

# Extrem leichte Brücke aus vorgespanntem Carbonbeton

## Fahrradbrücke über die Eulach in Winterthur/Schweiz aus vorgespanntem Carbonbeton

An der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW in Winterthur/Schweiz wurden sehr dünne, leistungsfähige Betonplatten entwickelt: der Beton ist – in vier oder mehr Lagen und orthogonal – ausschließlich mit vorgespanntem Carbon bewehrt. Diese Betonplatten werden als Halbzeuge in drei Standardstärken und in großen Formaten industriell hergestellt, projektspezifisch zugeschnitten und individuell bearbeitet. Eingesetzt werden sie unter anderem als Konstruktionselemente für sehr leichte und nachhaltige Brücken für den Langsamverkehr. Die erste Brücke dieses Typs wird in diesem Beitrag vorgestellt; sie überquert seit Oktober 2016 in Winterthur die Eulach.

Die Brücke hat bei einer Spannweite von 7,60 m und einer lichten Weite von 2,16 m ein Gewicht von ca. 3200 kg. Bezogen auf die Nutzfläche (ca. 190 kg/m<sup>2</sup>) entspricht das dem Gewicht einer leichten Stahlbrücke. Eine konventionelle Stahlbetonbrücke wäre rund vier- bis fünfmal schwerer geworden. Der innovative Baustoff und die Konstruktion der Eulachbrücke reduzierten den Ressourcenverbrauch signifikant, etwa um den Faktor 5.

### 1 Einleitung

Der Ersatz der Stahlbewehrung im Beton durch Carbon wird seit vielen Jahren erforscht. Entwicklungen mit schlaff eingelegten Fasern, Netzen oder Stäben aus Carbon und Glas erfahren unter dem Namen Textilbeton oder Carbonbeton reges Interesse und es konnten bereits bei einigen Brückenbauwerken Erfahrungen gesammelt werden [1–4]. Die hervorragenden technischen Eigenschaften des Carbons können im Verbund mit Beton aber erst dann ausgeschöpft werden, wenn die Bewehrung vorgespannt eingesetzt wird. Dies reduziert den Carbonverbrauch um bis zu 90%, was insbesondere im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit der Betonprodukte und den Ressourcenverbrauch relevant ist.

Aus dieser Erfahrung hat die Fachgruppe Faserverbundkunststoffe der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW gemeinsam mit der Silidur AG eine sehr leistungsfähige, dünne Betonplatte entwickelt, die ausschließlich mit vorgespanntem Carbon bewehrt ist. Unter dem Namen cpc für „carbon prestressed concrete“ werden die standardisierten Platten in Stärken von 24, 40 und 60 mm produziert.

Speziell ist die industrielle und großformatige Fertigung dieser Betonplatten als Halbzeug. In einem separaten Arbeitsschritt werden sie später projektspezifisch zugeschnit-

### Extremely lightweight bicycle bridge from prestressed carbon-concrete in Winterthur/Switzerland

Very thin concrete slabs reinforced by four or more orthogonal layers of highly prestressed carbon were developed at the Zurich University of Applied Sciences ZHAW in Winterthur. They are produced industrially in three standard thicknesses and in large standard slab sizes. In a separate process they are cut and machined to individual project specifications. The slabs can be used as load carrying elements in very lightweight and sustainable pedestrian bridges. This paper presents the first bridge of this type. Since October 2016 it crosses the river Eulach in Winterthur.

With a span of 7.60 m and a clear width of 2.16 m the carbon concrete bridge weighs approximately 3200 kg. Related to the usable area its weight of 190 kg/m<sup>2</sup> corresponds to that of a light steel bridge. A conventional reinforced concrete bridge would have been 4 to 5 times heavier. Due to the innovative, prestressed carbon concrete slabs the resource consumption could be significantly reduced, approximately by a factor of 5.

ten, bearbeitet und gefügt. Durch die große Flexibilität konnten bereits mehr als 90 Projekte unterschiedlichster Art mit cpc-Platten realisiert werden. Als Haupttragwerk wurden sie beispielsweise für den Neubau des 50 m langen Fahrradunterstands am Schulhaus in Neukirch/Egnach und in mehreren Fahrradbrücken eingesetzt.

Mit sekundärer Tragwirkung werden sie regelmäßig in Belägen für Stege, Treppen, Wege und als Balkonplatte verwendet. Mit dem Ersatzneubau der Fahrradbrücke zwischen dem Campus T der ZHAW und der Kantonschule Büelrain über die Eulach in Winterthur (Bild 1) konnte die Leistungsfähigkeit dieses Verbundwerkstoffs erstmals in einem komplett eigenständigen Brückentragwerk unter Beweis gestellt werden.

