

# Oberflächenstruktur – ein wesentliches Merkmal für das Funktionieren von Beton-Verbundkonstruktionen

Text | Martin Peyerl, Stefan Krispel, Smart Minerals GmbH  
Bilder und Grafiken | © Smart Minerals GmbH

**Verstärkungsmaßnahmen von Betonbauwerken gewinnen aufgrund stetig steigender Anforderungen zunehmend an Bedeutung. Im Rahmen solcher Baumaßnahmen wird auf ein bestehendes Betontragwerk eine neue Betonschicht in direktem Verbund mit dem Untergrund aufgebracht. Hierbei müssen die beiden Werkstoffe eine dauerhafte und kraftschlüssige Verbindung eingehen und statischen sowie dynamischen Belastungen und auch Umwelteinwirkungen widerstehen.**

Abb. 1: Ermittlung der Rautiefe an einer strukturierten Oberfläche – schematisch

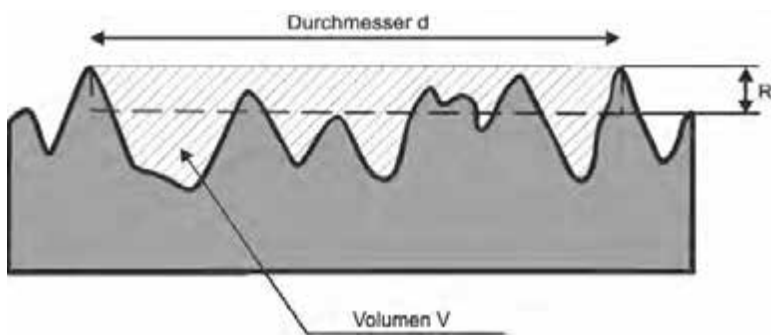
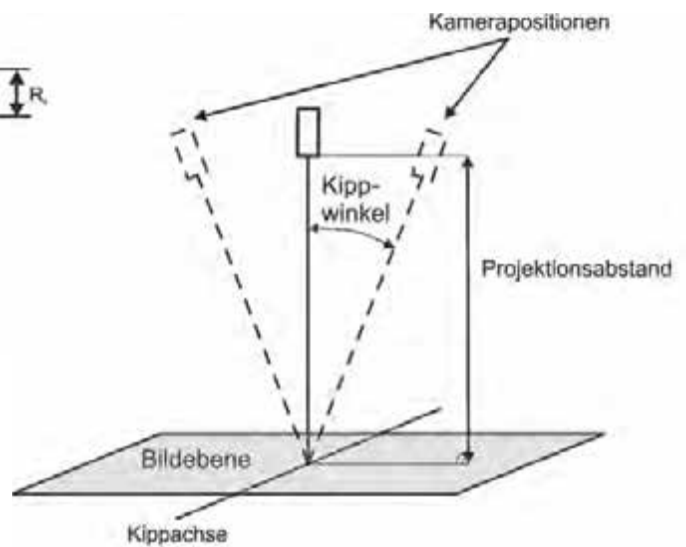


Abb. 2: Messkonfiguration zur Erstellung der stereoskopischen Aufnahmen



Im Idealfall ist die Verbundfuge so ausgebildet, dass keine Relativverschiebung zwischen den beiden Einzelquerschnitten auftritt und die Konstruktion wie ein monolithischer Bauteil wirkt. Aufgrund der vorgegebenen Rahmenbedingung beim Einbringen von Beton auf eine bestehende Schicht sind Störungen im Materialgefüge grundsätzlich unvermeidbar und es entsteht eine Endfestigung des Haftverbundes. Die Übertragung von Kräften in einer Verbundfuge erfolgt grundsätzlich durch Adhäsion, Reibung sowie Dübelwirkung. Das zur Erzielung der Dübelwirkung erforderliche Bohren und Einleiten von Dübeln führt in der Regel zu hohen Kosten, die durch Ausbildung einer entsprechenden Oberflächenrauheit der Verbundfuge grundsätzlich vermeidbar wären.

