

## Instandsetzung von Betonfahrbahndecken mit dünnschichtigem Neubeton

FA 8.218

Forschungsstelle: Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Baustofftechnik (Prof. Dr.-Ing. R. Breitenbücher)

Bearbeiter: Breitenbücher, R. / Cokovik, A. / Fischer, A.

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Bonn

Abschluss: Juni 2015

### 1 Ziel

Fahrbahndecken aus Beton unterliegen im Laufe ihrer Lebensdauer einer Vielzahl von Beanspruchungen, im Wesentlichen aus Verkehr und Witterungseinflüssen. Angesichts der zunehmenden Verkehrsbelastung sowie hohen Beanspruchungen infolge Frost-Taumittel-Angriff werden immer höhere Anforderungen an Fahrbahndecken aus Beton hinsichtlich der Dauerhaftigkeit gestellt. Gleichzeitig müssen die Oberflächeneigenschaften bezüglich Griffverbesserung und Lärminderung erfüllt sein.

Vor diesem Hintergrund gewinnt der Unterhalt und damit auch die Instandsetzung von Verkehrsflächen immer mehr an Bedeutung. Angestrebtes Ziel ist es, die jeweils wirtschaftlichste Bauweise einzusetzen. Damit sollen die Kosten über den gesamten Lebenszyklus möglichst gering gehalten werden, ohne die Funktionalität und Qualität einzuschränken.

Eine Instandsetzungsmethode, bei der lediglich die oberflächennahe Schicht erneuert wird, ist beispielsweise das vorwiegend im Ausland bekannte "Whitetopping" beziehungsweise DBA (Dünne Betonschicht auf Asphalt). Dabei wird eine dünne Betonschicht, in der Regel ein fasermodifizierter, schwindarmer Beton beziehungsweise Hochleistungs Beton, auf eine vorhandene, abgängige Asphaltbefestigung aufgebracht.

Die Instandsetzung von Betonfahrbahndecken mit dünnschichtigem Neubeton stellt ein weitgehend neues Feld dar. Maßgebend für den Erfolg dieser Instandsetzungsmethode ist im Wesentlichen ein ausreichender und dauerhafter Verbund zwischen Alt- und Neubeton.

Den maßgebenden Fragen, wie ein solcher Verbund sichergestellt werden kann und welche Parameter sich darauf besonders auswirken, wurde in einschlägigen Untersuchungen an Verbundsystemen mit dünnschichtigem Neubeton auf bestehendem Beton (Altbeton) unter Berücksichtigung von typischen Belastungen in Betonfahrbahndecken nachgegangen.

### 2 Untersuchungsmethodik

Für die vorliegenden Untersuchungen wurden charakteristische Betonrezepturen für Fahrbahndeckenbetone herangezogen, welche die Anforderungen der TL Beton-StB 07 erfüllen. Der Altbeton entsprach einem klassischen Unterbeton mit einem Größtkorn von 22 mm, der Neubeton einer klassischen Waschbetonrezeptur mit einem Größtkorn von 8 mm.

Um die Verbundeigenschaften von dünnschichtigem Neubeton auf bestehendem Beton (Altbeton) unter Berücksichtigung von

typischen Belastungen untersuchen zu können, wurden Großbalken mit den Abmessungen 180 x 50 x 27 cm<sup>3</sup>, bestehend aus einem Unterbeton (Altbeton,  $d \sim 20$  cm) und Oberbeton (Neubeton,  $d \sim 7$  cm), hergestellt. Bevor die Neubetone aufbetont wurden, wurden die Anschlussflächen des Altbetons (Verbundebene) im Alter von mindestens 28 Tagen durch Höchstdruckwasserstrahlen mit rd. 2 000 bar auf gleiche Rautiefe aufgeraut. Die verschiedenen Ausbildungen dieser Großbalken sind in der Tabelle 1 dargestellt.

Um die Verbundbalken mit temperaturbedingten Zwangsspannungen (Wölbspannungen), die zu Zugspannungen an der Oberseite der Betonfahrbahndecke führen, mit entsprechend überlagerten Einwirkungen infolge Verkehrsbelastung zu beaufschlagen, wurden diese einer zyklischen Vier-Punkt-Biegezugbelastung ausgesetzt.