### 2 Tragwerk

#### 2.1 Bestandsbrücke

Das Tragwerk der ursprünglichen Bestandsbrücke bildeten zwei Stahlträger, die als Einfeldträger den Fluss überspannten. Diese trugen neben dem aufliegenden Brückendeck aus Betonbohlen auch diverse Werkleitungen, die an die Stahlhauptträger angehängt sind. Die Brücke verfügte über ein einfaches Staketengeländer, das mit seitlich angeschweißten Konsolen an den Stegen der Hauptträger befestigt war.



**Bild 1** Fahrradbrücke aus carbonvorgespannten Betonplatten über die Eulach in Winterthur/Schweiz (ZHAW)  
Bicycle bridge from carbon prestressed concrete plates in Winterthur/Switzerland (ZHAW)

Durch die Lücken zwischen den einzeln aufliegenden Betonbohlen, welche den Brückenbelag bildeten, war kontinuierlich Regenwasser eingesickert und hatte über die Jahre zu großen Korrosionsschäden an den Stahlhauptträgern geführt. Anfang des Jahres 2016 wurde die Sperrung der Brücke erforderlich, da die beiden Stahlhauptträger nicht mehr die erforderliche Tragsicherheit aufwiesen.

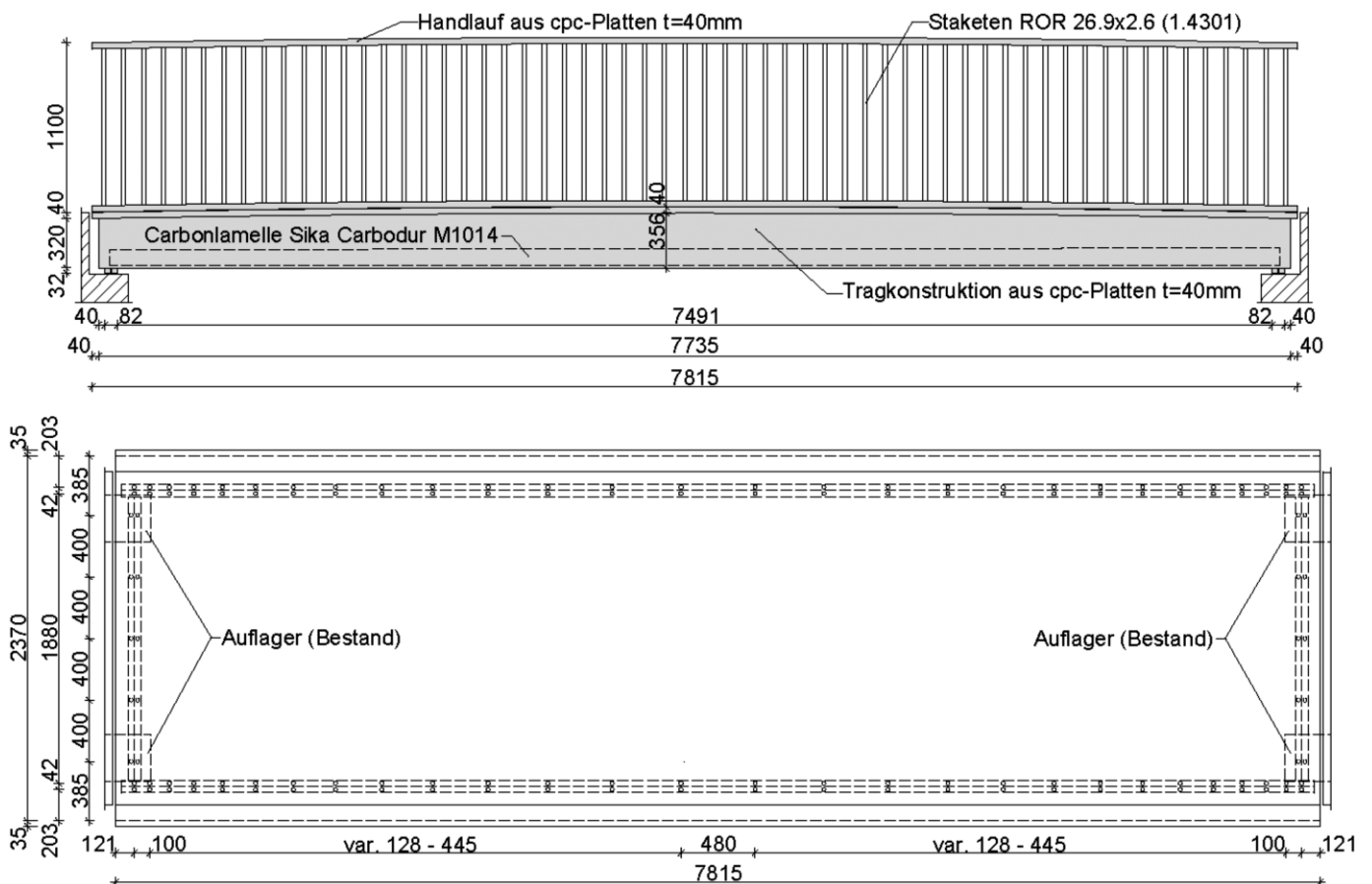
Das Hochbauamt des Kantons Zürich als Bauherr war offen für innovative Lösungsvorschläge, sodass für den

Ersatz prototypisch eine Konstruktion aus cpc-Platten eingesetzt werden konnte.

