

# Verbundkräfte zwischen UHPC und Normalbeton mit unterschiedlichen Rauheiten

## Bond strength between UHPC and normal concrete with different roughnesses

Lehmberg, S.; Budelmann, H.

### Abstract

Ultra high performance concrete (UHPC) can be added to structures made of normal concrete in case the top layers have to be rehabilitated. To analyse the bond performance of those layers a small testing regime with splitting tensile and pull off tests for different roughnesses was carried out.

### 1. Einführung und Motivation

Für das Zusammenwirken von unterschiedlichen Betonschichten ist eine schubfeste Verbindung zwischen den Materialien notwendig. Um festzustellen welche Rauheit notwendig ist, wenn eine Schicht aus ultrahochfestem Feinkornbeton (UHPC) auf einem normalfesten Beton aufgebracht wird, wurden Platten und Zylinder auf ihre Haftzug- bzw. Spaltzugfestigkeiten mit unterschiedlichen Rauheiten getestet.

### 2. Versuchsdurchführung

Der verwendete Normalbeton (Größtkorn 16 mm) besitzt eine mittlere Würfeldruckfestigkeit von  $f_{cm} = 58$  MPa und eine Spaltzugfestigkeit von  $f_{ct,spl} = 3$  MPa. Der hier zum Einsatz gekommene ultrahochfeste faserverstärkte Feinkornbeton (UHPC) /1/, /2/ besitzt eine mittlere Zylinderdruckfestigkeit von  $f_{cm} = 151$  MPa und eine Spaltzugfestigkeit von  $f_{ct,spl} = 8$  MPa. Für die Untersuchungen wurden Platten und Zylinderhalbschalen betoniert, auf die der UHPC aufbetoniert wurde. Für die Oberflächenvorbereitung sind drei Verfahren getestet worden (Bild 1). Mit Fräsen sowie Hochdruckwasserstrahlen (HDW) mit 450 bar wurden die obersten weniger festen Bestandteile abgetragen. Mit dem Höchstdruckwasserstrahl (HstDW) mit 2500 bar wurde das Größtkorn komplett frei gelegt und die größte Rauheit hergestellt. Anschließend wurde die Rauheit mit dem Sandflächenverfahren nach Kaufmann /3/ sowie mit Oberflächenaufnahmen mittels Digitalmikroskop (Bild 2) bestimmt. Die Rautiefe, die über das gemessene Höhenprofil mit dem Digitalmikroskop ermittelt wurde, ist dabei stets größer als die nach Kaufmann, was wahrscheinlich an der nur zweidimensionalen Auswertung des Höhenprofils liegt.

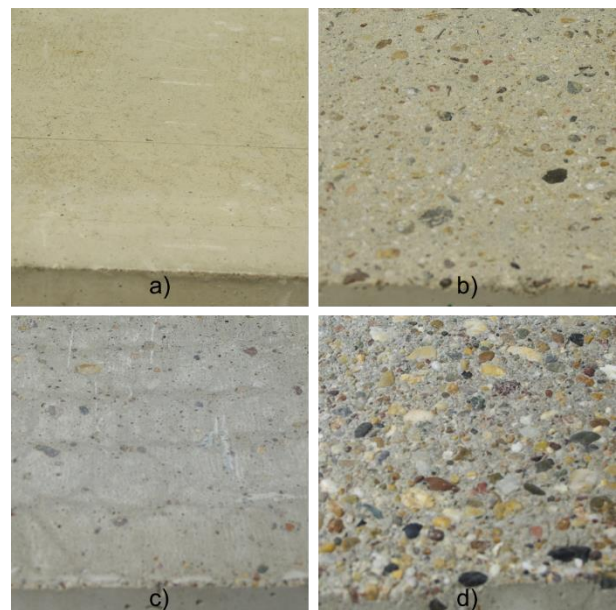


Bild 1: Draufsicht auf die vorbereiteten Plattenoberflächen bei Normalbeton: a) schalrauh, b) gefräst, c) hochdruckwassergestrahlt (HDW) und d) höchstdruckwassergestrahlt (HstDW)

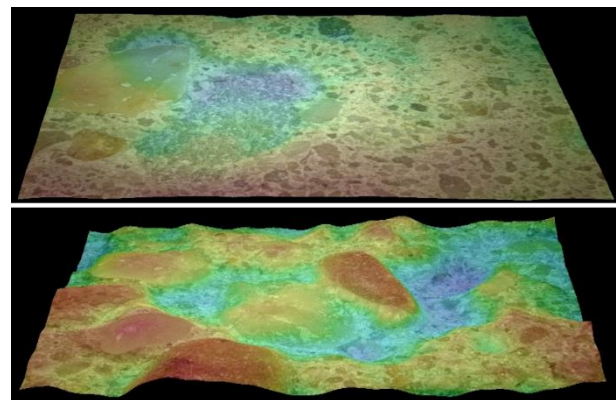


Bild 2: Hochdruckwassergestrahlte Oberfläche (HDW, oben) und höchstdruckwassergestrahlte Oberfläche (HstDW, unten) aufgenommen mit dem Digitalmikroskop

Die Rauheiten unterscheiden sich bei den ersten drei Oberflächenvorbereitungen nicht sehr stark im Vergleich zum Höchstdruckwasserstrahlen. Bei den Zylinderhalbschalen ist die Rauheit generell höher, da die Bearbeitung der kleineren Fläche im Vergleich zur Platte zu einem größeren Materialabtrag führte.