Das Verhältnis von  $\sigma_o/f_{ct}$  betrug 40 % bei einer Oberspannung  $\sigma_o$  von 1,8 N/mm<sup>2</sup> (für eine Biegezugfestigkeit  $f_{ct}$  von 4,5 N/mm<sup>2</sup>). Die Unterspannung  $\sigma_u$  lag bei 0,8 N/mm<sup>2</sup>. Die Belastung ( $f = 5$  Hz) wurde sinusförmig aufgebracht, wobei der Belastungsbeginn in einem Betonalter von  $\geq 56$  d erfolgte. Die Lastwechselzahl  $N$  betrug 1 000 000 Lastzyklen.

Im Anschluss an die Biegeschwellbelastung wurden aus den Verbundbalken Bohrkern mit einem Durchmesser  $d = 100$  mm und  $d = 150$  mm aus dem unbelasteten Randbereich ("Referenz") und dem maximal belasteten Bereich ("Biegeschwellbelastung") entnommen. Ein Teil der Bohrkern "Biegeschwellbelastung" wurde anschließend zusätzlich einer Frost-Tausalz-Belastung in Anlehnung an den CDF-Test ausgesetzt.

An den gewonnenen Bohrkernen wurden die Haftzug- und Haftscherfestigkeiten in der Verbundfuge zwischen Alt- und Neubeton bestimmt. Die Haftzugfestigkeit wurde an Bohrkernen mit  $d = 100$  mm,  $h = 200$  mm) nach DIN EN 14488-4:2008 bestimmt.

Die Haftscherfestigkeit zwischen Alt- und Neubeton wurde an zylindrischen Proben ( $d = 150$  mm,  $h = 200$  mm) im direkten Scherversuch in Anlehnung an TP Asphalt-StB, Teil 80, ermittelt.

Begleitend erfolgte eine Ermittlung der Druckfestigkeiten der Alt- und Neubetone im Alter von 28 und 56 Tagen an jeweils drei Würfeln gemäß DIN EN 12390-3. Ebenso wurde die mittlere Rautiefe  $R_t$  der Anschlussflächen (Altbeton) in Anlehnung an das Sandflächenverfahren nach Kaufmann sowie die Oberflächenzugfestigkeit nach DIN EN 1542 bestimmt.

### 3 Untersuchungsergebnisse

Zunächst wurde der Einfluss des Feuchtezustands der Anschlussfläche auf das Verbundverhalten untersucht. Es konnte festgestellt werden, dass die Haftzug- und Haftscherfestigkeiten bei den Verbundbalken mit trockenem Untergrund geringfügig größer ausfallen als mit mattheuchtem (Bild 1). Unter Verwendung einer Haftbrücke konnte dieser Einfluss nicht festgestellt werden (Bild 2).

Nach ZTV-ING wird bei Instandsetzungen von einem ausreichenden Verbund ausgegangen, wenn zwischen Alt- und Neu-

beton eine Haftzugfestigkeit von mindestens 1,5 N/mm<sup>2</sup> nachgewiesen wird. Die hier erreichten Haftzugfestigkeiten liegen deutlich darüber, sodass auch nach den aufgetragenen Beanspruchungen von einem guten Verbund ausgegangen werden kann. Bei allen Probekörpern trat der Bruch im Altbeton beziehungsweise in der Verbundfuge auf.

Signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen "Belastungsstufen" (Referenz, Biegeschwell- beziehungsweise FT-Belastung) konnten bei den Untersuchungen nur in wenigen Fällen beobachtet werden. In den Haftzugversuchen zeigte ein Teil der Probekörper, bei denen der Neubeton Schwindreduzierer enthielt (VB-4, H-2 und H-3), nach der Frost-Tausalz-Belastung

stets einen Bruch im Neubeton auf. Gleichzeitig wurden dabei gegenüber den Proben ohne Frost-Tausalz-Beanspruchung um bis zu rd. 42 % geringere Haftzugfestigkeiten festgestellt. Am Festbeton zeigte sich bei diesen Betonen, dass trotz Einhaltung des Luftgehalts im Frischbeton die am Festbeton ermittelten Anforderungen an die LP-Kennwerte nicht erreicht wurden. Im Hinblick auf das Verbundverhalten zeigte sich, dass bei Verwendung von Schwindreduzierer im Neubeton nahezu identische Haftzugfestigkeiten einstellten. Bei Betrachtung der Haftscherfestigkeit fiel diese tendenziell geringfügig höher aus (Bild 3, Bild 4).

