

3

# Beton- und Stahlbetonbau

101. Jahrgang  
März 2006  
Heft 3, S. 198-204  
ISSN 0005-9900

A 1740

Sonderdruck

Michael Schmidt  
Kai Bunje  
Ekkehard Fehling  
Thomas Teichmann

## Brückenfamilie aus Ultra-Hochfestem Beton in Niestetal und Kassel



UNIKASSEL  
VERSITÄT

ARGE  
Gärtnerplatzbrücke

 **SEH**  **bb**  
beck-bau

 **ELO**  
BETON

Ingenieurbüro für Bauwesen  
**Fehling + Jungmann GmbH**  
Beratende Ingenieure VBI



 **STAHLBAU**  
**LAMPARTER**  
[www.stahl-und-glas.de](http://www.stahl-und-glas.de)



Michael Schmidt  
Kai Bunje  
Ekkehard Fehling  
Thomas Teichmann

## Brückenfamilie aus Ultra-Hochfestem Beton in Niestetal und Kassel

### 1 Allgemeines

In der Gemeinde Niestetal bei Kassel wurde im Sommer 2004 als Ersatz für einen korrodierten Fußgängersteg aus Stahl zur Anbindung eines Sportplatzes und eines städtischen Schwimmbades an die umliegende Infrastruktur die erste fabrikmäßig hergestellte Fußgänger- und Radfahrerbrücke aus Ultra-Hochfestem Beton (UHFB) gebaut. Wegen der günstigen Baukosten und der sehr kurzen Bauzeit wurden in der gleichen Gemeinde inzwischen zwei weitere Fertigteil- und eine Hybridbrücke mit einem Deck aus dem neuen, innovativen Werkstoff erstellt.

Sie boten gleichzeitig die Möglichkeit, die neue Bauweise zu erproben, bevor sie bei der Gärtnerplatzbrücke über die Fulda in Kassel im größeren Maßstab angewendet wird. Mit den Arbeiten an dieser 140 m langen Flussbrücke wurde inzwischen ebenfalls begonnen. Der Überbau aus UHFB soll Mitte des Jahres montiert werden. Dabei werden tragende Bauteile erstmals in der Welt ausschließlich miteinander verklebt. Nachfolgend wird ein Überblick über die Entwurfs- und Bemessungsgrundlagen sowie über die Herstellung der Brücken gegeben.

### 2 Geometrie der Brücken

Der erste Brückenüberbau über die Nieste in Niestetal ist in Bild 1 dargestellt. Die Spannweite beträgt rd. 12 m, die Breite 3,0 m. Er besteht aus einem monolithischen Beton-Fertigteiltrakt mit U-Querschnitt (siehe Bild 2). Die Plattendicke beträgt durchgängig 10 cm. Die beiden Randstege (Längsträger) sind oben 20 cm, unten 25 cm breit und in Feldmitte 40 cm hoch.



Bild 1. Erste deutsche Fuß- und Radwegbrücke aus UHFB in Niestetal bei Kassel

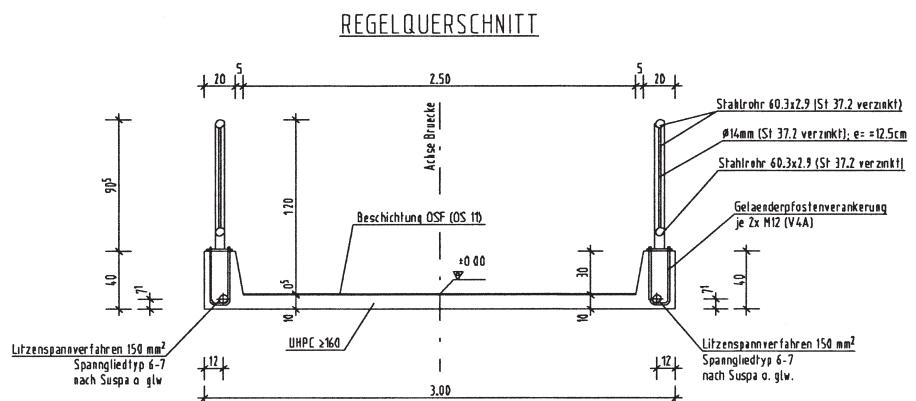


Bild 2. Querschnitt der ersten UHFB-Fertigteilbrücke in Niestetal

Zur Minimierung von Spannungsspitzen sind die Längsträger angevoutet, so daß kein Querschnittsprung zu den im Endbereich angeordneten Querträgern entsteht. Zur Lastabtragung in Längsrichtung sind die Stege mit einem Spannglied, Typ SUSPA 150, 6-7, mit nachträglichem Verbund vorgespannt. Stabstahlbewehrung wurde lediglich im Krafteinleitungsbereich der Spannglieder sowie im Querträger eingebaut. Die Lastabtragung in Querrichtung übernimmt der Ultra-Hochfeste Faserbeton mit

rd. 1 Vol.-% Stahlfasern. Die Zusammensetzung des verwendeten UHFB ist in Tabelle 1 angegeben.