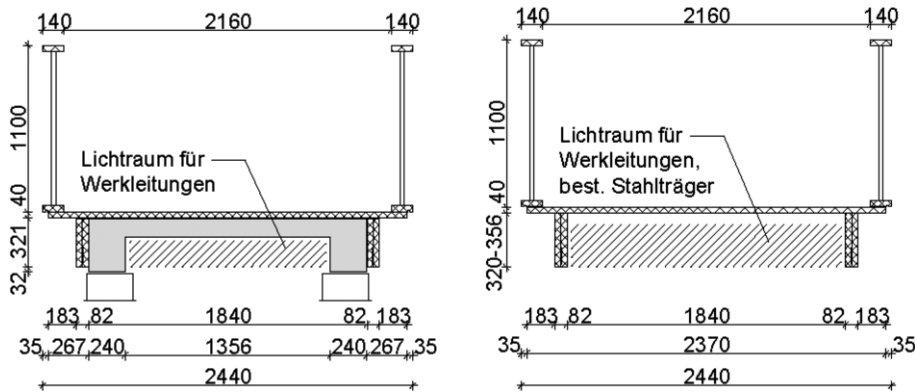
## 2.2 Neue Tragkonstruktion

Die 120 mm dicken Betonbohlen des alten Brückendecks und die über Konsolen angeschlossenen Geländer wurden entfernt, um die beiden Stahlträger zu entlasten. Die Stahlträger blieben aber erhalten und tragen weiterhin die verschiedenen Werkleitungen. Im Auflagerbereich wurden beide Träger an beiden Enden um jeweils 225 mm gekürzt. Die so entstandene Lücke bietet genug Raum für das Auflager der neuen Brücke (vgl. auch Bild 12). Diese wurde als Tischkonstruktion über die Stahlträger gestülpt, ohne sie zu berühren. Die Stahlträger sind durch die neue Brückenplatte vor direkter Bewitterung geschützt und werden ihre vorgesehene Nutzungsdauer erreichen.

Für die Tragkonstruktion der neuen Brücke (Bilder 2 und 3) wurden als Halbfabrikat die zum Patent angemeldeten cpc-Betonplatten verwendet. Das Brückendeck besteht aus einer einzigen, großformatigen, 40 mm starken Platte mit Abmessungen von 7,82 m x 2,37 m. Das Deck ist mit einem darunterliegenden umlaufenden Tragrahmen aus cpc-Platten fest verbunden. Der Tragrahmen wurde aus jeweils paarweise miteinander verklebten cpc-Platten von



**Bild 2** Ansicht und Aufsicht der Eulachbrücke, alle Maße in Millimeter (ZHAW)  
View and top view of the bicycle bridge Eulachbrücke, all dimensions in mm (ZHAW)



**Bild 3** Querschnitt über dem Auflager (linkes Bild) und Regelquerschnitt, alle Maße in Millimeter (ZHAW)  
Section of the bridge: cross section in span (right side) and at supports (left side), all dimensions in mm (ZHAW)

40 mm Stärke gefertigt. Die Höhe des Rahmens im Auflagerbereich ergab sich mit 320 mm direkt aus den Höhenlagen der bestehenden Auflager und der Zufahrten, welche unverändert weiterverwendet wurden.

Die Querstege weisen Ausnehmungen für die Durchführung der bestehenden Werkleitungen auf (in Bild 3 schraffiert). Die Längsstege wurden oberseitig mit einem Radius von 218 m geschnitten, sodass sich in Feldmitte, wo das maximale Biegemoment auftritt, eine Höhe von 356 mm ergibt. Zusätzlich wurde in den Längsstegen am unteren Rand in jeweils eine der beiden Scheiben eine Tasche gefräst, in die eine Carbonlamelle „Sika Carbodur M1014“ als zusätzliche Bewehrung eingeklebt wurde.

Die Deckplatte folgte beim Ablegen auf den Tragrahmen schon infolge ihres Eigengewichts dessen Form und wurde in dieser vorgekrümmten Form mit dem Rahmen verbunden. Die Verbindung der Längs- und Querträger wie auch der Brückenplatte mit den Stegen erfolgt durch eine vollflächige Klebung über die gesamte Länge sowie durch punktuelle Verschraubungen mit speziell angefertigten Senkkopfhülsenmutter M8 aus Edelstahl (Bild 4).