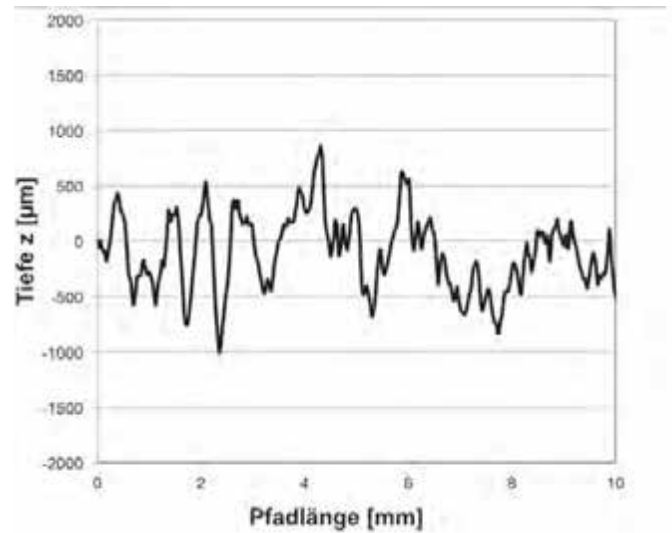
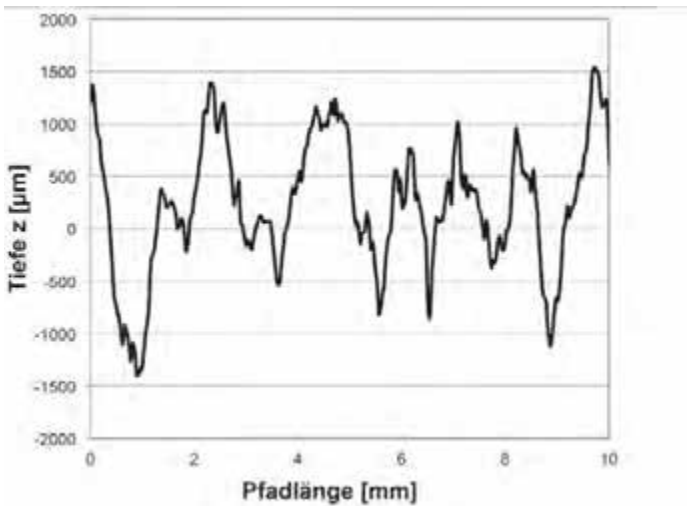
Um eine dauerhafte und kraftschlüssige Verbindung zwischen zwei Betonschichten zu erzielen, ist eine gewisse Oberflächenrauheit zur Steigerung der Adhäsions- bzw. Reibungskräfte unabdingbar. Zur Herstellung einer entsprechenden Oberflächenrauheit werden meist Verfahren wie Fräsen oder Hoch-

druckwasserstrahlen eingesetzt. Ein derzeit nur ungenügend gelöstes Problem stellt die Charakterisierung solcher bearbeiteten Oberflächen dar. Generell werden normativ Anforderungen an die Oberflächenbeschaffenheit für ein entsprechendes Verbundverhalten über die Rautiefenbestimmung nach Kaufmann definiert [1]. Mit diesem Verfahren wird eine gewisse Menge feinkörniges Material (z. B. Normensand) auf einer Oberfläche so lange verteilt, bis kein weiteres Ausbreiten mehr möglich ist. Aufgrund von Zusammenhängen zwischen Oberflächenbeschaffenheit und Durchmesser des entstehenden Kreises kann auf die Rautiefe  $R_t$  der Oberfläche geschlossen werden. Abbildung 1 zeigt schematisch die Ermittlung der Rautiefe an einer strukturierten Oberfläche.

