung lag bei dem Ersatzneubau des Roten Steigle über die BAB 8 in Stuttgart vor (Bild 20). Eigentlich eine typische Bauaufgabe, die man auch mit einer der

Brücken an Bundesfernstraßen
Anteil der Teilbauwerke nach Längenklassen
Stand: 01.09.2019

bast

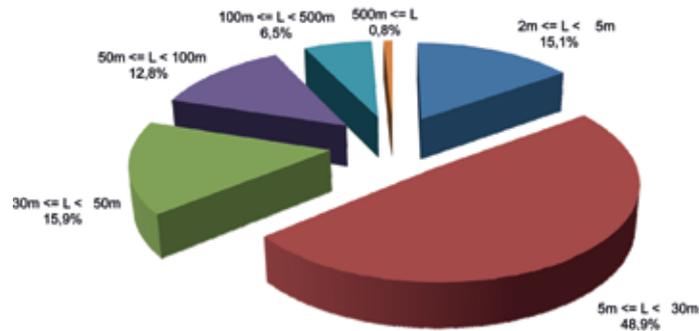


Bild 16 Verteilung der Straßenbrücken nach Länge

Quelle: https://www.bast.de/BAST_2017/DE/Statistik/Bruecken/Brueckenstatistik.pdf?_blob=publicationFile&v=13

vielen möglichen Standardlösungen für Autobahnüberführungen hätte lösen können. Das Regierungspräsidium entschied sich jedoch für eine Lösung, die sich von den gewöhnlicheren Planungen im Detail abhob und die damit das Potential für eine besondere gestalterische Qualität bei vermeintlich einfachen Aufgabenstellungen zeigt. Der im Querschnitt veränderliche Stahlbogen setzt sich aus ebenen dünnen Hohlkästen zusammen. Zum Bogenscheitel hin verbreitert sich der Querschnitt, wird aber gleichzeitig auch dünner. Dies hat zur Folge, dass der Stahlquerschnitt des Bogens annähernd gleich bleibt, was auch die