Ein spezieller Fahrbahnbelag oder eine Beschichtung ist nicht erforderlich. Die Oberfläche der Brücke wird direkt befahren, wobei die oberste Betonschicht als Verschleißschicht dient. Die Rutschfestigkeit der cpc-Platten wurde in unabhängigen Tests mit Klasse R12 für alle Oberflächentypen bestätigt.

### 3 Bemessung

#### 3.1 Grundlagen

Die Brücke ist wie auch ihre Vorgängerin für eine Nutzung als Fußgänger- und Radwegbrücke (nichtmotorisierter Verkehr) bestimmt. Die Bemessung richtete sich nach den Anforderungen gemäß SIA260:2013 [5] und SIA261:2014 [6]. Dabei wird beim Lastmodell 1 eine gleichmäßig verteilte Belastung von 4 kN/m<sup>2</sup> angenommen. Kennwerte, welche wegen der neuartigen Konstruktion nicht in den Baunormen vorhanden sind, wurden anhand von Material- und Bauteilversuchen ermittelt.

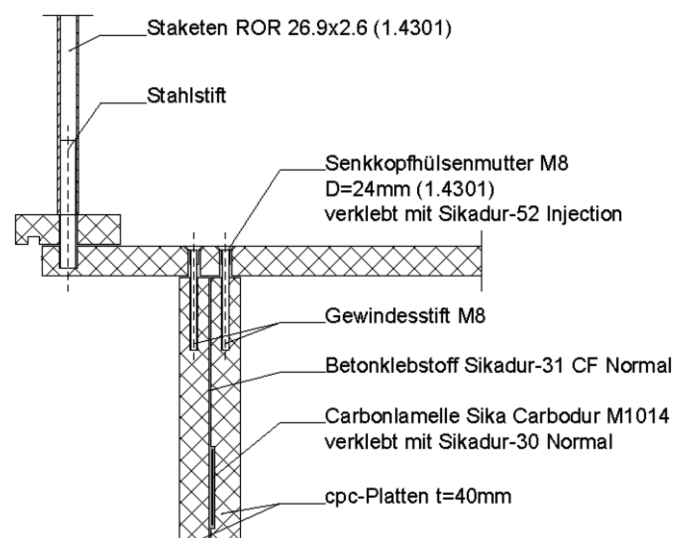
### 3.2 Details

#### 3.2.1 Auflager

Zentraler Punkt des Entwurfs war es, die Eingriffe an den bestehenden Strukturen so klein wie möglich zu halten und die bestehenden Betonaufleger weiter zu verwenden. Die bestehenden Stahlträger wurden an beiden Enden eingekürzt und die bestehenden Auflager reprofiliert. Unmittelbar vor dem Absetzen der neuen Brücke wurden in den Kontaktbereichen dünne Mörtelbetten erstellt.

#### 3.2.2 Geländer

Blickfang der sonst zurückhaltenden Konstruktion ist das Geländer (Bild 5). Dieses besteht aus einem mit der Brückenplatte verklebten Randstreifen, Staketen aus gebürsteten Chromstahlrohren ROR 26,9 × 2,6 (1.4301) sowie einem schlichten Handlauf. Der Randstreifen und Handlauf sind ebenfalls aus carbonbewehrten cpc-Platten gefertigt.



**Bild 4** Verbindungsdetail Eulachbrücke (ZHAW)  
Detail of connection (ZHAW)



**Bild 5** Übergang vom Geländer der Brücke zum Geländer der Zufahrt (ZHAW)  
The railings of the bridge continue on the approaching paths (ZHAW)

Im Zuge der Instandsetzung wurde die Höhe des Geländers auf 1,10 m angepasst, sodass die aktuell gültigen Normen erfüllt werden [7]. Die ursprünglichen Geländer der Zufahrten wurden durch neue Geländer ersetzt, die passend in der gleichen Weise ausgeführt wurden. Auf der Seite des Technikum-Campus verlaufen sie in einem Bogen, um der bestehenden Wegführung zu folgen (Bild 5).

### 3.2.3 Entwässerung

Durch die Krümmung der Brückenplatte in Längsrichtung wird die Entwässerung der Fahrbahn gewährleistet. Eine umlaufend eingefräste Nut an der Brückenunterseite dient als Wassernase. An den Unterseiten des Brückendecks und der Randstreifen der Geländer wurden werksseitig Wassernasen eingefräst, um zu verhindern, dass Regenwasser auf der Unterseite des Bauwerks entlangläuft.