Der nur rd. 12 to wiegende Brückenüberbau wurde auf einem Tieflader von der Fabrikationsstätte in Eichenzell zur Einbaustelle transportiert und dort mit einem Autokran innerhalb von ca. 2 h auf das vorbereitete Widerlager versetzt. Danach konnte die Brücke sofort der Nutzung übergeben werden. Bild 3 zeigt das Einschwenken des Überbaus und stellt anschaulich die Leichtigkeit der

**Tabelle 1. Zusammensetzung, Frisch- und Festbetoneigenschaften des UHFB**

	Einheit	Anteile
Zement CEM I 52,5 R HS/NA	kg/m <sup>3</sup>	733
Quarzsand 0,125/0,50 mm	kg/m <sup>3</sup>	1008
Silikastaub ( $\text{SiO}_2 > 98\%$ )	kg/m <sup>3</sup>	230
Stahlfasern $\varnothing/l = 0,15/17 \text{ mm}$ $0,99 \text{ Vol.-%}$	kg/m <sup>3</sup>	78
Quarzmehl (3800 cm <sup>2</sup> /g)	kg/m <sup>3</sup>	183
Vol.-% Wasser und Feinststoff $< 0,125 \text{ mm}$	l/m <sup>3</sup>	405
Fließmittel (3,9 M.-% des Zementes)	kg/m <sup>3</sup>	28,6
Gesamtwasser	l/m <sup>3</sup>	176
Wasserzementwert (w/z) eff. w/z-Wert (w/(z+s))	-	0,24 0,20
Wasser/Feinstoff w/F <sub>v</sub>		0,19
Vol.-% Wasser und Feinststoff $< 0,125 \text{ mm}$ (Leimvolumen)	l/m <sup>3</sup>	595
Ausbreitmaß	cm	65 +/- 3 cm
Mittlere Druckfestigkeit <sup>1)</sup> (Zylinder 150/300 mm)	f <sub>cm</sub>	185
Druckfestigkeit <sup>2)</sup>	f <sub>ck</sub>	165
Einzelwert min		145
Biegezugfestigkeit <sup>1) 2) 3)</sup> (Balken 150 × 150 × 700 mm)	f <sub>ct,flk</sub>	18
Erstriß-Biegezugfestigkeit <sup>2)</sup> (Plattenstreifen h = 100 mm) <sup>4)</sup>	f <sub>ct,flk</sub>	7
Axiale Zugfestigkeit <sup>1) 2)</sup> (gekerbte Prismen 40 × 40 × 160 mm)	f <sub>ctk</sub>	7

<sup>1)</sup> Mittelwerte von 6 Prüfkörpern; wärmebehandelt 90 °C<sup>2)</sup> Kennwerte für Bemessung und/oder Qualitätssicherung<sup>3)</sup> Nachrißbiegezugfestigkeit gemäß DAfStb-Richtlinie für Stahlfaserbeton<sup>4)</sup> s. Abschnitt 4.**Bild 4. Verlegen und justieren des Brückenüberbaus****Bild 5. Widerlager, angevouteter Längsträger, Querträger und Spanngliedköpfe im Brückeneindebereich****Bild 3. Einschwenken des Brückenüberbaus****Bild 6. Fuß- und Radwegbrücke mit 9 m Spannweite**

Brücke dar. Bild 4 zeigt das Verlegen und Justieren des Überbaus, Bild 5 Details der Konstruktion.

Die beiden weiteren Brückenüberbauten aus dem gleichen faser-

haltigen UHFB hatten Spannweiten von 7 m bzw. 9 m und waren jeweils 2,90 m breit (siehe Bild 6). Sie wurden als 2-stegige Plattenbalken ausgeführt. Der Brückenquerschnitt ist in

Bild 7 dargestellt. Die Plattendicke beträgt durchgängig 8 cm. Die seitlichen Stege sind 18 cm breit und in Feldmitte 30 cm hoch. Sie münden beidseitig in einen 40 cm hohen End-

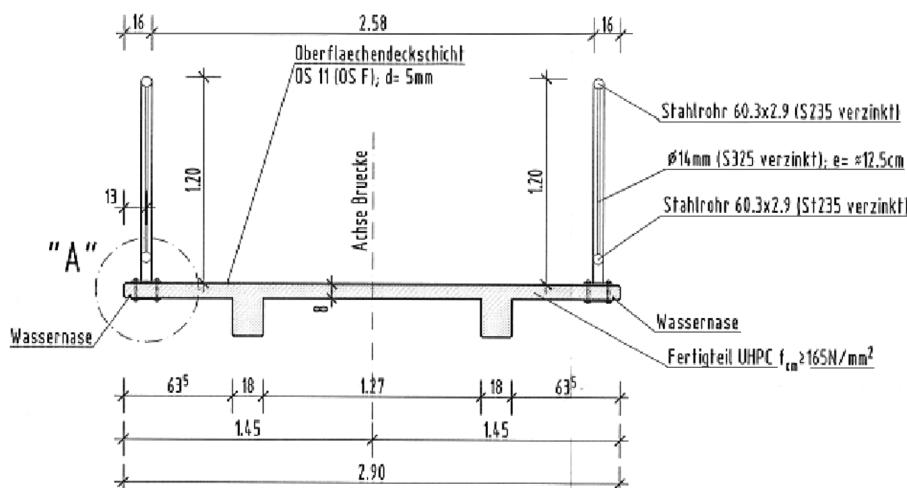


Bild 7. Querschnitt der Brücken in Niestetal mit 7 m und 9 m Spannweite

querträger. Die Unterseite der Stege folgt in der Ansicht einem Kreisbogen, während die Brückenoberfläche eben ist. Dadurch wird die Schlankeit der Brücke zusätzlich betont. Zur Lastabtragung in Längsrichtung ist jeder Steg mit Spannlitzen im sofortigen Verbund vorgespannt. Stabstahlbewehrung ist im Überbau nicht vorhanden. Die Lastabtragung in Querrichtung erfolgt nur über den wiederum mit rd. 1 Vol.-% Stahlfasern bewehrten UHFB.