Das Sandflächenverfahren erlaubt eine nur sehr rudimentäre Beschreibung der Oberflächentextur. Um vertiefende Aussagen über die Oberflächentextur zu erhalten, wurden stereoskopische Verfahren zur Erstellung von dreidimensionalen Oberflächenmodellen erprobt [2]. Hierbei wird auf Grundlage von

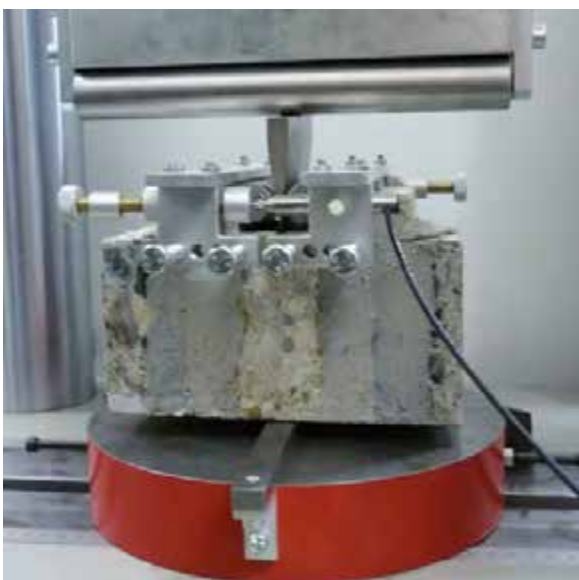


Abb. 3: Oberflächenmodelle von gefrästen und gestrahlten Texturen sowie zugehörige Profile dieser Oberflächen



zwei um wenige Grad verkippten Aufnahmen ein dreidimensionales, digitales Oberflächenmodell (DOM) generiert, anhand dessen unterschiedlichste Parameter im Rahmen von Profil-, Flächen- und Volumenanalyse ausgewertet werden können. Die Messkonfiguration zur Erstellung der stereoskopischen Aufnahmen ist Abbildung 2 zu entnehmen.

Abb. 4: Prüfung der Verbundeigenschaften mit der Keilspaltmethode



Dreidimensionale Oberflächenmodelle liefern exakte Informationen über die Oberflächentextur in einer im Bauwesen bis dato nicht üblichen Qualität. So zeigt beispielsweise Abbildung 3 Oberflächenmodelle von gefrästen und gestrahlten Texturen sowie zugehörige Profile dieser Oberflächen.

Um den Einfluss von unterschiedlichen Oberflächentexturen auf die Verbundeigenschaften zu überprüfen, kann als Verfahren die Prüfung der Haftzugfestigkeit oder die Bestimmung von bruchmechanischen Kennwerten mit der Keilspaltmethode herangezogen werden [3, 4]. Die Prüfung der Haftzugfestigkeit ist zwar sehr einfach auf Baustellen oder im Labor durchzuführen, jedoch ist die Aussagekraft der Ergebnisse relativ gering. Um exaktere Aussagen über Zusammenhänge zwischen Oberflächentextur und Verbundverhalten bzw. auch den Versagensmechanismen treffen zu können, eignen sich bruchmechanische Untersuchungen der Verbundkonstruktion weitaus besser. Im Rahmen eines solchen Versuchs wird von oben über einen Keil und Wälzlager die Spaltkraft in den Probekörper eingebracht. Wie in Abbildung 4 dargestellt, erfolgt ausgehend von einer Starterkerbe das kontrollierte Aufspalten der Probe.

Zur Untersuchung von Korrelationen zwischen Verbund- und Oberflächeneigenschaften wurden im Rahmen von mehreren Forschungsvorhaben Versuchsplatten bzw. -felder mit unterschiedlicher Oberflächentexturierung hergestellt.