## 4 Konstruktionselemente

### 4.1 cpc-Platten: vorgespannter Carbonbeton

#### 4.1.1 Konstruktion

Die Konstruktion der Eulachbrücke ist vollständig aus 40 mm dicken cpc-Platten zusammengesetzt worden: dünne Betonplatten, die in vier Lagen orthogonal ausschließlich mit fein verteiltem, vorgespanntem Carbon bewehrt sind. Sie wurden von der Fachgruppe Faserverbundkunststoff des Departements Architektur und Bauingenieurwesen an der ZHAW und der Silidur AG Andelfingen in einem durch Schweizerische Innovationsförderung unterstützten Forschungsprojekt gemeinsam entwickelt. Die Platten werden standardisiert in großformatigen Abmessungen von 2,40 m × 10,0 m hergestellt. Je nach Projektanforderungen werden sie im 5-Achs-CNC-Bearbeitungszentrum konfektioniert. Wie bei der Natursteinbearbeitung sind frei geformte Zuschnitte, Oberflächenbearbeitungen wie Bürsten und Fräsen, Bohrungen, Fräsen von Schlitzen, Taschen und Fasen ab CAD möglich.

Die üblicherweise erforderliche Betondeckung der Stahlbewehrung von drei bis vier Zentimetern zum Schutz vor

Korrosion ist für die Bewehrung aus Carbon nicht erforderlich. Daher sind cpc-Platten bei gleicher Tragfähigkeit wie Stahlbeton wesentlich dünner und haben ein bis zu 80% geringeres Gewicht. Die verwendeten Platten ( $t = 40$  mm) haben gemäß Datenblatt einen Biege widerstand auf Designniveau von  $M_{RD} = 4,4$  kNm/m [8].

### 4.1.2 Beton

Der eingesetzte Beton entspricht der Festigkeitsklasse C60/75 und ist frost-tausalzbeständig mit Klasse XF4 [9]. Die Betonoberfläche ist rutschfest und kann ohne weitere Belagsschichten direkt befahren werden. Unabhängig von der Oberflächenbearbeitung ist die Klasse R12 erfüllt.

### 4.1.3 Carbon

Die Bewehrung ist fein verteilt und benötigt nur kurze Verankerungslängen von ca. 20 mm. Eine lokale Bewehrungsschädigung durch Bohrungen oder an den Schnittkanten hat daher keinen globalen Einfluss. Die Bewehrung ist an den Schnittkanten quasi unsichtbar und dauerhaft frei von Verfärbungen. Die Bewehrung wird mit  $2000$  N/mm<sup>2</sup> vorgespannt. Damit wird gewährleistet, dass die Platte unter Gebrauchslast rissfrei bleibt. Unter höheren Einzellasten auftretende Risse werden bei Lastreduktion wieder geschlossen.

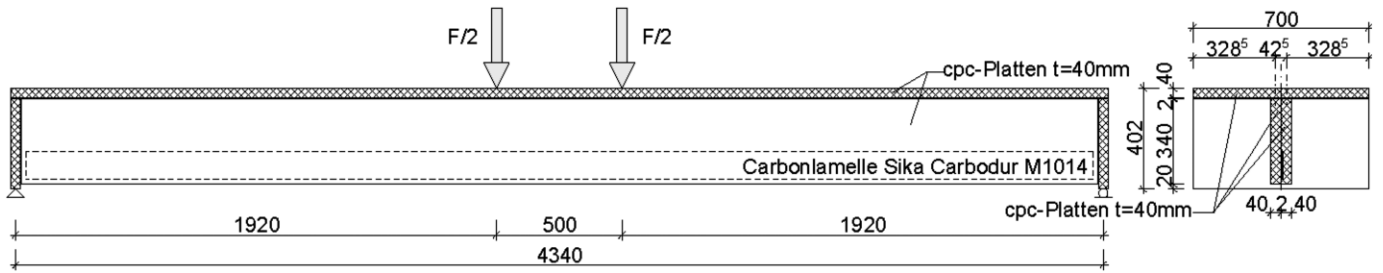
## 4.2 Verbindungsmittel

Alle Plattenverbindungen sind vollflächig mit dem Betonkleber „Sikadur-31 CF Normal“ verklebt. Neben der lasttragenden Funktion wird so ein Eindringen von Wasser in die Fugen verhindert.

Die Stoßverbindungen der Brücke sind darüber hinaus mit speziell angefertigten Senkkopfhülsenmuttern M8 aus rostfreiem Edelstahl (1.4301) verschraubt (Bild 4). Die Fugen sind zum Schutz vor eindringendem Wasser mit dem Injektionsklebstoff „Sikadur-52 Injektion“ verfüllt.

## 5 Großversuch

Begleitend zur rechnerischen Auslegung der Eulachbrücke wurde ein Großversuch konzipiert, an dem das gesamte Zusammenwirken der einzelnen Elemente final getestet und mit dem die Belastungssituation an der Brücke experimentell überprüft wurde (Bilder 6, 7). Geprüft wurde ein Steg der Brücke als einfacher Balken in einem 4-Punkt-Biegeversuch mit einer Spannweite von 4,34 m und einem Lastabstand von 0,5 m (Bild 6). Die Kräfteinleitung erfolgte hydraulisch über einen Druckzylinder. Die wirkende Kraft und die Verformungen wurden mit Kraft- und Wegaufnehmern unabhängig gemessen und digital aufgezeichnet (Bild 8).