Tabelle 1: Übersicht für das Versuchsprogramm

Großbalken		Druckfestigkeit Altbeton		Feuchtezustand der Fugenfläche		Neubeton				
		ca. 60 N/mm <sup>2</sup>	ca. 80 N/mm <sup>2</sup>	trocken	matt-feucht	Mischung		Konsistenz		
						M1	M2	C1/C2	F4	F5
ohne Haftbrücke	VB-1	X			X	X			X	
	VB-2	X		X		X			X	
	VB-3	X			X		X		X	
	VB-4	X			X		X	X		
	VB-5	X			X		X			X
	VB-6	X		X			X		X	
	VB-7		X		X		X		X	
	VB-8		X		X		X			X
	VB-9	X			X	X			X	
mit Haftbrücke	H-1	X			X	X		X		
	H-2	X			X		X	X		
	H-3	X		X			X	X		
	H-4 <sup>1</sup>	X			X		X	X		
	H-5 <sup>2</sup>	X			X		X	X		

**Versuchsreihe H-1 bis H-5:**

Einbau mineralischer Haftbrücke mit Kunststoffmodifizierung

- 1) Umgebungstemperatur während Einbau der Haftbrücke: 30 °C
- 2) Liegezeit der Haftbrücke bis zu 2 h

**M1** = praxisübliche Betonrezeptur

**M2** = praxisübliche Betonrezeptur unter Zugabe von SRA

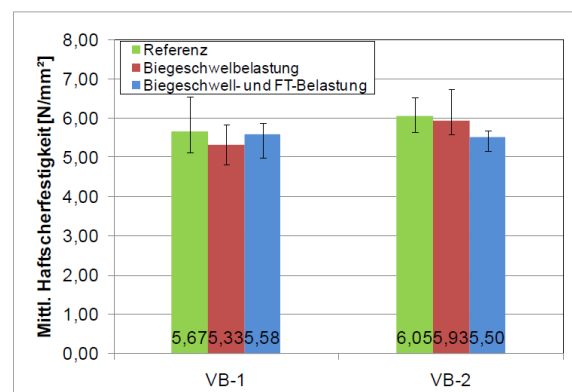
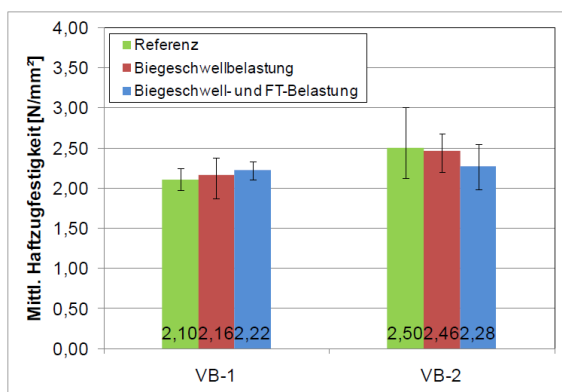
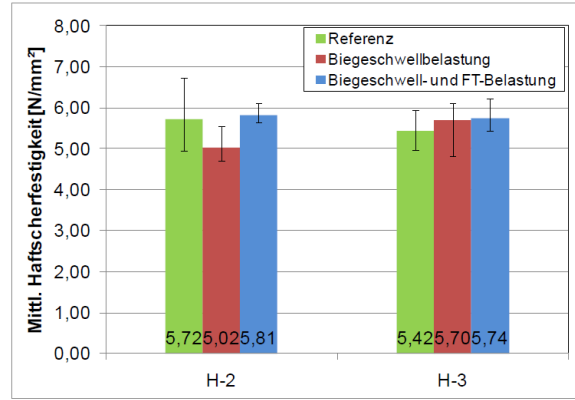
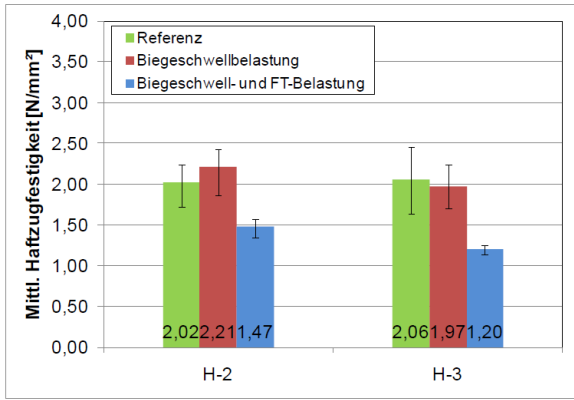
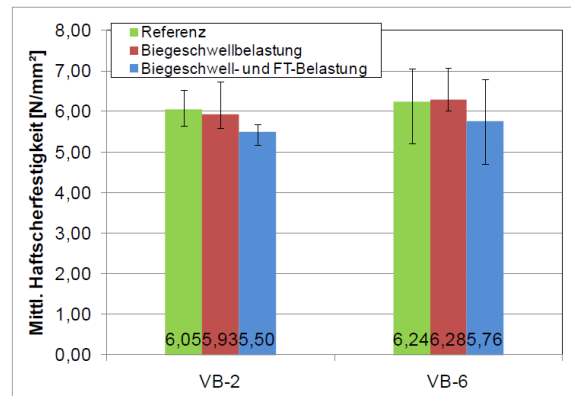
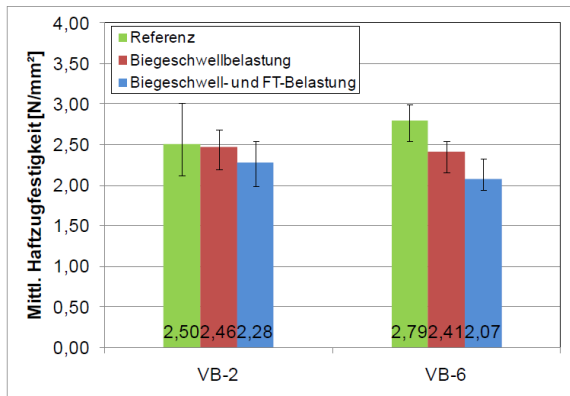