Abb. 5: In einer Kooperation zwischen Smart Minerals GmbH und H. Junger Bauges.m.b.H. hergestellte Versuchsfläche zur Analyse eines möglichen Verstärkungssystems für Brückentragwerke

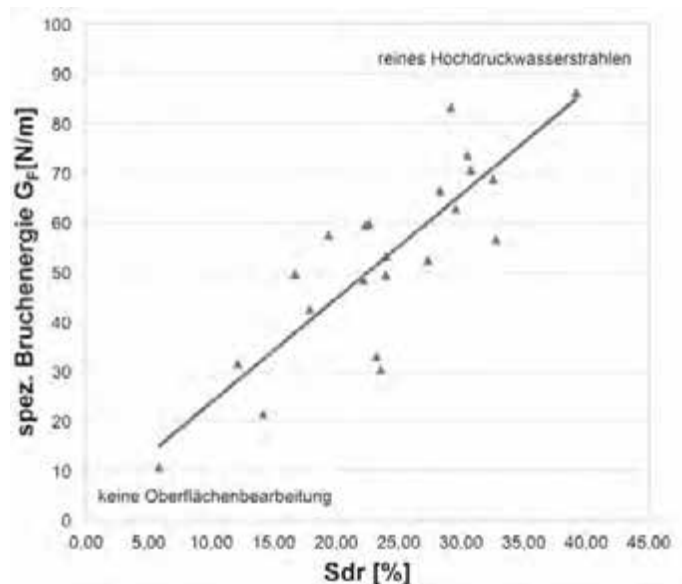
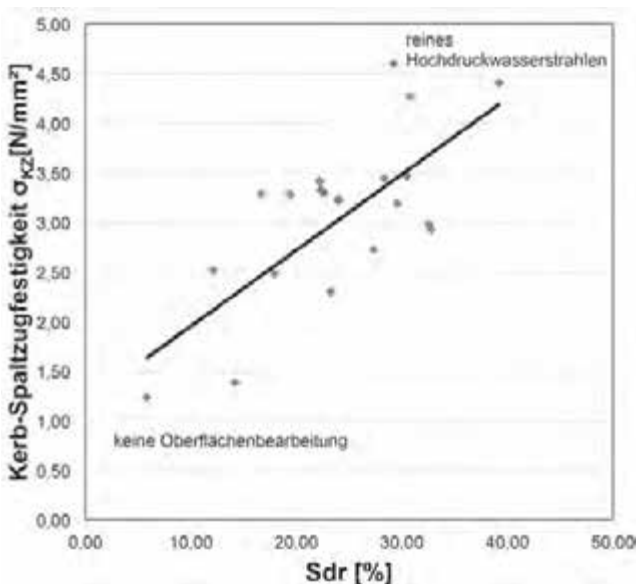
Abbildung 5 zeigt beispielsweise eine etwa 10 m x 15 m große, in einer Kooperation zwischen Smart Minerals GmbH und H. Junger Bauges.m.b.H. hergestellte Versuchsfläche zur Analyse eines möglichen Verstärkungssystems für Brückentragwerke. Als Tragwerksbeton wurde ein typischerweise im Brückenbau eingesetzter Beton C35/45/B5 sowie als Verstärkungsbeton ein Hochleistungsbeton C50/30/HL-B verwendet. Vor dem Aufbringen des Verstärkungsbetons wurden die Oberflächen durch unterschiedliches Fräsen (Fräsabstände

zwischen 5 mm und 20 mm) und Hochdruckwasserstrahlen (unterschiedliche Intensitäten) bearbeitet.

Die bisher durchgeführten Untersuchungen zeigten, dass ausgewählte Parameter aus dem Oberflächenmodell sehr gut mit den festgestellten Verbundeigenschaften korreliert werden können [2, 5, 6]. Zu diesen Parametern zählt beispielsweise der Mehranteil der wahren zur projizierten Fläche  $S_{dr}$ .