### 3. Versuchsauswertung und -ergebnisse

Bei der Bestimmung der Spaltzugfestigkeit konnte ein linearer Einfluss der Rautiefe festgestellt werden. Zu sehen ist außerdem, dass bereits die sehr glatte Oberfläche die mit einer Kunststoffolie auf der Zylinderhalbschale aus Normalbeton erzeugt wurde durch die gute Adhäsionskraft des UHPFRCs zu einer hohen Spaltzugfestigkeit führt (Bild 3).

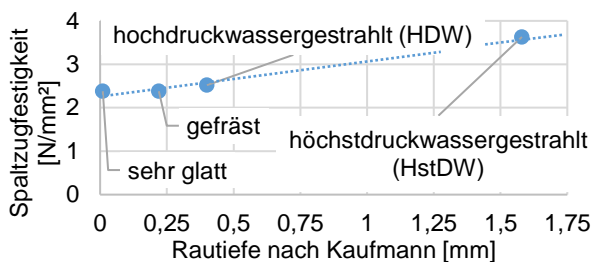


Bild 3: Spaltzugfestigkeit der Zylinder in Abhängigkeit der Rautiefe

Vor dem Aufbetonieren der UHPFRC Schicht auf die Platten wurden die Normalbetonoberflächen trocken, feucht oder mit Haftgrund aus einem polymermodifizierten Zementmörtel vorbehandelt. Bei den Haftzugversuchen zeigte sich, dass die Rautiefe einen vernachlässigbaren Einfluss auf die Haftzugfestigkeit hat, da die Betonzugfestigkeit des Normalbetons bereits maßgebend ist. Die Vorbehandlung mit einem Haftgrund sorgte unabhängig von der Rauheit für eine Erhöhung der Festigkeit (Bild 4).

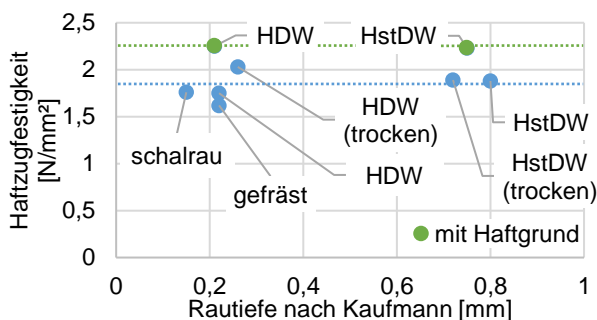


Bild 4: Mittlere Haftzugfestigkeiten gegenüber der Rautiefe in Abhängigkeit der Oberflächenvorbereitung und -vorbehandlung

Im Bild 5 ist der Wechsel zwischen den Versagensarten bei unterschiedlichen Rautiefen zu sehen. Der annähernde Adhäsionsbruch bei gefräste Oberflächen mit geringer Rauheit (Bild 5 links) gegenüber dem Kohäsionsbruch durch die Betonmatrix bei HstDW Oberflächen (Bild 5 rechts).



Bild 5: Spaltzugversagen an Zylindern mit Oberflächenvorbereitung mittels Fräsen mit oberflächlichem Kohäsionsbruch (links) und HstDW Oberfläche mit reinem Kohäsionsbruch (rechts)

Der Einfluss der Rautiefe beim Verbund von UHPC auf Normalbeton ist für die Haftzugfestigkeit nicht entscheidend, da das Adhäsionsverhalten des UHPCs bereits für eine ausreichende Haftung mit dem Normalbeton sorgt. Die Spaltzugfestigkeit hingegen, eine kombinierte Druck- und Zugbelastung im Zylinder, kann durch die Erhöhung der Rauheit verbessert werden.

### 4. Literatur

- /1/ Lehmborg, S.; Mainka, J.; Ledderose, L.; Budelmann, H.; Kloft, H.: Neuartige Verbindungen für geometrisch komplexe Flächen- und Stabwerkelemente aus UHPFRC. In: Scheerer, S.; Curbach, M. (Hrsg.): Leicht Bauen mit Beton, Forschung im Schwerpunktprogramm 1542 Förderphase 1, TU Dresden, 2014, 122–139 <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:14-gucosa-171338>
- /2/ Mainka, J.; Lehmborg, S.; Budelmann, H.; Kloft, H.: Non-Standard Fügeprinzipien für leichte Bauteile aus UHPFRC. In: Beton- und Stahlbetonbau 108 (2013), Heft 11, S. 763-773.
- /3/ Kaufmann, N.: Das Sandflächenverfahren – Ein einfaches Verfahren zur Messung und Beurteilung der Textur von Fahrbahnoberflächen, Straßenbau-technik 3/1971