**Bild 6** Ansicht Großversuch mit 4-Punkt-Biegebelastung, alle Maße in Millimeter (ZHAW)  
4-point bending test, all dimensions in mm (ZHAW)

Der Versuch wurde so ausgelegt, dass bei einer Kraft von  $F = 66,8 \text{ kN}$  im Träger der gleiche Belastungszustand entsteht, wie er sich bei der Brücke bei maximalen Lastzuständen auf Designniveau einstellen würde. Der Probekörper versagte mit einem einzigen, leicht geneigten Bruch des Steges über die gesamte Höhe und leicht versetzt in beiden Platten des Steges (Bild 7, Bruch siehe roter Pfeil). Die maximal erreichte Kraft  $F$  betrug  $88,6 \text{ kN}$ , was rund 10% über der rechnerischen Erwartung lag (Bild 8). Dies zeigt auf, dass diese neuartige Brückenkonstruktion gut mit den gebräuchlichen statischen Modellen [9] beschrieben werden kann.

## 6 Herstellung und Montage

Alle Teile der Brücke und des Geländers wurden im Werk der Silidur AG in Andelfingen aus vorproduzierten, großformatigen Tafeln ausgeschnitten. Die Flächen wurden vollautomatisch gebürstet, Löcher für die Verschraubungen gebohrt und Fräsungen erstellt (Bild 9). Zuerst wurden die Teile des Tragrahmens für den Zusammenbau vorbereitet. Die Carbonlamellen „Sika Carbodur M1014“ wurden mit dem Kleber „Sikadur-30 Normal“ in die speziell gefrästen Taschen der Längsträger eingeklebt und die beiden Längsträger- sowie Quersteghälften mit dem Kleber „Sikadur-31 CF Normal“ paarweise vollflächig miteinander verklebt.

Für die Verbindung der Querträger mit den Längsträgern wurden in die Querträger stirnseitig Gewindestifte mit

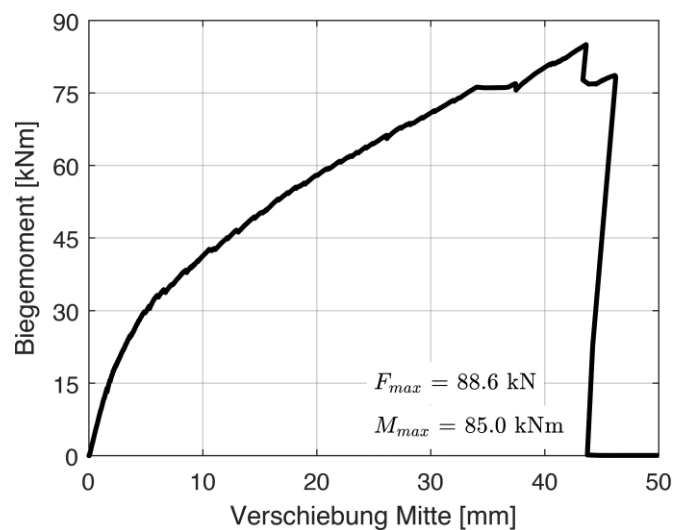


**Bild 7** Vier-Punkt-Biegeversuch mit Riss zum Bruchzeitpunkt (ZHAW)  
Four-point bending test with crack at point of failure (ZHAW)

dem Kleber „HIT-HY 200-R“ in die vorgebohrten Löcher eingeklebt. Anschließend wurden die Träger ausgerichtet und miteinander verklebt und verschraubt (Bild 10). Auf der Oberseite des Tragrahmens wurden ebenfalls Gewindestifte eingeklebt, bevor die Brückenplatte vollflächig mit dem Rahmen verklebt und über die zuvor eingeklebten Gewindestifte verschraubt wurde.

Für die Erstellung des Geländers wurden zuerst die Randstreifen mit der Brückenplatte verklebt. Dabei wurden die Randstreifen mit den Durchgangsbohrungen genau über den entsprechenden Sacklöchern der Fahrbahnplatte platziert. In die Löcher der Randstreifen sowie in die Sacklöcher an den Unterseiten der Handläufe wurden Stahlstifte eingeklebt. Für die Staketen wurden Edelstahlrohre eingesetzt, die auf die Stahlstifte der Randstreifen aufgesteckt wurden. Abschließend wurde der Handlauf mit den Stahlstiften seinerseits in den Staketen platziert und fixiert (Bild 11).