Außer den drei vollständig aus gefasertem UHFB hergestellten Brücken wurde eine vierte, 18 m lange und rd. 2,0 m breite Fuß- und Radwegbrücke mit einem Brückendeck aus rd. 4 cm dicken, fabrikmäßig vorgefertigten geraden Einzelplatten aus bewehrtem UHFB hergestellt. Er enthält 75 kg Stahlfasern/m<sup>3</sup> Beton (L/D = 12,5/0,40 mm). Die Platten sind in Längs- und Querrichtung mit Bewehrungsstäben mit einem Durchmesser von 8 mm bewehrt. Ihr gegenseitiger Abstand beträgt 50 mm. Wegen der hohen Dichtigkeit von UHPC sind wesentlich kleinere Betondeckungen als bei Normal- und Hochfestem Beton möglich. Die tragende Unterkonstruktion besteht aus zwei Längsträgern aus Stahl. Die Brücke ist in Bild 8 dargestellt.

### 3 Betonzusammensetzung, Frisch- und Festbetoneigenschaften

Die drei Fertigteilbrücken wurden aus einem an der Universität Kassel entwickelten feinkörnigen UHFB hergestellt. Seine Frisch- und Festbe-

toneigenschaften sind in [1], [2] ausführlich beschrieben. Das Größtkorn des gebrochenen Quarzsandes betrug 0,5 mm. Die Ausgangsstoffe und die Mischungszusammensetzung sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Der Zementgehalt dieser Mischung betrug 733 kg/m<sup>3</sup>. Mit einem Wassergehalt von 176 kg/m<sup>3</sup> ergab sich ein Wasserzementwert von 0,24 und bei Anrechnung des Silikastaubes ein effektiver Wasserbindemittelwert von rd. 0,20. Das für das rheologische Verhalten wichtige volumetrische Wasser/Feinststoff-Verhältnis (Wassergehalt bezogen auf den gesamten Feinststoffgehalt < 0,125 mm nach [3]) betrug 0,19. Der Beton mit einem Ausbreitmaß von rd. 65 cm war nahezu selbstverdichtend.

### 4 Bemessung

Die Zustimmung im Einzelfall wurde von der Gemeinde Niestetal als Auftraggeber erteilt. Sie beruhte auf einer Gutachterlichen Stellungnahme und auf Prüfungen der Universität Kassel [4], die neben der stofflichen Zusammensetzung des Betons auch Vorgaben für die stoffgerechte Bemessung und umfassende Regelungen für die erweiterte Qualitätssicherung enthalten. Die Grundgedanken zur Bemessung sind in [5] und [6] näher erläutert.

#### 4.1 Einwirkungen und Klassifizierung der Bauwerke

Die maßgebenden Einwirkungen wurden nach den eingeführten tech-



Bild 8. Stahlbrücke mit Brückendeck aus UHFB-Fertigteilplatten

nischen Baubestimmungen festgelegt. Für die Lastermittlung wurde der DIN-Fachbericht 101 [7] zugrundegelegt. Zusätzlich zu den bei Geh- und Radwegbrücken anzusetzenden Verkehrslasten von 5,0 kN/m<sup>2</sup> wurde ein Wartungsfahrzeug mit 5,0 to Gesamtgewicht berücksichtigt.

Die Klassifizierung der Bauwerke hinsichtlich der Nachweisbedingungen erfolgte nach dem ARS Rundschreiben 11/2003 [15]. Für die Längsrichtung ergab sich die Anforderungsklasse C und für die Querrichtung die Anforderungsklasse D.

### 4.2 Sicherheitskonzept

Die Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit und im Grenzzustand der Tragfähigkeit erfolgten nach dem Konzept der Teilsicherheitsbeiwerte. Damit konnten zum mindesten zum Teil die Regelungen von DIN 1045-1, in der Hochfester Beton erfaßt wird, angewendet werden. Für die Sicherheitselemente auf der Einwirkungsseite (Teilsicherheitsbeiwerte und additive Sicherheitselemente) sowie für die nachzuweisenden Beanspruchungskombinationen wurden die Regelungen in DIN-Fachbericht 101 und DIN 1055-100 [9] angewendet.