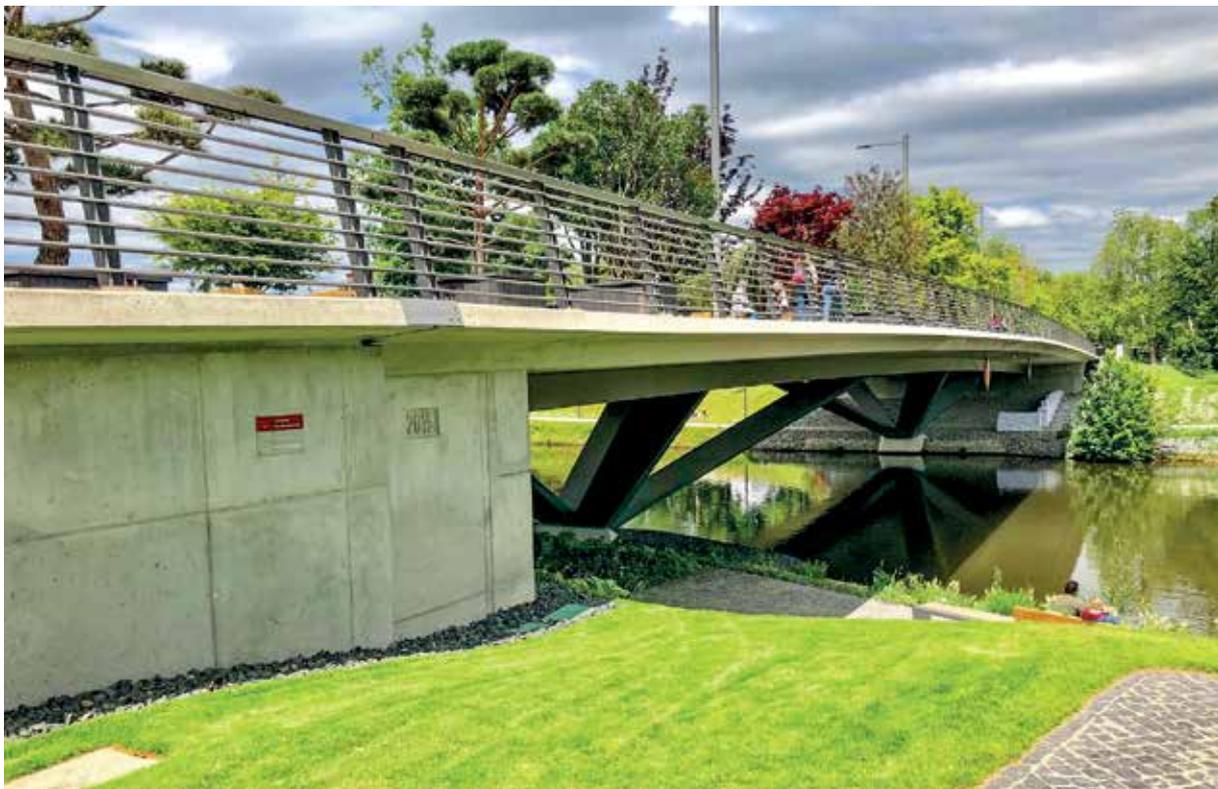


Bild 17 Bleichinselbrücke Heilbronn

© schlaich bergemann partner

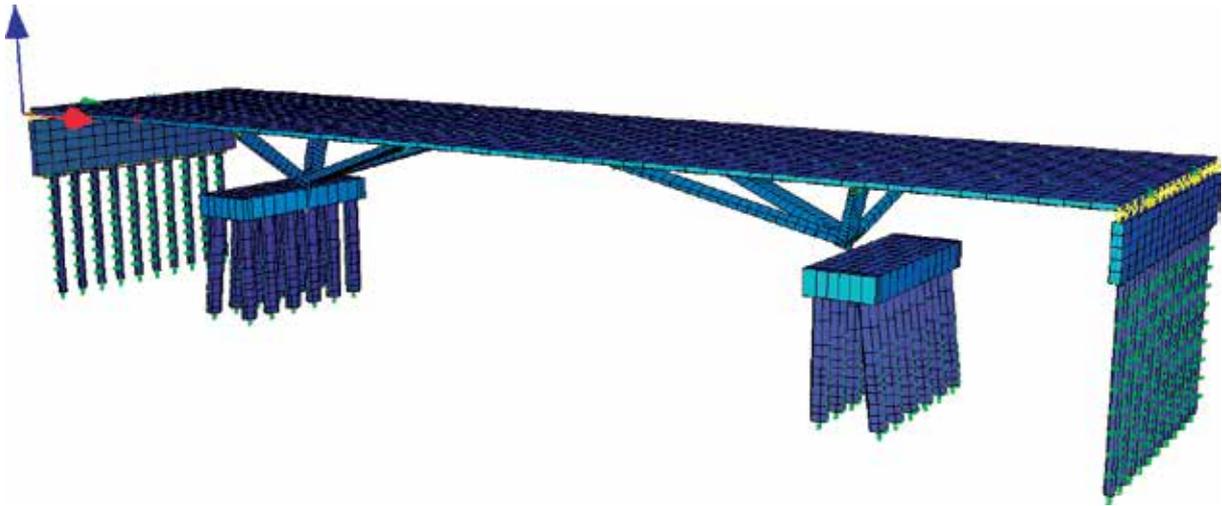


Bild 18 Bleichinselbrücke Heilbronn – Computermodell

© schlaich bergemann partner



Bild 19 Bleichinselbrücke Heilbronn – Längsschnitt

© schlaich bergemann partner

konstante Druckbeanspruchung des Bogens widerspiegelt. Obwohl Bogen und Überbau im Scheitel zu einem Querschnitt verschmelzen, wird der Bogen optisch etwas abgesetzt, um so die Durchgängigkeit des Bogens visuell stärker zu betonen und wahrnehmbar zu machen. Die Brücke erhält folgerichtig dort auch ihren Festpunkt. Die Längenausdehnungen werden im Bogenbereich durch schlanke Ständerbleche, an den Widerlagern mit Federlamellen ermöglicht (Bild 21). Zur Vermeidung von Einspannmomenten wird der Bogen an den Kämpferpunkten mit wartungsfreien Edelstahlkippleisten gelenkig aufgelagert. Mit ihren ausgewogenen Proportionen und ihrer schlichten Eleganz fällt die Brücke auch denjenigen positiv auf, die sich normalerweise nicht mit der Gestaltung von Brücken beschäftigen. Der Verzicht auf verschleißanfällige Lager und Übergänge entspricht den Zielsetzungen des Bauherrn und der Planer.

Auch wenn der Anteil der sehr langen Brücken mit kleineren Spannweiten gering ist, haben auch sie ein großes Potential für wirtschaftliche und robuste semi-integrale oder gar voll-integrale Lösungen. Bei semi-integralen Lösungen hängt die Länge des integralen Teils von der ‚Verformbarkeit‘ der Stützen ab. Bei dem 800 m langen Brückenzug der A11 in Belgien

weist der integrale Teil eine Länge von 600 m auf (Bild 22). Der Brückenzug quert mehrere Straßen und Eisenbahnstrecken und ist eine der längsten integralen Brücken weltweit. Die biegesteife Verbindung ermöglicht sehr schlanke Pfeiler und ein für Beton ungewöhnlich leichtes Gesamttragwerk, welches sich harmonisch und unaufdringlich in seine Umgebung einfügt.

