



**TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN**

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



26. DRESDNER BRÜCKENBAUSYMPOSIUM

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

14./15. MÄRZ 2016



**TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN**

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

Tagungsband

26. Dresdner Brückenbausymposium

Institut für Massivbau

Freunde des Bauingenieurwesens e.V.

14. und 15. März 2016

© 2016 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: Fußgängerbrücke Schierstein. Foto: Cengiz Dicleli

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

ISSN 1613-1169
ISBN 978-3-86780-467-7

Inhalt

Herzlich willkommen zum 26. Dresdner Brückenbausymposium	13
<i>Prof. Dr.-Ing. habil. DEng/Auckland Hans Müller-Steinhagen</i>	
Außer Konkurrenz	15
<i>Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach</i>	
Realisierungswettbewerb zum Ersatzneubau der Eisenbahnüberführungen über die Oder und die Odervorflut bei Küstrin-Kietz	23
<i>Auszug aus der Broschüre der DB Netz AG 2016, Redaktion: Dipl.-Ing. Hartmut Schreiter</i>	
Zur Gestaltung von Brücken der Bundesfernstraßen – Die Suche nach der besten Lösung ...	37
<i>Dr.-Ing. Gero Marzahn, Dr.-Ing. Heinz-Hubert Benning</i>	
Search for the true structural solution	47
<i>Prof. Jiri Strasky, DSc.</i>	
Der Ersatzneubau der Lahntalbrücke Limburg	67
<i>Dipl.-Ing. Annett Nusch, Dr.-Ing. Stefan Franz</i>	
Wirtschaftliche Selbstkletterschalung für Europas aktuell größtes Brückenbauprojekt „Hochmoselbrücke	85
<i>Dipl.-Ing. Sebastian Riegel</i>	
Verstärkung von Brücken mit externer Vorspannung – Einsatzbereiche und Randbedingungen	103
<i>Dipl.-Ing. Michael Buschlinger, Dipl.-Ing., MBA Annette Jarosch</i>	
Ulrich Finsterwalder (1897–1988) – Doyen des Brückenbaus	119
<i>Prof. Cengiz Dicleli</i>	
Gestaltungskonzept für die Brückenbauwerke im Zuge der BAB A 3 zwischen AK Biebelried und AK Fürth/Erlangen	153
<i>LBD Dipl.-Ing. Bernd Endres, Dipl.-Ing. Rolf Jung</i>	
Reparatur der Autobahnbrücke über die Süderelbbrücke nach schwerem Schiffsanprall – Nachrechnung, Planung, Ausführung, Analyse	165
<i>Dipl.-Ing. Dirk Seipelt, Dipl.-Ing. Stefan Eschweiler, Dipl.-Ing. Thomas Neysters, Brinja Coors M.Sc., Dipl.-Ing. Martin Grassl</i>	
Langzeitverhalten von geokunststoffbewehrten Stützkonstruktionen – zukünftig eine Standardbauweise auch für Brückenwiderlager?	177
<i>Dipl.-Ing. Hartmut Hangen, M.Sc. July Ellen Jaramillo Castro</i>	
Die Herausforderungen und Möglichkeiten einer umfassenden Grundlagenanalyse am Beispiel des Hovenringes in Eindhoven (NL)	193
<i>Dipl.-Ing. Adriaan Kok, Dipl.-Des. Marion Kresken</i>	
Die Butterfly-Bridge in Kopenhagen	211
<i>Dr.-Ing. Karl Morgen, Dipl.-Ing. Jan Lüdders</i>	
Militärischer Einfluss auf Konstruktion und Architektur von Eisenbahnbrücken im Deutschen Reich	221
<i>Volker Mende M.A.</i>	

Verstärken mit Carbonbeton im Brückenbau	235
<i>Dr.-Ing. Harald Michler</i>	
Zur Anwendung von Szenario-Spektren beim seismischen Nachweis von Brücken	249
<i>Dr.-Ing. habil. Dirk Proske</i>	
Brücken bauen mit Eisenbeton – Gedanken zum denkmalgerechten Umgang	263
<i>Dipl.-Ing. Oliver Steinbock</i>	
Brückenbauexkursion 2015 – Infrastrukturprojekte in Tschechien, Österreich und Deutschland	273
<i>Dipl.-Ing. Sebastian Wilhelm, Dipl.-Ing. Robert Zobel</i>	
Chronik des Brückenbaus	283
<i>Zusammenstellung: Dipl.-Ing. (FH) Sabine Wellner</i>	
Inserentenverzeichnis	311

Im gedruckten Tagungsband stand hier eine Anzeige. Sie wurde für die Online-Fassung entfernt.