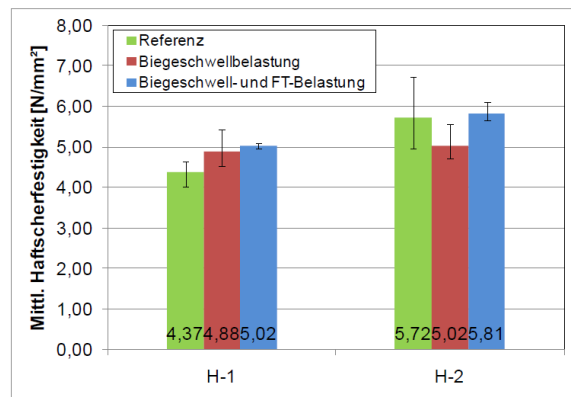
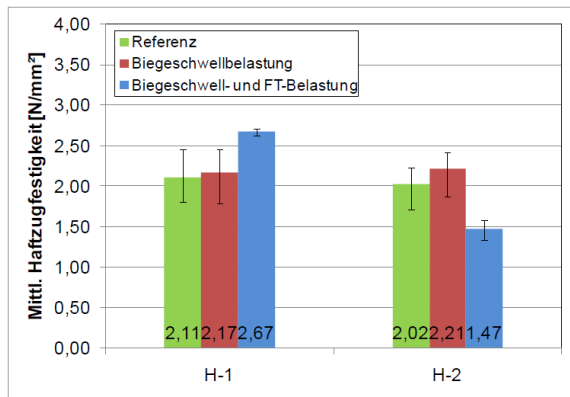
Bild 1: Mittlere Haftzugfestigkeiten (links) und mittlere Haftscherfestigkeiten (rechts) von VB-1 und VB-2 (ohne Haftbrücke, Neubeton ohne SRA, Konsistenz F4), VB-1: mattsfeuchter Untergrund und VB-2: trockener Untergrund



**Bild 2:** Mittlere Haftzugfestigkeiten (links) und mittlere Haftscherfestigkeiten (rechts) von H-2 und H-3 (mit Haftbrücke, Konsistenz C1/C2, Neubeton mit SRA), H-2: mattfuchter Untergrund und H-3: trockener Untergrund