Die Zugangsbrücke zum Mont Saint Michel in der Normandie wurde aus sieben integralen Segmenten, die jeweils eine Länge von 112 m aufweisen, zusammengefügt. Der Verbundüberbau lagert auf dünnen ($d = 250$ mm) Stahlstützen, die die Temperaturendehnungen ‚mitmachen‘ (Bild 23). Jede Stahlstütze ist in einer Tiefe von ca. 10 m in einem Bohrpfehl von 150 cm Durchmesser verankert. Durch den alten Zugangsdammbau zum Weltkulturerbe fand eine allmähliche Verlandung der Bucht statt, die durch die neue Brücke und deren Durchlässigkeit nach und nach wieder ausgeglichen werden soll. Durch das Wegspülen des abgelagerten Sediments werden die Stützen sukzessive freigelegt, und die Brücke erhält in einigen Jahren ihren Charakter eines Stegs auf langen dünnen Stelzen. Für das Verankern der ‚integralen‘ Stahlstützen in den Betonpfählen wurde ein sehr effizientes Herstellverfahren entwickelt, indem die Bohrpfähle in zwei



Bild 20 (oben) Brücke Rotes Steigle über die A8
© Andreas Schnubel



Bild 21 (rechts) Brücke Rotes Steigle – Federlamelle
© sbp/Frank Schächner

Abschnitten von oben betoniert wurden. Der erste Abschnitt beinhaltet den Bohrpfehl bis zur UK Stahlstütze, der zweite den ca. 2 m langen Verankerungskörper der Stütze selbst, der nach ihrer Ausrichtung betoniert wurde.

Bei Eisenbahnbrücken spielt die Interaktion zwischen Schiene und Bauwerk eine wichtige Rolle.

Da die Schiene selbst ein unverschiebliches, starres (vollintegrales) System ist und die Re-



Bild 22 Brücke A11 Belgien

© Kris Provoost



Bild 23 Brücke zum Mont Saint Michel – integrale Stahlverbundbrücke © sbp/Michael Zimmermann

lativverschiebungen zwischen Bauwerk und Schiene begrenzt sind, müssen entweder die integralen Abschnitte längenmäßig begrenzt werden, oder die Brücke selbst muss ebenfalls vollintegral hergestellt sein und darf sich nicht bewegen, bildet also eine Einheit mit dem Gleiskörper.

Die Gänsebachtalbrücke (Bild 24) wurde abschnittsweise integral hergestellt mit Längen von 120 m, um die Schienenspannungen in einem zulässigen Rahmen zu halten. Da die Stützen zu weich sind, um die horizontalen Bremslasten aufnehmen zu können, erhält jeder Abschnitt einen mittigen Bremsbock.



Bild 24 Gänsebachtalbrücke DB – integrale Segmente mit Bremsböcken © Hajo Dietz, Nürnberg Luftbild



Bild 25 Brücke Auerbachstraße – vollintegral

© Gert Elsner

Bei vollintegralen Systemen muss zwischen verschieblichen und starren Systemen unterschieden werden. Bei verschieblichen Systemen kann sich der Überbau bewegen, und die Stützen und Widerlager müssen so ausgebildet werden, dass sie möglichst zwängungsfrei Längsdilatationen mitmachen können. Bei der Auerbachbrücke in Stuttgart (Bild 25) wurde durch eine exakte Berechnung ermittelt, wie sich die Interaktionen Widerlager – Stützen – Baugrund – Überbau auf die Beanspruchungen auswirken. Da die bodenmechanischen Eigenschaften streuen können, wurden Grenzwertbetrachtungen durchgeführt und der jeweils ungünstigste Wert für die Bemessung herangezogen.