Die Butterfly-Bridge in Kopenhagen

Dr.-Ing. Karl Morgen, Dipl.-Ing. Jan Lüdders
WTM Engineers GmbH, Hamburg

1 Allgemeines

Der preisgekrönte Entwurf der Butterfly-Bridge (Bild 1) ging aus der Zusammenarbeit von Dietmar Feichtinger Architectes, Paris, und WTM Engineers, Hamburg, in einem international ausgeschriebenem Wettbewerb im Jahre 2009 hervor. Die kombinierten Fußgänger- und Radwegbrücken sind Teil eines städtischen Projektes zur Anbindung des Innenstadtbereiches der Stadt Kopenhagen mit dem mit Kanälen durchzogenen Stadtteil Christianshavn am Ostufer der Stadt Kopenhagen. Durch die neue Anbindung soll der Innenstadtbereich eine direkte Fuß- und Radwegverbindung mit der im Jahr 2005 eröffneten Oper erhalten. Die Brücken überspannen im Stadtteil Christianshavn den etwa 45 m breiten Christianshavn-Kanal und den angrenzenden 40 m breiten Trangraven-Kanal sowie den sich in unmittelbarer Umgebung befindenden, 25 m breiten Proviantmagasingraven-Kanal (Bild 2). Die Brücken sollten aus beweglichen Brückenteilen gebildet werden, um den Schiffsverkehr für Segelboote und Ausflugsschiffe durch die Kanäle zu gewährleisten.

2 Entwurfskonzept

Kernpunkt des Entwurfes war die Idee, am Kreuzungspunkt des Trangraven- und des Christianshavn-Kanals einen Ort zu schaffen, der zum einen zum Verweilen über dem Wasser einlädt und zum anderen eine direkte Verbindung über den Christianshavn-Kanal und den Trangraven-Kanal ermöglicht. Der Entwurf sieht sternförmig angeordnete Stahlbrücken mit jeweils einer Klappe über den Christianshavn- und den Trangraven-Kanal und der zentral im Kanal angeordneten Plattform vor (Bild 3). Wenn beide Klappen geöffnet sind, gleicht die Brücke einem Schmetterling und wird von den Kopenhagenern „Butterfly Bridge“ genannt. Das gestalterische Konzept sah vor, eine möglichst filigrane Konstruktion zu entwerfen, die sich zurückhaltend in den historischen Stadtteil mit den denkmalgeschützten Kaimauern und Gebäuden einfügt.