**Bild 3:** Mittlere Haftzugfestigkeiten (links) und mittlere Haftscherfestigkeiten (rechts) von VB-2 und VB-6 (trockener Untergrund, ohne Haftbrücke, Konsistenz F4), VB-2: Neubeton ohne SRA und VB-6: Neubeton mit SRA

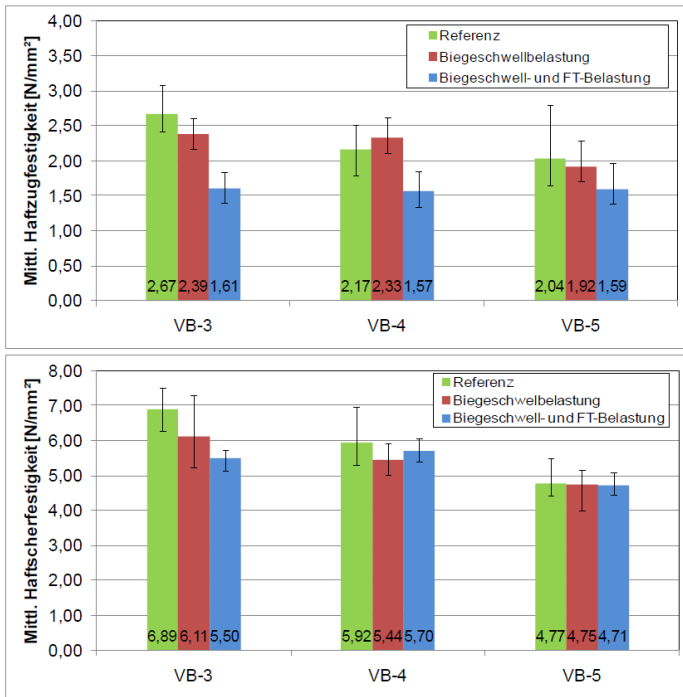


**Bild 4:** Mittlere Haftzugfestigkeiten (links) und mittlere Haftscherfestigkeiten (rechts) von H-1 und H-2 (mattfuchter Untergrund, mit Haftbrücke, Konsistenz C1/C2), H-1: Neubeton ohne SRA und H-2: Neubeton mit SRA

Bild 5 zeigt den Einfluss der Konsistenz auf das Verbundverhalten. Es ist ersichtlich, dass bei einer Konsistenz F4 die mitunter höchsten Festigkeiten ermittelt wurden. Eine steifere Konsistenz führt zu geringeren Festigkeiten. Die vergleichsweise niedrigen Haftscherfestigkeiten beim Großbalken VB-5, dessen Neubeton mit einer fließfähigen Konsistenz hergestellt wurde, können womöglich darauf zurückgeführt werden, dass der mattfuchte Untergrund nur wenig Wasser/Zementleim aus dem Neubeton aufgenommen hat, sodass in der Grenzfläche sich ein etwas geringerer Verbund eingestellt hat. Dies korre-

liert tendenziell auch mit den Haftzugfestigkeiten. Der Bruch trat bei dieser Serie stets in der Fuge auf.

Wird der Neubeton mit steifer Konsistenz eingebaut, führt eine vorab aufgetragene Haftbrücke zu keiner merklichen Verbesserung des Verbunds (Bild 6). Beim Anbetonieren ist zudem der "frisch-in-frisch"-Einbau des Neubetons unbedingt sicherzustellen. Bleibt die Haftbrücke vor dem Betoneinbau längere Zeit offen liegen, sind Einbußen in der Verbundfestigkeit vorprogrammiert. Ebenso wirkt sich eine erhöhte Umgebungstemperatur von 30 °C statt 20 °C negativ auf das Verbundverhalten zwischen Neu- und Altbeton aus (Bild 7).