Für den Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit können für den Ultra-Hochfesten Beton in Anlehnung an DIN 1045-1 folgende Material-Teilsicherheitsbeiwerte verwendet werden:

$$\gamma_c = 1,5$$

$\gamma_c$  Teilsicherheitsbeiwert für Beton nach Tabelle 2 der DIN 1045-1

Bei Fertigteilen (hier anwendbar) gilt:

$$\gamma_c = 1,35$$

Analog zu dem bisherigen Stand des Entwurfs des DafStb-Sachstandsbericht für Ultra-Hochfesten Beton [10] beträgt der zusätzliche Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma'_c$  zur Berücksichtigung der Empfindlichkeit gegenüber Abweichungen bei der Herstellung des Betons und dem spröderen Versagen hochfester Betone:

$$\gamma'_c = \frac{1}{1,1 - \frac{f_{ck}}{500 \text{ MPa}}} = \frac{1}{1,1 - \frac{165}{500 \text{ MPa}}} \\ \approx 1,29 \leq 1,25$$

Für UHFB wurde als Obergrenze  $\gamma'_c = 1,25$  definiert. Dieser Wert wurde im vorliegenden Fall angesetzt. Es zeichnet sich jedoch mittlerweile Konsens darüber ab, daß bei ausreichender Duktilität des Betons – wie sie bei Ultra-Hochfestem Beton mit Fasern (UHFFB) durch die Faserzugabe erreicht wird – auf den Ansatz von  $\gamma'_c$  verzichtet werden kann. Dies gilt insbesondere vor dem Hintergrund, daß die Zustimmung im Einzelfall auch ein umfassendes Konzept für die Qualitätssicherung beinhaltet.

#### 4.3 Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

Auf der Druckseite wird eine lineare Beziehung zwischen Spannung und Stauchung angenommen. Der E-Modul kann nach [10] und eigenen Messungen für die Vordimensionierung mit 50 000 MPa angenommen werden. Im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit wurde in Längsrichtung durch den Nachweis der Dekompression (quasi-ständige Einwirkungskombination) die Vorspannung so ausgelegt, daß die Überbauten keine Zugspannungen in Längsrichtung aufweisen. In Querrichtung wurden die Zugspannungen aus Biegung bzw. Biegung und Normalkraft so begrenzt, daß die Randspannungen mit 7 N/mm<sup>2</sup> unterhalb der Zugfestigkeit der faserfreien Matrix und damit der Spannungsgrenze zur Erstrißbildung liegen.

#### 4.4 Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit

Im Grenzzustand der Tragfähigkeit wurde beim Bruchsicherheitsnachweis in Längsrichtung auf der Zugseite nur der Spannstahlquerschnitt angesetzt. Tragreserven aus der Faserbewehrung wurden nicht berücksichtigt. Es wurde die in DIN 1045-1 formulierte Spannungs-Dehnungsbeziehung für die Querschnittsbemessung verwendet, die durch die nachfolgende Gleichung beschrieben wird.

$$\sigma_c = -f_{cd} \cdot \left[ 1 - \left( 1 - \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{c2}} \right)^n \right] \quad \text{Für } 0 \leq \varepsilon \leq \varepsilon_{c2}$$

$\varepsilon_{c2}$  die Dehnung beim Erreichen der Festigkeitsgrenze  
 $\varepsilon_{c2u}$  die maximale Dehnung

Der Exponent n kann Tabelle 2 entnommen werden. Hiermit wird ein sinnvoller Übergang zu hochfestem Beton hergestellt. Ab der Betonfestigkeitsklasse C210 ergibt sich hiernach eine lineare Spannungs-Dehnungsbeziehung für die Querschnittsbemessung. Weiterhin wird in [10] für alle nicht faserbewehrten bzw. nicht ausreichend umschürteten UHFB die Dehnung  $\varepsilon_{c2} = \varepsilon_{c2u}$  gesetzt, umso die Sprödigkeit des Betons mit zunehmender Druckfestigkeit zu berücksichtigen.

Der Bemessungswert der Druckfestigkeit wurde mit

$$f_{cd} = 0,85 \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c \cdot \gamma'_c}$$

ermittelt.

Bild 9 zeigt die so ermittelte Spannungs-Dehnungslinie für den hier verwendeten Beton.

Für den Nachweis der Brückenüberbauten in Querrichtung wurden an Plattenstreifen Biegezugversuche durchgeführt (siehe Bild 10), um sowohl die Erstriß-Biegezugfestigkeit als auch die Biegezugfestigkeit bei

Bruchlast (Nachriß-Biegezugfestigkeit) und die Streuung dieser Werte zu ermitteln.

Für die zu erwartenden Spannungen unter der „seltenen“ Einwirkungskombination nach DIN-Fachbericht 101 wurde ein Doppelnachweis geführt. Zum einen wurden die Materialsicherheiten  $\gamma_c = 1,5$  und  $\gamma_{cf} = 1,25$  in bezug auf die Biegezugfestigkeit nach Tabelle 1 berücksichtigt. Der Beiwert  $\gamma_{ct}$  berücksichtigt dabei die Auswirkung der Faserverteilung und -orientierung. Zum anderen wurde nachgewiesen, daß der Bemessungswert der Randspannungen die gemessene ertragbare Randspannung bei Erstrißbildung von 7,0 MPa (siehe Tabelle 1) nicht überschreitet. Damit sollte ein gutmütiges Ermüdungsverhalten erreicht werden, wie es bei eigenen Versuchen an ungerissenen Querschnitten unter Zugschwellbelastung aus Biegezug beobachtet wurde. Auf einen expliziten Nachweis einer Ausfallschicht, wie er z. B. im DBV-Merkblatt „Stahlfaserbeton“ vorgesehen ist, wurde angesichts der vorstehend aufgeführten Sicherheitselemente verzichtet.