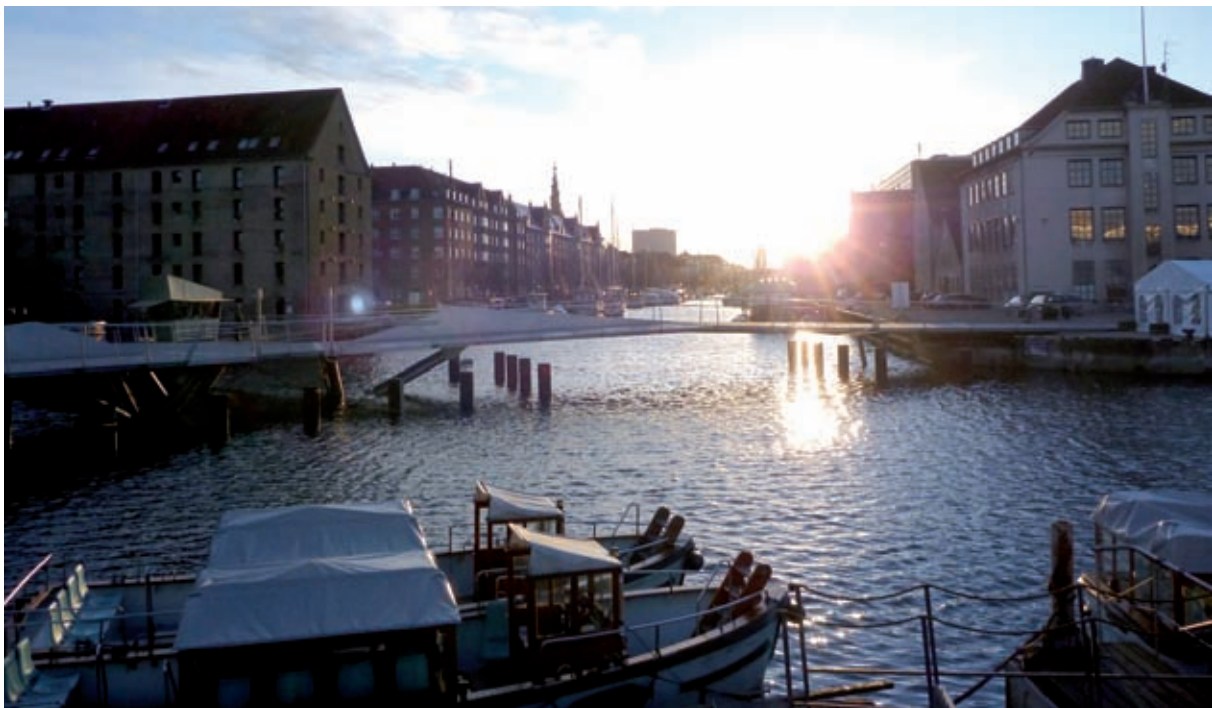


Bild 1: Fertiggestellte Brücke über den Christianshavn-/Trangraven-Kanal

(Foto: Karl Morgen)



Bild 2: Lageplan der Fuß- und Radwegbrücken

(Grafik: WTM)