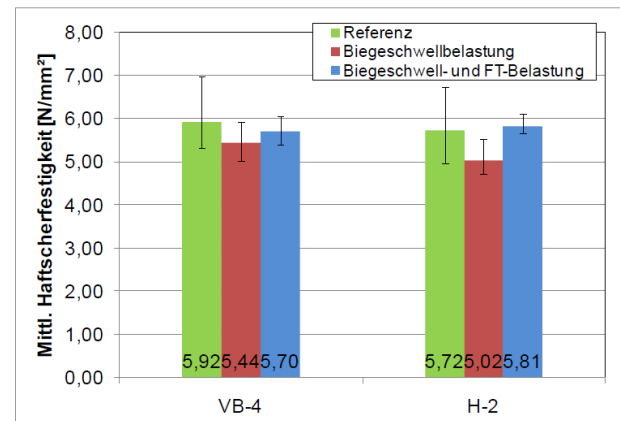
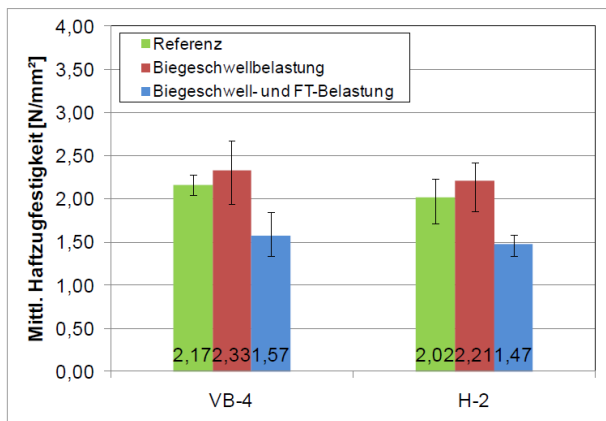
**Bild 5:** Mittlere Haftzugfestigkeiten (oben) und mittlere Haftscherfestigkeiten (unten) von VB-3, VB-4 und VB-5 (Druckfestigkeit Altbeton ca. 60 N/mm<sup>2</sup>, mattfeuchter Untergrund, ohne Haftbrücke, Neubeton mit SRA), VB-3: Konsistenz des Neubetons F4, VB-4: Konsistenz des Neubetons C1 und VB-5: Konsistenz des Neubetons F5

Im Hinblick auf die Druckfestigkeit konnte festgestellt werden, dass bei einer weichen Konsistenz und einer höheren Druckfestigkeit des Altbetons auch höhere Verbundfestigkeiten ermittelt wurden (Bild 8). Bei Verwendung eines Neubetons mit fließfä-

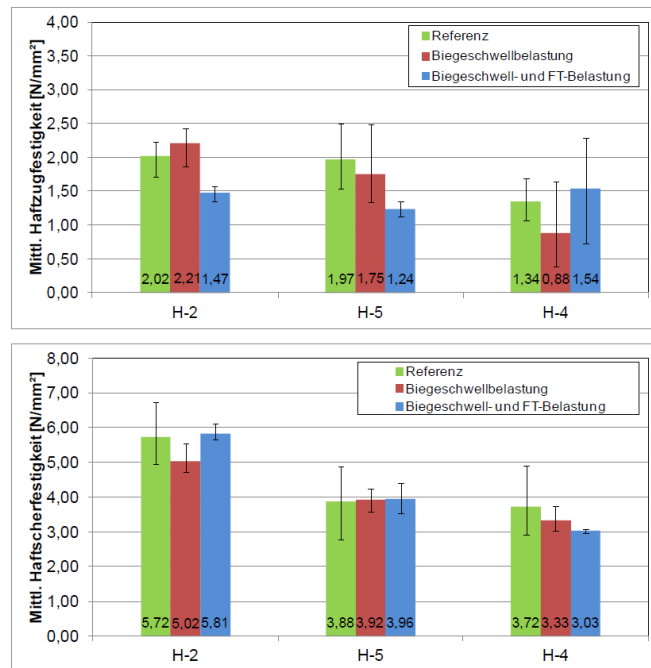
higer Konsistenz fielen diese deutlich niedriger aus. Es ist anzunehmen, dass sich bei dem höherfesten Altbeton mit einem vergleichsweise dichten Mikrogefüge bei dem fließfähigen Neubeton in der Verbundebene eine Art "Schwachstelle" ausbildet. Bei dem Altbeton mit geringerer Festigkeit kann möglicherweise noch Wasser aus dem Neubeton nach unten abgesaugt werden, was zu einer Verbundverbesserung führt (Bild 9).

In einer weiteren Versuchsreihe wurde die Art der Beanspruchung in der Verbundfuge variiert. Während bei allen bisher beschriebenen Versuchen der Neubeton bei den zyklischen Belastungen der Großbalken stets in der Zugzone lag, wurde der Balken VB-9 umgedreht in den Versuchsstand eingebaut, sodass hier die Neubetonschicht während der zyklischen Belastungen Druckspannungen ausgesetzt war. Dabei zeigte sich, dass die Belastungsart der Verbundfuge bei dieser Untersuchung keinen signifikanten Einfluss auf die Verbundfestigkeit hatte (Bild 10).