Für den Nachweis der Querkrafttragfähigkeit in Längsrichtung war angesichts der vorhandenen Druckkraft aus Vorspannung der Nachweis der schiefen Beton-Hauptzugspannungen nach Gl. (72) von DIN 1045-1 ausreichend. Als Mindest-Querkraftbewehrung reichen die Stahlfasern vollauf. Versuche an 60 mm dicken Platten aus UHFB hatten gezeigt, daß das Durchstanzen unter Einzellasten (Radlasten eines 5-Tonnen-Fahrzeuges gemäß Abstimmung mit dem Bauherrn) praktisch keine Rolle spielt. Insofern erübrigte sich im vorliegenden Fall ein expliziter Nachweis.

Finite-Element-Berechnungen für die Fertigteilbrücken zum Schwingungsverhalten haben gezeigt, daß die Eigenfrequenzen außerhalb kritischer Bereiche liegen. Dies wurde mittlerweile durch Schwingungsmessungen der Universität Kassel an der 12 m langen Fertigteilbrücke bestätigt.

Tabelle 2. Vorschlag für den Exponenten n nach [10]

f <sub>ck</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210
n	1,50	1,45	1,40	1,35	1,30	1,25	1,20	1,15	1,10	1,05	1,00

## 5 Untersuchungen zur Zustimmung im Einzelfall

Die für die Zustimmung im Einzelfall erforderlichen Nachweise sind Teil

der von der Universität Kassel erstellten Gutachterlichen Stellungnahme [4]. Im beauftragten Fertigteilwerk wurden neben den üblichen Probekörpern (Zylinder D/H = 150/

300 mm für die Druckfestigkeitsbestimmung, Balken 150 × 150 × 700 mm zum Nachweis der Biegezugfestigkeit) mehrere rd. 1,5 × 0,70 × 0,10 m große Probeplatten betoniert.

Aus den Platten wurden Balken für die Bestimmung der Biegezugfestigkeit herausgesägt. Bei Vorversuchen an den in Bild 10 dargestellten Platten wurden – wie aus Bild 11 zu entnehmen ist – eine deutliche Richtungsabhängigkeit und erhebliche Unterschiede in der Biegezugfestigkeit festgestellt. Dies war darauf zurückzuführen, daß der Beton in der Mitte der Platte eingefüllt wurde und sich dann während des Verdichtens zu den Schalungsseiten hin bewegte. Die Stahlfasern orientierten sich dadurch innerhalb der Platte bevorzugt in Fließrichtung des Betons, d. h. „strahlenförmig“ von der Mitte zu den Seitenflächen. Am Rand lagen sie dagegen bevorzugt parallel zu den Seitenschalungen. Nach Änderung der Vorgehensweise beim Betonieren und bei der Verdichtung wurden die Anforderungen an die Biegezugfestigkeit nach Tabelle 1 von allen Balken erfüllt. Bei der Herstellung der Brücke wurde unter dem Betonierkübel ein rinnenförmiges Schüttblech mit einer Länge von 1,5 m in einem Winkel von 30° zur Horizontalen angebaut und beim Betonieren der Kübel mit dieser Fließrinne abwechseln parallel und quer zur Längsachse hin- und her bewegt, um die Fasern bereits beim Einfüllen des Frischbetons durch die gerichtete Fließbewegung in eine günstige Lage im Bauteil zu orientieren. Die durch die unterschiedliche Lage der Fasern zu den

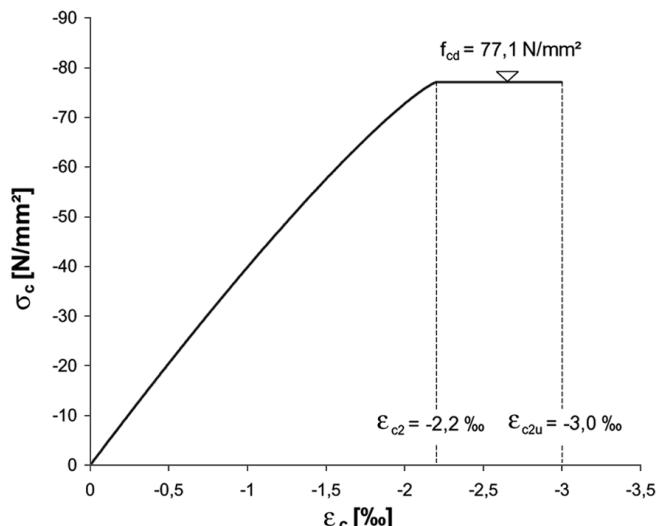


Bild 9. Spannungs-Dehnungslinie für die Querschnittsbemessung mit dem hier verwendeten UHFB nach Tabelle 1

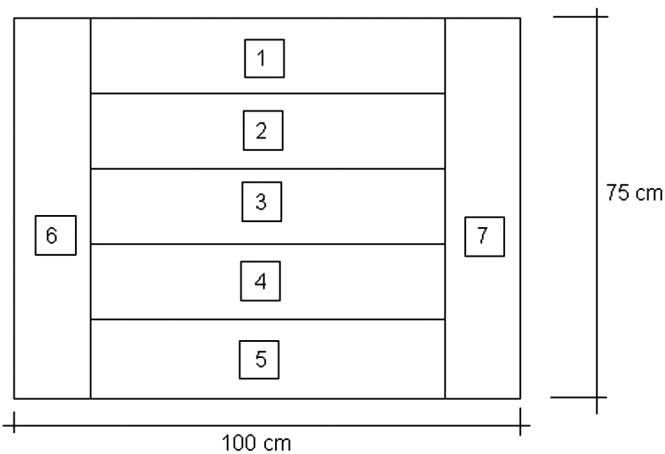


Bild 10. Anordnung der aus den unterschiedlich hergestellten Versuchsplatten herausgeschnittenen Prüfbalken