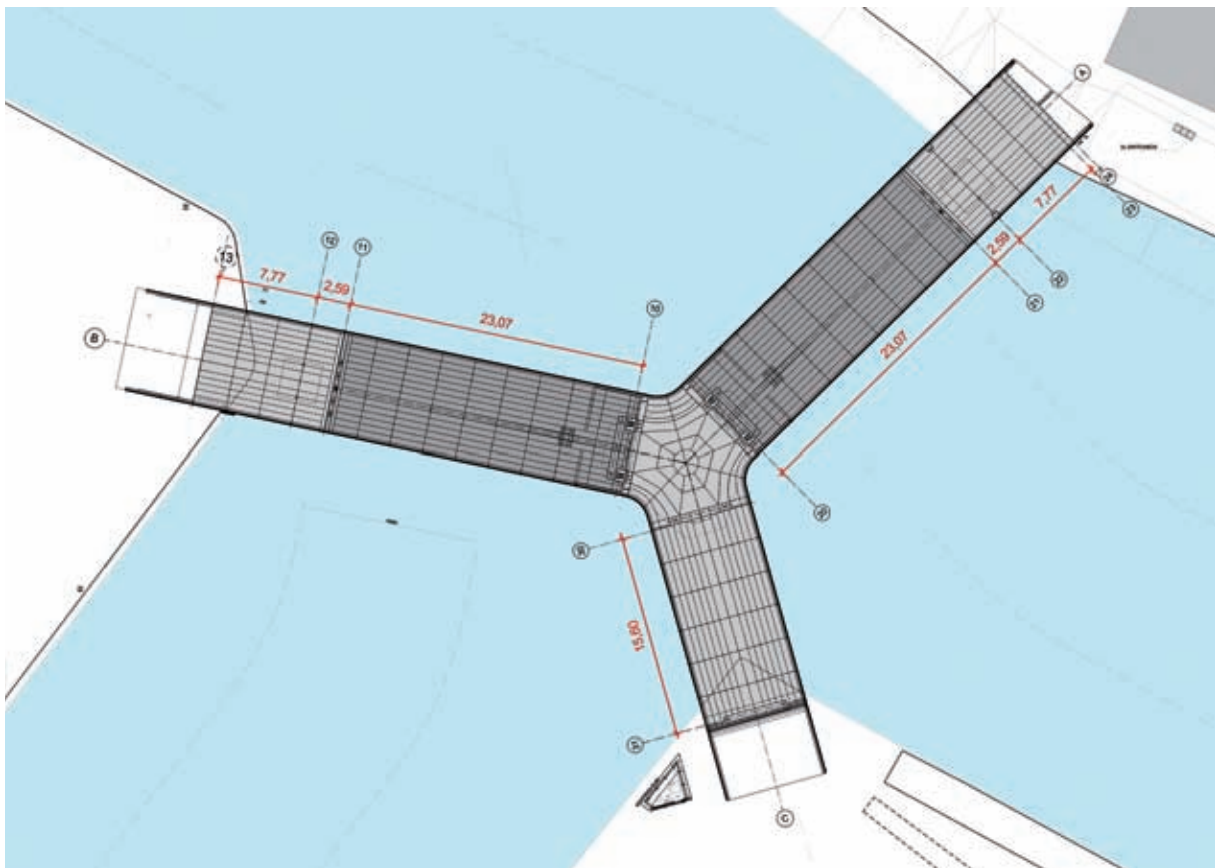


Bild 3: Übersichtsplan; sternförmig angeordnete Brücke über den Christianshavn-/Trangen-Kanal

(Zeichnung: WTM)

3 Konstruktive Umsetzung

3.1 Die Tragkonstruktion

Die Brücken weisen eine Breite von 8 m auf und haben getrennte Rad- und Fußwege. Die beweglichen Teile der Brücken haben eine Länge von 23 m und werden beim Öffnungsvorgang über hydraulische Zylinder an der Plattform angehoben. Die Klappbrücken wurden als jeweils einflügelige Klappbrücken ohne Gegengewicht konzipiert. Die beweglichen Brückenteile spannen über den Christianshavn- bzw. Trangraven-Kanal von der Mittelplattform zu den in den Kaimauern eingelassenen, 11 m langen, einfach gestützten integralen Vorbrücken. Die Hydraulikzylinder der beweglichen Brückenteile wirken im geschlossenen Zustand als Mittelaufleger, sodass für die beweglichen Brückenteile im geschlossenen Zustand ein Zwei-Feld-System entsteht. Die Stützung der integralen Vorbrücken erfolgt über zwei schlanke, V-förmig angeordnete Stahlstützen, die im Kanal am Randbereich gegründet sind und ca. 2,60 m zum beweglichen Brückenteil auskragen.

Die Hauptträger der Brücken sind luftdicht verschweißte Hohlkästen, die dem Kräfteverlauf entsprechend gevoutet ausgebildet wurden. Bis ca. 7,8 m von der Brückenspitze aus hat der Hohlkasten eine Höhe von 500 mm und ist nur unterhalb des Brückendecks angeordnet (Bild 4). Ab diesem Punkt weitet sich der Querschnitt nach oben auf und hat an der höchsten Stelle am Hydraulikzylinderaufleger eine Gesamthöhe von 1700 mm.

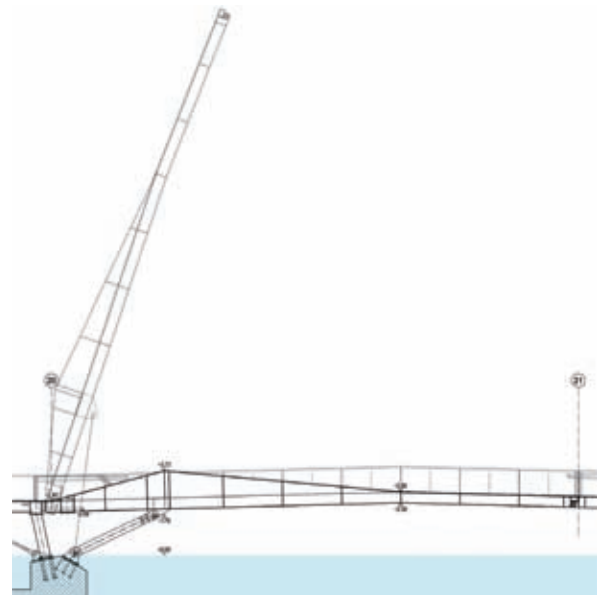


Bild 4: Längsschnitt durch den beweglichen Brückenteil (Zeichnung: WTM)

Die Hohlkästen sind nicht in Brückenquerschnittsmittte angeordnet (Bild 5), da der herausragende Teil des Hohlkastens auch als Trennung zwischen dem 4 m breiten Rad- und dem 3 m breiten Fußweg gedacht ist. Die durch die Ausmitte oder durch ungleichmäßige Laststellung entstehende asymmetrische Belastung wird durch den torsionssteifen geschlossenen Hohlkasten des Hauptträgers abgetragen.