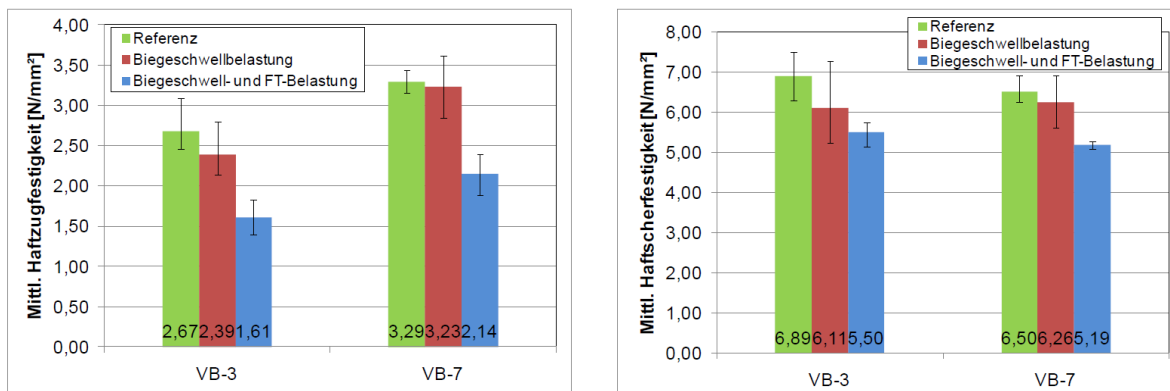
Resümierend lässt sich feststellen, dass der Feuchtezustand des Untergrunds zum Zeitpunkt der Betonage sowie die Applikation einer Haftbrücke im Hinblick auf die Verbundfestigkeit nur eine untergeordnete Rolle spielt. Die Verwendung einer weichen Konsistenz des Neubetons, sowie eine höhere Druckfestigkeit des Altbetons wirkten sich hingegen positiv aus. Im Zuge der Herstellung der Neubetone mit Schwindreduzierer zeigte sich, dass die Luftgehalte im Frischbeton nur schwer zielsicher eingestellt werden konnten beziehungsweise die Luftporenkennwerte im Festbeton teilweise nicht erreicht wurden. Schwindreduzierer im Beton für Fahrbahndecken bedürfen daher weiterer Untersuchungen, um die genaueren Randbedingungen für eine robuste Betonherstellung zu eruieren.



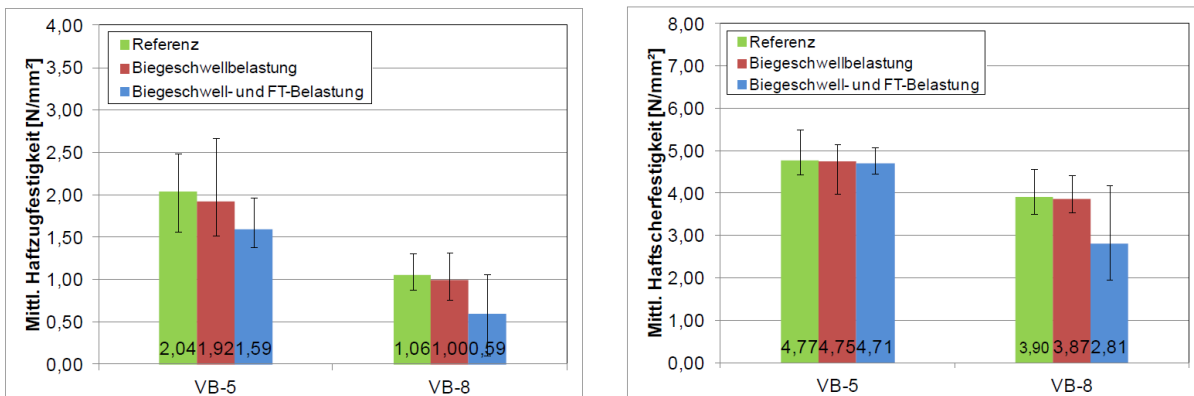
**Bild 6:** Mittlere Haftzugfestigkeiten (links) und mittlere Haftscherfestigkeiten (rechts) von VB-4 und H-2 (mattfeuchter Untergrund, Neubeton mit SRA, Konsistenz C1/C2), VB-4: ohne Haftbrücke und H-2: mit Haftbrücke