Abbildung 6 beschreibt die hergestellten Zusammenhänge zwischen  $S_{dr}$  und der Kerb-Spaltzugfestigkeit  $\sigma_{KZ}$  (Maximal-

Abb. 6: Die hergestellten Zusammenhänge zwischen  $S_{dr}$  und der Kerb-Spaltzugfestigkeit  $\sigma_{KZ}$  (Maximalkraft) sowie der spezifischen Bruchenergie  $G_F$  (Gesamtenergie zum Aufspalten der Probe)



kraft) und der spezifischen Bruchenergie  $GF$  (Gesamtenergie zum Aufspalten der Probe). Diese Zusammenhänge zeigen deutlich, dass bei Flächen mit keiner zusätzlichen Oberflächenbearbeitung (glatte Betonfläche,  $S_{dr}$  klein) nur geringe Verbundfestigkeiten erzielt werden, während bei entsprechend großer Oberfläche des Interface (raue Betonoberfläche,  $S_{dr}$  groß) gute Verbundfestigkeiten erreicht werden können. Dabei stellte sich heraus, dass auch adäquates Hochdruckwasserstrahlen ohne vorheriges Fräsen (erzielte Höchstwerte) eine sehr einfache und effiziente Methode zur Erhöhung der Verbundfestigkeiten darstellt. Werden entsprechende Korrelationen beispielsweise durch Vorversuche erstellt, kann eine einfache spätere Überprüfung der entsprechenden Oberflächeneigenschaften am digitalen Oberflächenmodell erfolgen.

Die Versuche konnten zeigen, dass eindeutige Zusammenhänge zwischen ausgewählten Parametern des dreidimensionalen Oberflächenmodells und den Verbundeigenschaften hergestellt werden können. Für die Ausprägung entsprechend guter Verbundeigenschaften ist in erster Linie jene Oberfläche, mit der die beiden zusammengefügteten Betonschichten in Interaktion treten, verantwortlich. Neben einer Vorprofilierung durch Fräsen hat daher die anschließende Bearbeitung durch Hochdruckwasserstrahlen einen wesentlichen Einfluss auf die resultierenden Verbundeigenschaften.

## Literatur

- [1] Kaufmann, N.: Das Sandflächenverfahren – Ein einfaches Verfahren zur Messung und Beurteilung der Textur von Fahrbahnoberflächen, Straßenbau-technik 3/1971
- [2] Peyerl, M.: Bruchmechanische und stereoskopische Charakterisierung von Interfaces zementgebundener Werkstoffe, Dissertation an der Technischen Universität Wien, April 2012
- [3] ONR 23303 (2010): Prüfverfahren Beton (PVB) – Nationale Anwendung der Prüfnormen für Beton und seiner Ausgangsstoffe, Austrian Standards Institute/Österreichisches Normungsinstitut
- [4] ÖNORM B 3592 (2011): Bestimmung der Kerb-Spaltzugfestigkeit und der spezifischen Bruchenergie von Baustoffen, Baustoffverbindungen und Verbundwerkstoffen, Austrian Standards Institute/Österreichisches Normungsinstitut
- [5] Peyerl, M.; Tschegg, E. K.: Einfluss der Oberflächenstruktur auf die mechanischen Verbundeigenschaften von dünnen Betonfahrbahndecken auf Brücken, 18. Internationale Baustofftagung Weimar, September 2012
- [6] Optimierung Frästechnik zur Ausbildung eines bestmöglichen Verbundes, Teilbericht SMG zu FFG-Projekt 829625, März 2013, unveröffentlicht

## Autor:

DI Dr. Martin Peyerl,  
Mag. (FH) DI Dr. Stefan Krispel,  
Smart Minerals GmbH  
[www.smartminerals.at](http://www.smartminerals.at)

# BETON SCHAFFT LEBENS(T)RÄUME.



Beton punktet mit idealen thermischen Eigenschaften, Brandbeständigkeit, enorm hoher Wiederverwertbarkeit und gestalterischen Möglichkeiten.  
Beton – der innovative Baustoff für Raumplanungs- und Architekturösungen.