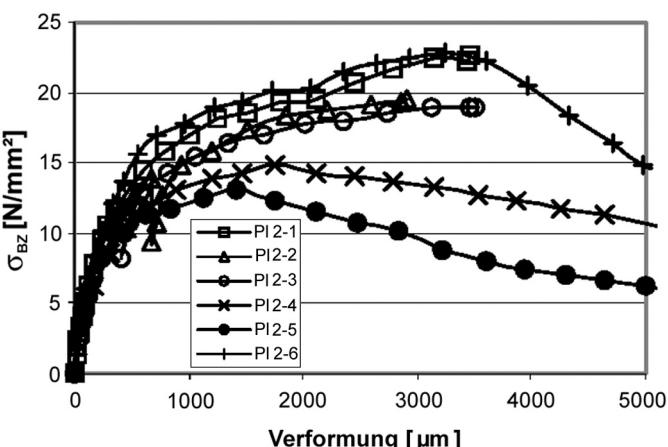


Bild 11. Streuung in den Spannungs-Verformungslinien der in Bild 11 dargestellten Biegebalken bei suboptimaler Herstellung der Betonplatte

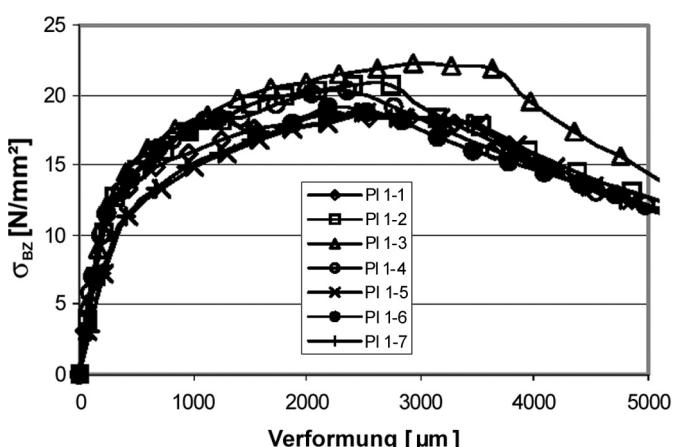


Bild 12. Spannungs-Verformungslinien der in Bild 11 dargestellten Biegebalken bei verbessertem Betonievorgang

Hauptzugrichtungen bedingten Unterschiede in den gemessenen Biegezugfestigkeiten waren – wie Bild 12 deutlich zeigt – bei diesem Vorgehen erheblich kleiner. Bei der Herstellung der Brücke wurden zuerst die Stege des monolithischen Bauteils verfüllt und danach die Brückenplatte betoniert.

In den von der Universität Kassel begleiteten Vorversuchen wurde auch festgestellt, daß der Beton auf den verwendeten Rütteltischen optimal entlüftet wurde, wenn er 60 sec lang bei einer Rüttelfrequenz von 140 Hz verdichtet wurde. Bei dieser Frequenz wurden weder die Homogenität der Faserverteilung noch die Faserorientierung nachteilig beeinflußt.

Das Brückenteil wurde unmittelbar nach dem Betonieren mit Folien luftdicht abgedeckt und verblieb dann für vier Tage in der Schalung bei Umgebungstemperatur, bis eine ausreichende Zugfestigkeit für das Anheben aus der Schalung und den Transport erreicht war. Danach wurde das Brückenteil komplett mit wärmedämmendem Material eingehaust und für fünf Tage bei 70 °C durch Warmluft wärmebehandelt. Die Druckfestigkeit von ebenso gelagerten Güteprüfkörpern (Zylinder D/H = 150/300 mm) betrug nach dieser Wärmebehandlung im Mittel rd. 180 N/mm<sup>2</sup>, die Biegezugfestigkeit (Balken 150 × 150 × 700 mm) erreichte im Mittel 20 N/mm<sup>2</sup>. Die in der Zustimmung im Einzelfall gestellten Anforderungen an den Beton wurden erfüllt.