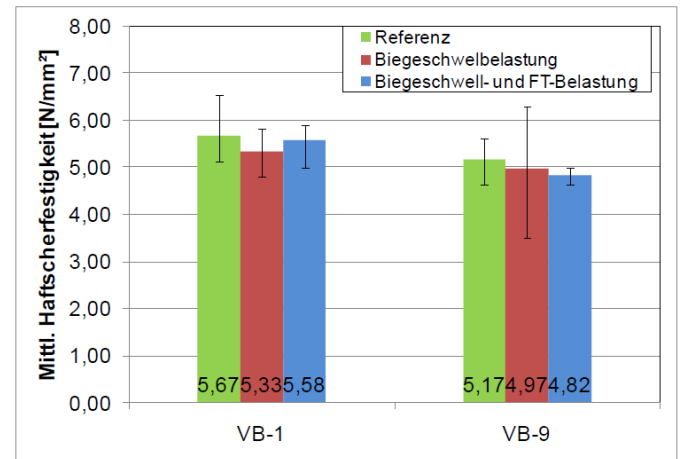
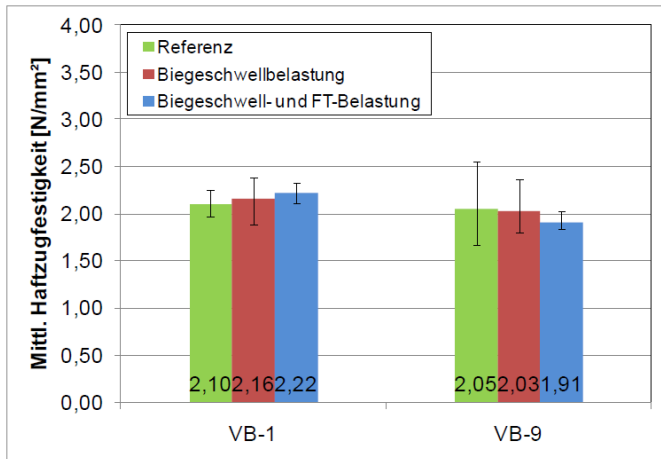
**Bild 7:** Mittlere Haftzugfestigkeiten (oben) und mittlere Haftscherfestigkeiten (unten) von H-2, H-5 und H-4 (mattfeuchter Untergrund, mit Haftbrücke, Neubeton mit SRA, Konsistenz C1/C2), H-2: Liegezeit der Haftbrücke ca. 0,5 h, H-5: Liegezeit der Haftbrücke ca. 2 h und H-4: Umgebungstemperatur 30 °C



**Bild 8:** Mittlere Haftzugfestigkeiten (links) und mittlere Haftscherfestigkeiten (rechts) von VB-3 und VB-7 (mattfeuchter Untergrund, ohne Haftbrücke, Konsistenz F4, Neubeton mit SRA), VB-3: Druckfestigkeit Altbeton rd. 62 N/mm<sup>2</sup> und VB-7: Druckfestigkeit Altbeton rd. 86 N/mm<sup>2</sup>



**Bild 9:** Mittlere Haftzugfestigkeiten (links) und mittlere Haftscherfestigkeiten (rechts) von VB-5 und VB-8 (mattfeuchter Untergrund, ohne Haftbrücke, Konsistenz F5, Neubeton mit SRA), VB-5: Druckfestigkeit Altbeton ca. 60 N/mm<sup>2</sup> und VB-8: Druckfestigkeit Altbeton ca. 84 N/mm<sup>2</sup>



**Bild 10:** Mittlere Haftzugfestigkeiten (links) und mittlere Haftscherfestigkeiten (rechts) von VB-1 und VB-9 (ohne Haftbrücke, Neubeton ohne SRA, Konsistenz F4 beziehungsweise F3, mattsfeuchter Untergrund), VB-1: Biegezugbeanspruchung in der Verbundfuge und VB-9: Biegedruckbeanspruchung in der Verbundfuge