Alle 2,6 m sind Querträger angeordnet, die als Blechkonstruktion die Querrippen der Brücken bil-

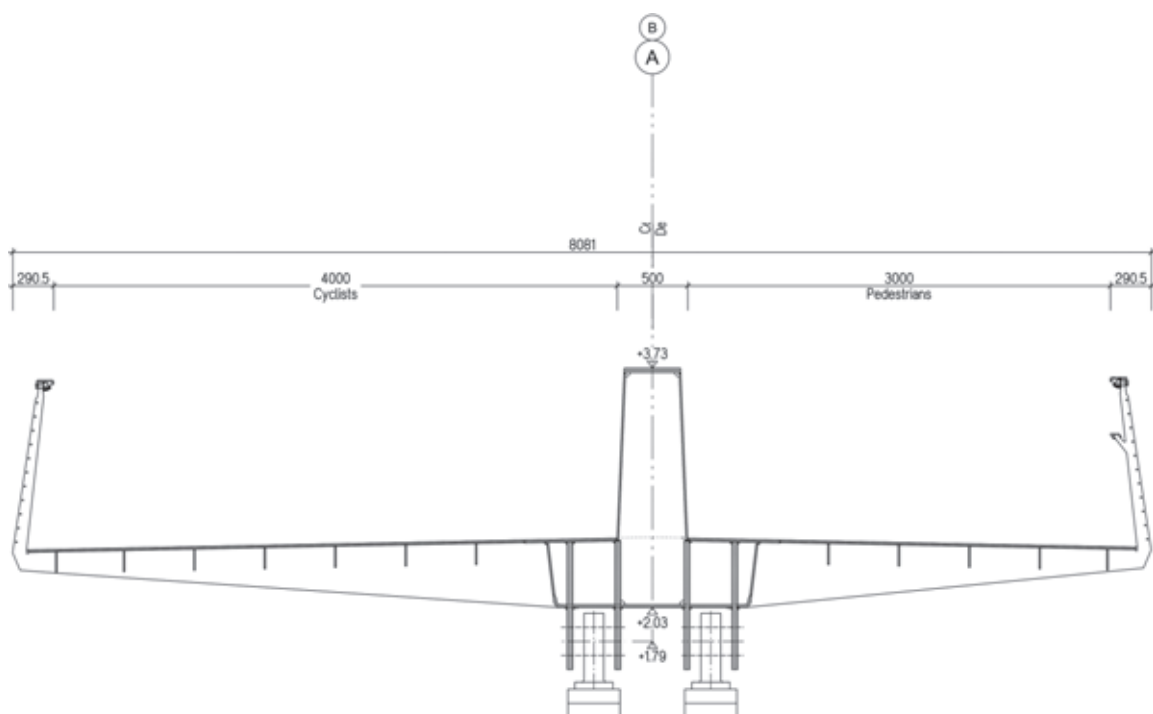


Bild 5: Querschnitt am Hydraulikzylinderaufleger

(Zeichnung: WTM)

den und das mit Längsrippen versehene Brückendeck aufnehmen. Das Brückendeck wurde mit 2 % Quergefälle ausgebildet, um eine entsprechende Entwässerung über die Brückendeckkanten am Rand in den Kanal zu gewährleisten. Als Fortführung der Querträger wurden die Geländerpfosten an der Stelle der Querträger nach innen geneigt ausgeführt. Als Geländerausfachung wurden vorgespannte horizontale Edelstahlseile verwendet.