Für eine neue Metrolinie in Paris (Bild 26), die einen 5 km langen aufgeständerten Bereich aufweist, wurde von uns, gemeinsam im Team mit Dissing+Weitling und Silvio d’Ascia Architecture eine vollintegrale starre Lösung vorgeschlagen (Bild 27). Diese Lösungen sind bei sehr langen Brücken sinnvoll, weil die Kosten für die hoch beanspruchten und damit sehr aufwändigen Widerlager – deren Beanspruchung im Übrigen unabhängig von der Brückenlänge ist – durch die Einsparungen bei den Stützen und beim Überbau mehr als kompensiert werden können. Mit einer solchen Lösung kann komplett auf Lager, Trennfugen und Schienenauszüge verzichtet werden. Bei geraden Brücken machen die Stützenköpfe keinerlei Verformun-



Bild 26 Neue Metrolinie 18, Paris – vollintegraler Flyover

© Silvio d’Ascia Architecture



Bild 27 Neue Metrolinie 18, Paris – vollintegraler Flyover

© Silvio d'Ascia Architecture



Bild 28 Neue Metrolinie 18, Paris – schlanke, integrale Stützkonstruktion

© Silvio d'Ascia Architecture

gen, sodass sie keine Zwangskräfte erhalten und damit extrem schlank (Bild 28) ausgebildet werden.

Der Überbau selbst erhält dabei eine Zusatzspannung von:

$$\sigma = \Delta T \cdot \alpha_t \cdot E.$$

Am Widerlager kommen axiale Zwangskräfte von:

$$F = A_{\text{Ü}} \cdot \sigma$$

Diese axialen Kräfte müssen von dem Widerlager verformungsfrei aufgenommen werden können. Oft schließen an solchen aufgeständerten Brücken Dämme an, die gegebenenfalls als Auflast für die Widerlager dienen können und die Gleitlast erhöhen. Bei der Umsetzung dieses Brückentyps ist allerdings darauf zu achten, dass während des Baus gegebenenfalls

Bauzustände entstehen, die wegen der dort vorhandenen temporären Verschieblichkeit zu größeren Beanspruchungen führen.

Im Entwurf von integralen Brücken liegt ein enormes Potenzial. Dies beschränkt sich nicht nur auf kleine Brücken mit geringeren Spannweiten, sondern erstreckt sich über lange aufgeständerte Brückenzüge bis hin zu den Großbrücken. Sie sind robust und leisten mit ihren optimierten Bauteilabmessungen einen wesentlichen Beitrag zum ressourcenschonenden, effizienten und wirtschaftlichen Bauen.

Gelingt es uns Ingenieuren, die vorhandenen digitalen Werkzeuge für den Entwurf intelligent zu nutzen, können daraus moderne und sehr leistungsfähige Bauwerke entstehen, die nicht nur unsere Kreativität belegen, sondern auch einen verantwortungsvollen Beitrag für eine lebenswerte Umwelt und letztendlich für die Baukultur leisten.

-
- 9 Grußwort des Rektors
 - 13 Entwicklung des Instituts für Massivbau –
Lehre und Forschung im Brückenbau an der TU Dresden
 - 27 Die neue Erhaltungsstrategie des Bundes –
Planung und Bau von Brücken auf den Hauptverkehrsrouten
 - 33 Brücken aus bewehrtem UHPC (Stahl-UHFB)
 - 47 Nutzung von Ultra-Hochleistungs-Faserbeton (UHFB) im ASTRA –
Rückblicke und Perspektiven
 - 57 Neufassung der Nachrechnungsrichtlinie für Massivbrücken
 - 71 Historische Eisenbahnbrücken – Denkmale im Netz
 - 83 85 Jahre Autobahnbrückenbau – 30 Jahre Dresdner Brückenbausymposium
 - 101 Gerd Lohmer (1909–1981) – Der Brückenarchitekt der Nachkriegszeit
 - 123 Ersatzneubau der Rheinbrücke Leverkusen – Gesamtplanung
des 8-streifigen Ausbaus der A1 zwischen Köln und Leverkusen
 - 139 Ein neuer Schritt im Großbrückenbau: Querverschub einer Verbundbrücke mit Pfeilern
und Gründung bei der Talbrücke Rinsdorf im Zuge der A 45
 - 149 S-Bahn-Querung im neuen Stuttgarter Tiefbahnhof S21 –
erstmaliger Einsatz von interner verbundloser Vorspannung bei der DB AG
 - 165 Reduzierte Bauzeit bei Ersatzneubauten von Straßenbrücken durch Carbonbeton
 - 177 Robust, wirtschaftlich und schön – der Entwurf von integralen Brücken
 - 191 Neubau der Busbrücke über den Bahnhof in Zwolle
 - 207 Katastrophen vermeiden: Brückenmonitoring mit einem Netzwerk
leistungsstarker dreiachsiger MEMS-Beschleunigungssensoren
 - 213 Brückenvielfalt in Süddeutschland und den Alpen – Bericht zur Brückenexkursion 2019
 - 227 Chronik des Brückenbaus