Die fertige Brücke wurde komplett mit Geländer auf einem Tieflader zum Bauplatz geliefert. Mit einem leichten Mobilkran wurde sie dann auf den vorbereiteten Auflagern abgesetzt (Bild 12) und konnte anschließend übergeben werden. Die bestehenden Geländer der Zufahrten wurden im Nachhinein durch passende Geländer aus Carbonbeton ersetzt.



**Bild 8** Biegemoment-Verformungsdiagramm – längs in Brückenmitte (ZHAW)  
Bending moment – deflection diagram (ZHAW)



**Bild 9** Fertig bearbeitete Brückenplatte im CNC-Zentrum (Silidur AG)  
Bridge deck completed in the CNC-machining centre (Silidur AG)



**Bild 10** Zusammenbau des Tragrahmens (Silidur AG)  
Assembly of the supporting frame (Silidur AG)



**Bild 11** Eulachbrücke vor der Montage der Handläufe (Silidur AG)  
Eulachbrücke before assembly of handrails (Silidur AG)



**Bild 12** Einheben der Brücke mit dem Mobilkran (Silidur AG)  
The new bridge is placed on the supports by a mobile crane (Silidur AG)

## 7 Recycling, Ökobilanz

Da das Carbon vorgespannt eingesetzt wird, enthalten die cpc-Platten nur einen geringen Carbonanteil. Dieser liegt für die eingesetzten Platten bei ca. 0,2% der Gesamtmasse. Für eine Weiterverwendung in Recyclingbeton wird üblicherweise der gesetzliche Grenzwert einer Klassifizierung als „schwach verschmutztes Aushubmaterial“ zugrunde gelegt, der gemäß [10] bei einem Massenanteil von 1% liegt. Für eine Entsorgung als Betonabbruch bzw. Deponierung in einer Deponie Klasse B (Inertstoffdeponie) darf ebenfalls gemäß [10] der gesamte organische Kohlenstoffanteil 2% der Gesamtmasse nicht überschreiten. Diese Grenzwerte werden jeweils eingehalten. Konstruktionen aus cpc-Platten können somit am Ende ihrer Lebensdauer direkt der Produktion von Recyclingbeton zugeführt oder deponiert werden, ohne die Bewehrung vortrennen zu müssen.

Mit ca. 190 kg/m<sup>2</sup> bezogen auf die nutzbare Fläche ist die Konstruktion extrem leicht und entspricht etwa dem Gewicht einer leichten Stahlbrücke. Eine vergleichbare konventionelle Betonbrücke wäre mit einem Gewicht von ca. 15.000 kg resp. ca. 890 kg/m<sup>2</sup> etwa viermal schwerer. Durch den kombinierten und gezielten Einsatz der Materialien Beton und vorgespanntes Carbon kann der Ressourcenverbrauch sehr stark reduziert werden. Die gesamte Ökobilanz wurde nach der Methode der Umweltbelastungspunkte ermittelt und ist im Vergleich zu einer konventionellen Brücke etwa um Faktor 5 besser [11].

## 8 Wirtschaftlichkeit

Neben den technischen Vorteilen ist der Einsatz von vorgespanntem Carbonbeton auch aus wirtschaftlicher Sicht interessant. Vorab waren verschiedene Möglichkeiten der Instandsetzung der Bestandsbrücke durch ein unabhängiges Ingenieurbüro erarbeitet worden. Zwei Varianten der Ertüchtigung durch zwei zusätzlich eingepasste Stahlträger bzw. durch vor Ort erstellte zusätzliche Betonträger hätten gemäß deren Kostenschätzung 22.000 CHF bzw. 27.000 CHF  $\pm 20\%$  zzgl. Planung und Honorare gekostet. Alternativ wurde ein Ersatzneubau mit der gleichen Konstruktionsweise wie bei der Bestandsbrücke (Bohlenbelag) vorgeschlagen, der gemäß dieser Kostenschätzung 77.000 CHF  $\pm 20\%$  zzgl. Planung und Honorare gekostet hätte.

Die ausgeführte Variante der Eulachbrücke konnte als Prototyp für Kosten von 39.500 CHF erstellt werden und ist der Neubaulösung mindestens gleichwertig einzustufen, da die Werkleitungen und deren Aufhängung nun vor Bewitterung geschützt sind.

Auf Grundlage der Erfahrungen mit der Eulachbrücke werden zukünftig verschiedene Typen von Fußgängerbrücken mit Unterhaltsfahrzeug oder landwirtschaftlichem Verkehr in cpc-Modulbauweise angeboten, die durch Standardisierung nur wenig Planungsleistungen

erfordern. Ein Einsatz für Straßenbrücken ist mit einer spezifischen Dimensionierung und konstruktiven Ausbildung möglich.