Bei einer Klappbrücke wird zwischen dem System in Hochlage (Bild 6) und dem System in Verkehrslage unterschieden. In der Hochlage wirkt das System als Kragträger, der durch den Hydraulizylinder und das Drehlager an der Plattform eingespannt wird. Die Kragarmlänge zwischen Klappenspitze und der Achse Drehlager beträgt ca. 23 m. Der Abstand zwischen Hydraulikzylinder und Drehlager ca. 4,90 m. Der maximale Öffnungswinkel beträgt in der Hochlage 70 °. In der Verkehrslage ergibt sich ein Durchlaufsystem mit zwei Feldern. Die integralen Vorbrücken wirken für den beweglichen Brückenteil als gelenkiges Auflager, welches lediglich Querkräfte übertragen

kann. In Längsrichtung ist die Brücke an dieser Stelle frei verschieblich und kann die Längenausdehnungen aus Temperatur hier zwangsfrei aufnehmen.

Die ca. 70 m² große Mittelplattform bildet das Widerlager für die beiden beweglichen Brückenteile. Sie ist am Kreuzungspunkt der beiden Kanäle im Wasser angeordnet und wurde als Stahlkonstruktion ausgeführt. Die Herausforderung an dieser Stelle bestand darin, für die beweglichen Brückenteile mit den unterschiedlichen Laststellungen und Lastzuständen ein möglichst steifes Widerlager zu entwerfen, um den Verformungsrandbedingungen, die eine bewegliche Brücke mit den verformungsempfindlichen Drehlagern an dieser Stelle benötigt, Rechnung zu tragen. Auf der anderen Seite sollte sich das Widerlager als möglichst filigranes Bauteil an den Querschnitten und Querschnittshöhen der anderen Brückenteile orientieren. Hierzu wurde das Deck der Plattform als flächiger, 500 mm hoher, luftdicht verschweißter Hohlkasten ausgebildet, der auf insgesamt sechs V-förmig angeordneten runden Stahlstützen mit einem Durchmesser von 450 mm gelagert ist. Die Randträger der Plattform, mit den Lasteinleitungspunkten aus den Drehlagern und Stützen, wurden dabei durch einen versteiften, 580 mm hohen Hohlkasten ausgebildet (Bild 7). Die Fußpunkte der Stahlstützen sind über 80 mm dicke Stahlzugelemente mit der Plattform verbunden, um die am Fußpunkt auftretenden Horizontalkräfte mit der Plattform kurzzuschließen und die Verformungen aus einseitiger Horizontalbelastung zu reduzieren. Die gesamte Plattform ist auf einer unterhalb der Wasserlinie angeordneten massiven, 2 m dicken Stahlbetonplatte gelagert (siehe auch Bild 10 in Abschn. 4.1).



Bild 6: Brücke mit beiden Brückenklappen geöffnet
(Foto: Fritz Hilgenstock)

3.2 Gründung

Die Gründung der Mittelplattform, der Zwischenstützen der Vorlandbrücken und der in der Kaimauer integrierten Endauflager der Vorlandbrücken wurden aufgrund der Baugrundverhältnisse als Tiefgründung erstellt. Als tragfähiger Baugrund wurde Kalkstein vorgefunden, in den die betongefüllten Stahlbohrpfähle mit bis zu 1000 mm Durchmesser geneigt im Verhältnis 8:1 eingebracht wurden.