## 6 Zusammenfassung und Ausblick

In der Gemeinde Niestetal bei Kassel wurden im letzten Jahr vier Brücken für Fußgänger und Radfahrer ganz oder teilweise aus faserhaltigem Ultra-Hochfestem Beton gebaut. Die Spannweiten liegen zwischen 8 und 18 m, die Dicke der Brückenplatten beträgt 4 bis 10 cm. Drei der Brücken wurden als Fertigteile hergestellt und auf die vorbereiteten Widerlager versetzt. Sie sind in Längsrichtung vorgespannt, in Querrichtung trägt allein der faserbewehrte Beton. Bei der vierten Brücke besteht das 2 m breite Brückendeck aus nur 4 cm dicken, bewehrten Fertigteilplatten aus UHFB, die auf einer Stahlkonstruktions-

on aufliegen. Der Beton für die Fertigteilbrücken wurde an der Universität Kassel entwickelt. Der Bemessung wurden überwiegend die Regelungen der DIN 1045-1, der einschlägigen DIN-Fachberichte und die Empfehlungen im Sachstandbericht UHFB des DAfStB zugrundegelegt. Für die Entscheidung, den neuen Baustoff zu verwenden, war ausschlaggebend, daß die damit hergestellten Brücken trotz des zusätzlichen Aufwandes für die Zustimmung im Einzelfall deutlich kostengünstiger

waren als in herkömmlicher Betonbauweise und daß die Bauzeit deutlich verkürzt werden konnte. Zudem konnten die Brücken bereits kurz nach dem Versetzen genutzt werden [11].

In der Stadt Kassel wurde inzwischen mit dem Bau der rd. 140 m langen Gärtnerplatzbrücke über die Fulda begonnen [6], [12], [13]. Die mit finanzieller Förderung des Landes Hessens im Auftrag der Stadt Kassel [14] zu bauende Fuß- und Radwegbrücke ist für Fahrzeuge mit

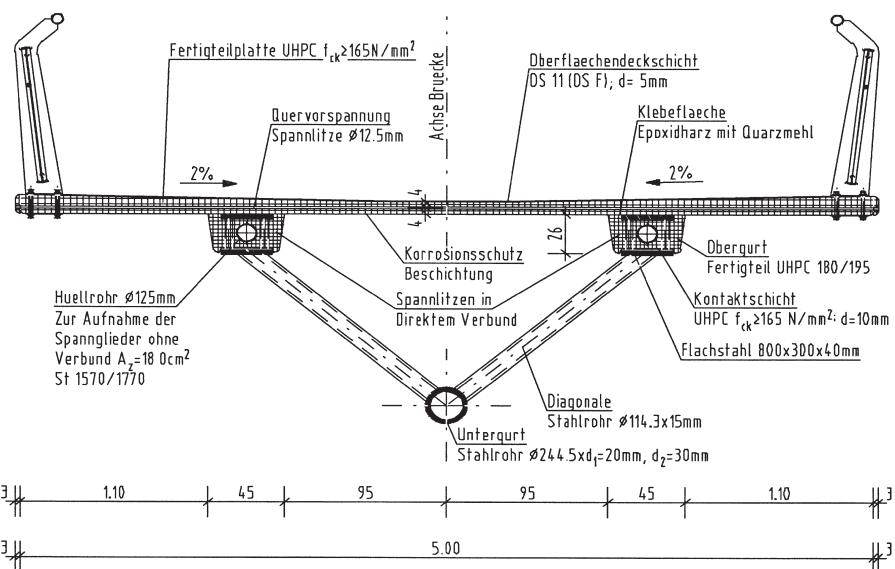


Bild 13. Querschnitt der Gärtnerplatzbrücke in Kassel mit verklebten Obergurten und Brückenplatten aus UHFB-Fertigteilen

### Projektbeteiligte:

Bauamtsleiter von Niestetal	Dipl.-Ing. Walter Becker Gemeinde Niestetal, 34266 Niestetal
Entwurf Ausführungsplanung Bauüberwachung	IBB Kassel Fehling & Jungmann GmbH Friedrich-Naumann-Straße 23, 34131 Kassel <a href="http://www.fehling-jungmann.de">www.fehling-jungmann.de</a>
Fertigteile	Elementbau Osthessen GmbH u. Co. ELO KG Am Langen Acker 1, 36124 Eichenzell <a href="http://www.elo-kg.de">www.elo-kg.de</a>
	Contec ApS Holunderweg 8, 88457 Kirchdorf <a href="http://www.ferroplan.com">www.ferroplan.com</a>
Stahlbau	Stahlbau Lamparter Leipziger Straße 12-18, 34260 Kaufungen <a href="http://www.stahlbau-lamparter.de">www.stahlbau-lamparter.de</a>
Ausführung	Stahlbau Engineering Hannover Entenfang 2, 30419 Hannover <a href="http://www.sen-hannover.de">www.sen-hannover.de</a>
	Beck Bau GmbH Höhenweg 15, 37269 Eschwege <a href="http://www.beck-bau-eschwege.de">www.beck-bau-eschwege.de</a>

bis zu 6 to Gesamtgewicht bemessen. Sie besteht – wie Bild 13 zeigt – aus einem filigranen Raumfachwerk aus Stahl. Die Obergurte und das 5 m breite, in der Mitte nur 8 cm und im Mittel nur 10 cm dicke Brückendeck bestehen aus Fertigteilen aus faserhaltigem Ultra-Hochfestem Beton. Die Obergurte werden nachträglich über die gesamte Länge ohne Verbund vorgespannt. Die Fertigteile des Brückendecks werden im Spannbett hergestellt. Die Vorspannung wirkt hier in Querrichtung. Die sehr hohe Oberflächenfestigkeit des UHFB ermöglicht es, die horizontalen Fugen zwischen den beiden Bauteilen weltweit erstmals nicht mechanisch zu verbinden, sondern mit einem Epoxidharzkleber kraftschlüssig miteinander zu verkleben. Die in den Obergurten wirkenden Längsspannkräfte werden über die Fuge in die Deckenplatten übertragen. Zusätzlich werden die Stoßfugen der Deckenplatten verklebt.