## 9 Zusammenfassung

Mit der Eulachbrücke aus cpc-Platten konnte die erste Brücke aus vorgespanntem Carbonbeton errichtet werden. Die neue Brücke hat bei einer Länge von 7,82 m (Spannweite 7,60 m) und einer lichten Breite von 2,16 m ein Gewicht von ca. 3.200 kg.

Für die Instandsetzung war es ein wesentlicher Kosten- und Zeitvorteil, dass die Last auf die bereits bestehenden Auflager durch die Baumaßnahme auf etwa 70% reduziert werden konnte. So waren an Auflagern und Zufahrten keinerlei Eingriffe erforderlich. Das Versetzen der Brücke erfolgte innerhalb eines Vormittags mit einem kleinen mobilen Kran.

Zum Einsatz kam eine Konstruktion aus cpc-Platten – dünnen, mit Carbon vorgespannten Betonplatten –, die großformatig industriell hergestellt und anschließend individuell konfektioniert werden [8]. Diese Konstruktionsweise ermöglichte eine wartungsarme, schnelle und kostengünstige Lösung, die überdies nachhaltig ist: verglichen mit einer konventionellen Stahlbetonbrücke ist die Ökobilanz etwa um Faktor 5 besser.

## Literatur

- [1] KULAS, C.; GORALSKI, C.: *Die weltweit längste Textilbetonbrücke*. Beton- und Stahlbetonbau 109 (2014), Heft 11, S. 812–817.
- [2] REMPEL, S.; WILL, N.; HEGGER, J.; BEUL, P.: *Filigrane Bauwerke aus Textilbeton*. Beton- und Stahlbetonbau Spezial Januar 2015 (2015), S. 83–93.
- [3] HELBIG, T.; REMPEL, S.; UNTERER, K.; KULAS, C.; HEGGER, J.: *Fuss- und Radwegbrücke aus Carbonbeton in Albstadt-Ebingen*. Beton- und Stahlbetonbau 111 (2016), Heft 10, S. 676–685.
- [4] MICHLER, H.: *Segmentbrücke aus textilbewehrtem Beton – Rottachsteg Kempten im Allgäu*. Beton- und Stahlbetonbau 108 (2013), Heft 5, S. 325–334.
- [5] SIA 260 (2013): *Grundlagen der Projektierung von Tragwerken*.
- [6] SIA 261 (2014): *Einwirkungen auf Tragwerke*.
- [7] SN 640568 (2013): *Passive Sicherheit im Strassenraum – Geländer*.
- [8] [www.cpc-betonplatten.ch](http://www.cpc-betonplatten.ch) (zuletzt aufgerufen am 10.5.2019).
- [9] SIA 262 (2013): *Betonbau*.
- [10] Abfallverordnung, VVEA (2016): *Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen*.
- [11] [www.bafu.admin.ch](http://www.bafu.admin.ch) (zuletzt aufgerufen am 10.5.2019).

## Dank

Die Entwicklung der vorgespannten cpc-Carbonplatten wurde ursprünglich durch die Innovationsförderung der Kommission für Technologie und Innovation KTI des Eidgenössischen Departements für Wirtschaft, Bildung und Forschung unterstützt, wofür sich die Autoren bedanken.

Die Autoren möchten auch dem Hochbauamt des Kantons Zürich als Bauherrn der Eulachbrücke – insbesondere Herrn THORSTEN NÖLLE – für die Bereitschaft danken, neue Lösungen zu suchen und diese innovative, kleine Brücke zu ermöglichen. Ebenso möchten wir unserem Kollegen Herrn FABRIZIO CECCHETTIN an dieser Stelle für seinen engagierten Einsatz bei der Realisierung der Brücke Dank sagen.

**Tab. 1** Projektbeteiligte  
Partners involved in the project

Bauherr	Hochbauamt Kanton Zürich
Tragwerksplanung	Staubli, Kurath und Partner AG, Zürich
Entwicklung und Prüfung	ZHAW, Institut Konstruktives Entwerfen, Fachgruppe Faserverbundkunststoff
Bauausführung	Silidur AG, Andelfingen

## Autoren



Antje Sydow, MSc. BEng.  
ZHAW Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften  
Institut für Konstruktives Entwerfen,  
Fachgruppe FVK  
Zur Kesselschmiede 35  
8400 Winterthur, Schweiz  
[antje.sydow@zhaw.ch](mailto:antje.sydow@zhaw.ch)



Prof. Josef Kurath, Dipl. Bauingenieur ETH/SIA  
ZHAW Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften  
Institut für Konstruktives Entwerfen,  
Fachgruppe FVK  
Zur Kesselschmiede 35  
8400 Winterthur, Schweiz  
[josef.kurath@zhaw.ch](mailto:josef.kurath@zhaw.ch)



Philipp Steiner  
Silidur AG  
Niederfeldstrasse 5  
8450 Andelfingen, Schweiz  
[philipp.steiner@silidur.ch](mailto:philipp.steiner@silidur.ch)