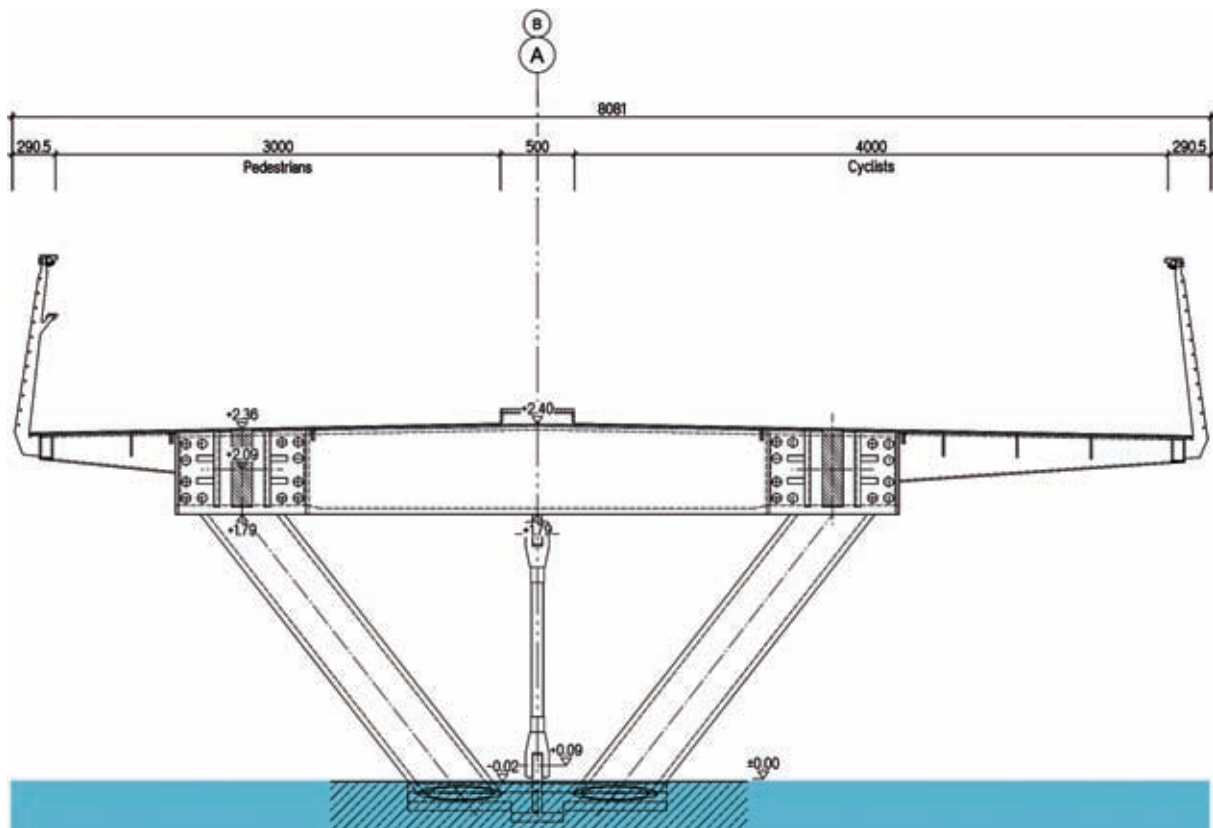


Bild 7: Querschnitt der Mittelplattform mit Befestigung der Drehlager

(Zeichnung: WTM)

3.3 Maschinenraum

Der Maschinenraum für die Hydraulikanlagen der Brücken über den Christianshavn-/Trangraven-Kanal wurde als separates Bauwerk hinter den bestehenden Kaimauern errichtet. Hierzu wurde in einer offenen Baugrube mit rückverankerten Spundwänden die mit Mikropfählen rückverankerte Unterwasserbetonsohle eingebracht, um dann im Schutze der trockenen Baugrube den 6 m × 7 m großen und ca. 4 m tiefen Maschinenraum als massives WU-Bauwerk in Stahlbeton zu erstellen. Auf dem in der Erde eingelassenen Maschinenraum wurde dann das Wärterhäuschen in einer leichten Stahlkonstruktion erstellt, in dem die Bedientechnik und das Überwachungspersonal der Brücken untergebracht sind (Bild 8).



Bild 8: Wärterhäuschen

(Foto: Fritz Hilgenstock)

3.4 Maschinenteknik

Da die Öffnungsdauer einer Brückenklappe die Dauer von 90 Sekunden nicht überschreiten sollte, wurden hohe Anforderungen an den Entwurf

der Hydraulikzylinder gestellt. Pro Brückenklappe kamen zwei Hydraulikzylinder (Durchmesser 420 cm) mit einem Höchstdruck von 320 bar zum



Bild 9: Hydraulikzylinder mit Drehlagern
(Foto: Jan Lüdders)

Einsatz, die am Zylinderkopf so konstruiert wurden, dass die Auflagerkräfte, wenn die Brücke sich in der Verkehrslage befindet, über die Zylinderwandung abgetragen werden können (Bild 9).

4 Herstellung und Bauausführung

4.1 Gründung und Betonbau

Nach Herstellung der Bohrpfähle für die Widerlager wurden Spundwandeneinfassungen in den Kanal eingebracht, um die im Kanal unterhalb der Wasserlinie befindlichen Widerlager herzustellen.