Die Brückenpfeiler sind bereits betoniert, der Überbau wird in diesem Sommer montiert. Mit ihrer Fertigstellung wäre die „Kasseler Brückenfamilie“ aus UHFB eigentlich komplett – inzwischen kündigt sich aber wegen der erheblichen wirtschaftlichen und technischen Vorteile der neuen Bauweise schon weiterer „Nachwuchs“ an.

## Literatur

- [1] *Fehling, E., Schmidt, M., Teichmann, T., Bunje, K., Bornemann R. und Middendorf, B.: Entwicklung, Dauerhaftigkeit und Berechnung Ultra-Hochfester Betone (UHPC). Forschungsbericht DFG FE 497/1-1. Schriftenreihe Baustoffe und Massivbau, H. 1, Hrsg. M. Schmidt, E. Fehling, Kassel 2005.*
- [2] *Schmidt, M., Fehling, E., Teichmann, T., Bunje K. und Bornemann, R.: Ultra-Hochfester Beton: Perspektiven für die Betonfertigteilindustrie. Betonwerk- und Fertigteil-Technik (BFT) (2003) H. 3, S. 16–29. Ebenso: Beton-Fertigteil-Jahrbuch 2003.*
- [3] *Schmidt, M. und Geisenhanslücke, C.: Optimierung der Zusammensetzung des Feinstkorns von Ultra-Hochleistungs- und von Selbstverdichtendem Beton. Beton (2005) H. 5, S. 224–235.*
- [4] *Schmidt, M.: Gutachterliche Stellungnahme zur Zustimmung im Einzelfall für eine Fertigteilbrücke aus Ultra-Hochfestem Beton in Niestetal. Kassel, 2005.*
- [5] *Fehling, E. und Bunje, K.: Ultra-Hochleistungsbeton – Grundlagen der Konstruktion und Bemessung. Tagungsbeiträge 3. Kasseler Baustoff- und Massivbautage 2003; Schriftenreihe Baustoffe und Massivbau, H. 2, Kassel 2003.*
- [6] *Fehling, E., Bunje, K., Schmidt, M. and Schreiber, W.: Ultra High Performance Bridge across the River Fulda in Kassel – Conceptual Design, Design Calculations and Invitation to Tender. Proc. Int. Symp. on UHPC; Schriftenreihe Baustoffe und Massivbau, H. 3, Kassel 2004.*
- [7] *Deutsches Institut für Normung (DIN): DIN-Fachbericht 101 – Einwirkungen auf Brücken. Beuth Verlag, Berlin 2003.*
- [8] *Deutsches Institut für Normung (DIN): DIN-Fachbericht 102 – Betonbrücken. Beuth Verlag, Berlin 2003.*
- [9] *DIN 1055-100:2001: Einwirkungen auf Tragwerke, Teil 100: Grundlagen der Tragwerksplanung, Sicherheitskonzept und Bemessungsregeln; Ausg. März 2001. Deutsches Institut für Normung, Berlin 2003.*
- [10] *Deutscher Ausschuß für Stahlbeton: Sachstandsbericht „Ultra-Hochfester Beton – Betontechnik und Bemessung. Entwurf 2005. Berlin 2005.*
- [11] *Racky, W.: Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit von UHPC. Proc. Int. Symp. on UHPC; Schriftenreihe Baustoffe und Massivbau, H. 3, Kassel 2004, S. 49–57.*
- [12] *Schreiber, W.: Design, Konstruktion und Bemessung der Gärtnerplatzbrücke. Proc. Int. Symp. on UHPC; Schriftenreihe Baustoffe und Massivbau, H. 3, Kassel 2004, S. 89–93.*
- [13] *Tue, N. V. und Schneider, H.: Besonderheiten bei der Bemessung und der konstruktiven Ausbildung von Bauteilen aus UHPC im Rahmen der Zustimmung im Einzelfall. Proc. Int. Symp. on UHPC; Schriftenreihe Baustoffe und Massivbau, H. 3, Kassel 2004, S. 95–116.*
- [14] *Lehmkuhl, H.: Erneuerung der Gärtnerplatzbrücke mit UHPC-Randbedingungen und Aufgaben des Baulastträgers. Proc. Int. Symp. on UHPC; Schriftenreihe Baustoffe und Massivbau, H. 3, Kassel 2004, S. 79–87.*
- [15] *Der Bundesminister für Verkehr: Allgemeines Rundschreiben Straßenbau ARS 11/2003.*



Prof. Dr.-Ing. habil. Michael Schmidt  
m.schmidt@uni-kassel.de



Dipl.-Ing. Kai Bunje  
bunje@fehling-jungmann.de



Prof. Dr.-Ing. Ekkehard Fehling  
fehling@uni-kassel.de

Fehling & Jungmann GmbH  
Ingenieurbüro für Bauwesen  
Friedrich-Naumann-Straße 23  
34131 Kassel  
[www.fehling-jungmann.de](http://www.fehling-jungmann.de)



Dipl.-Ing. Thomas Teichmann  
teichmann@uni-kassel.de

Fachgebiet Werkstoffe des Bauwesens  
Universität Kassel  
Mönchebergstraße 7  
34125 Kassel