Im Schutze der trockenen Baugrube konnten die zum Teil hochbewehrten Pfahlkopfplatten und Widerlager geschalt, bewehrt und betoniert werden. Mit Einbau der Bewehrung mussten die hochfesten Ankerbolzen, die den Anschluss der Stützen der Mittelplattform gewährleisten, passgenau mittels Schablonen eingesetzt und mit der Bewehrung verbunden werden (Bild 10).

4.2 Stahlbau-Fertigung

In der Werkstatt wurden die einzelnen Segmente des Überbaus aus ebenen Blechen zusammengebaut und zu den einzelnen Brückenteilen verschweißt, gestrahlt und beschichtet. Alle Brückenteile wurden soweit in der Werkstatt fertiggestellt, so dass sie als ganzes Brückenteil auf die Baustelle gebracht wurden. Schweißarbeiten vor Ort konnten so auf ein Minimum reduziert werden. Lediglich für die Herstellung des Anschlusses der Plattformstützen mit der Plattform wurden aufwendige Baustellenschweißarbeiten notwendig.

Vor dem Transport der Brückenteile auf die Baustelle wurde ein genaues Aufmaß der bereits einbetonierten Verbindungselemente gemacht. In einem Probeaufbau der Brückenteile im Werk konnte dann vorab die Passgenauigkeit der Brücken kontrolliert werden, um einen möglichst rei-



Bild 10: Herstellung der Pfahlkopfplatte der Mittelplattform

(Foto: Jan Lüdders)



Bild 11: Fertigung der Brückenteile im Werk

(Foto: Jan Lüdders)



Bild 12: Montage der Brückenteile mittels Schwimmkran

(Foto: Jan Lüdders)

bungslosen Aufbau der Brückenteile vor Ort zu gewährleisten.

4.3 Montage Stahlbau

Die bis zu 50 t schweren Brückenteile wurden sukzessive innerhalb weniger Tage auf die Baustelle nach Kopenhagen gebracht und mittels eines 200-t-Schwimmkrans eingehoben (Bild 12). Hierzu war eine temporäre Vollsperrung des Schiffsverkehrs auf den betroffenen Kanälen erforderlich. Im Montageverlauf wurden zunächst die Vorlandbrücken und die Mittelplattform in Position gebracht und fixiert. Danach wurden die erforderlichen Baustellenschweißverbindungen erstellt, sodass anschließend der bewegliche Brückenteil – mit bereits befestigten Hydraulikzylindern – in die Verkehrslage gebracht wurde.

4.4 Ausbau, Probetrieb und Fertigstellung

Nach der Montage der Brückenstahlteile konnte mit den weiteren Ausbauarbeiten begonnen werden. Hierzu wurden die Hydraulikverrohrung und die Elektroverkabelung unter dem Brückendeck installiert und mit den Anlagen im Maschinenraum verbunden. Die Schrankenanlagen und Lichtsignalanlagen wurden eingebaut und die Edelstahlseile der Geländerausfachung wurden vorgespannt. In einem vier Wochen langen Probetrieb konnte die Antriebstechnik eingestellt und kalibriert und die Steuerungssoftware getes-

tet werden. Die Brücke wurde feierlich im Januar 2015 eröffnet.

5 Schlusswort

Mit der Butterflybridge in Kopenhagen wurde eine bewegliche Fuß- und Radwegbrücke mit höchsten gestalterischen und höchsten technischen Ansprüchen in einem internationalen Umfeld realisiert. Wir danken der Stadt Kopenhagen für das entgegengebrachte Vertrauen und bedanken uns bei allen anderen Planungsbeteiligten und ausführenden Firmen für die ausgezeichnete Zusammenarbeit.

6 Projektbeteiligte

Bauherr:
Københavns Kommune, Teknik- og Miljøforvaltningen

Objekt- und Tragwerksplanung:
Arbeitsgemeinschaft WTM Engineers, Hamburg |
Dietmar Feichtinger Architectes, Paris

Maschinen und Elektroplanung:
Dr. Schippke und Partner, Hannover

Ausschreibung:
Cowi AS, Lyngby

Ausführende Firmen:
Phil AS, Lyngby | VSB, Randers | HSM, Grenå

Im gedruckten Tagungsband stand hier eine Anzeige. Sie wurde für die Online-Fassung entfernt.

Im gedruckten Tagungsband stand hier eine Anzeige. Sie wurde für die Online-Fassung entfernt.