

---

## **Bewehrungsloser Aufbeton für Brückensanierungen**

Um die Tragfähigkeit von Betontragwerksteilen zu erhöhen, wird auf die bestehenden festen Betonelemente nachträglich eine Aufbetonschicht aufgebracht. Besondere Aufmerksamkeit muss dabei der Verbundfuge gegeben werden. Wird der Verbund nicht mittels Bewehrung oder Dübel sichergestellt, muss die Oberfläche des Altbetons besonders bearbeitet werden. Derzeit ist die kontrollierte Herstellung einer voll wirksamen Verbundoberfläche ohne Bewehrung oder Dübel nicht bzw. nur ungenügend geregelt. Gemeinsam mit der FH Kärnten untersucht Smart Minerals die Anwendung höherfester Betone bei Tragwerksverstärkungen.

Die Verwendung von Aufbeton zählt zu den von der Bauindustrie häufig eingesetzten Verfahren (z.B. bei der Instandsetzung von Brückentragwerken oder bei Fahrbahnsanierungen). Höherfeste Betone eignen sich aufgrund der höheren Dauerhaftigkeit, Robustheit und zufolge der geringen Porosität und der damit verbundenen Dichtheit des Materials sowie des hohen Widerstandes gegen chemische und mechanische Einwirkungen besonders für Aufbetonschichten. Ziel dieses Forschungsprojektes war es, den adhäsiven Verbund solcher höherfesten Aufbetonschichten mit einem weitgehenden Verzicht auf Bewehrungselemente bzw. Verbinder auszunutzen und dies auch in der Bemessung zu verankern.

### **Stand der Technik**

Beim Aufbringen einer Betonschichte im Verbund ist es wesentlich, dass der Untergrund so ausgeführt und behandelt wird, dass sich möglichst gute Verbundeigenschaften einstellen. Die essentielle Anforderung ist hierbei die Rauheit der Oberfläche. Die Herstellung der nötigen Oberflächenrauheit erfolgt in der Regel durch Hochdruckwasserstrahlen. Um einen ausreichenden Verbund zwischen Alt- und Neubeton zu gewährleisten, wird derzeit im Zuge von Bauwerksinstandsetzungen auf die Anwendung spezieller Dübeltechnik zurückgegriffen. Die Tragwirkung der Dübel kann jedoch erst dann aktiviert werden, wenn bereits ein Riss in der Verbundfuge vorhanden ist und somit zumindest lokal die Adhäsion und Reibungskräfte überschritten wurden. Ein weiterer großer Nachteil ist, dass sich durch den Einbau der Dübel sowohl Arbeitsaufwand als auch Baukosten stark erhöhen.

Bereits durchgeführte Untersuchungen zeigten, dass mit entsprechender guter Oberflächenprofilierung der Altbetonschichte sehr gute Verbundkennwerte erreicht werden können. Limitierend sind jedoch jeweils die mechanischen Eigenschaften der angrenzenden Betonschichten sowie die Qualität der Verbundfuge des Altbetons.

Betontechnologisch relevant sind die Schubkomponenten Adhäsion und Reibung. Adhäsion beschreibt den Haftverbund resultierend aus chemischen und physikalischen Bindungskräften der angrenzenden Schichten. Kommt es zu einer größeren Relativverschiebung, wird durch vorhandene Unebenheiten die Reibung aktiviert. Die Reibung selbst ist sowohl von der wirkenden Normalkraft als auch vom Reibbeiwert  $\mu$  abhängig.

## **Prüfungsdurchführung**

Um die optimale Ausnutzung der Verbundfuge auch im Bemessungskonzept zu verankern, ist es notwendig, eine Datengrundlage zur Beurteilung des Verbundverhaltens unterschiedlich gestrahlter Oberflächen zu schaffen. Hierfür wurden im ersten Forschungsjahr vor allem Untersuchungen zur Beurteilung der Verbundfestigkeit durchgeführt.

## **Versuche zum Einfluss von Hochleistungsbeton auf das Verbundverhalten**

Ziel der Versuche war zusätzliche Zusammenhänge zwischen Oberflächen- und Verbundeigenschaften von Aufbetonschichten mit Hochleistungsbeton herzustellen. Es wurde die Aufbetonrezeptur verbessert und Großkörper sowie ergänzende Kleinkörper mit unterschiedlichen Rautiefenstufen hergestellt. Es wurden Versuchsplatten mit einem typischen Brückentragwerksbeton betoniert, die im Alter von etwa vier Woche durch Hochdruckwasserstrahlen so bearbeitet wurden, dass drei unterschiedliche Rautiefenstufen (glatt, rau und verzahnt) erreicht wurden. Ebenso erfolgte die Erstellung von dreidimensionalen Oberflächenmodellen, um möglichst viele Oberflächenparameter bestimmen und in Relation zu den Verbundeigenschaften setzen zu können.

Für den Aufbeton wurde ein Beton mit der Bezeichnung HL-B gewählt. Vor dem Einbringen des Aufbetons erfolgte das Anfeuchten der Oberfläche in den Intensitäten mattfeucht, feucht und nass. Nach der Einbringung und dem Erhärten des Aufbetons startete die Ermittlung der Verbundkennwerte Haftzugfestigkeit, Kerb-Spaltzugfestigkeit sowie der spezifischen Bruchenergie.

Zur Bestimmung der Haftzugfestigkeit wurde mit einem Kernbohrgerät bis zur Unterbetonschicht gebohrt, nach Trockenlegung der Prüfflächen wurden Stahlstempel aufgeklebt. Die Bestimmung der Haftzugfestigkeit erfolgte durch zentrisches Abziehen des Stahlstempels unter konstanter Belastungsgeschwindigkeit. Um bessere Aussagen über das Wirken der Verbundfuge zu erhalten, erfolgte auch die Ermittlung der bruchmechanischen Kennwerte mit der Keilspaltmethode. Bei dieser Prüfung werden Bohrkern aus den Verbundplatten entnommen. Im Zuge der Prüfung wurde ein Last-Verschiebungsdiagramms bis zum vollkommenen Aufspalten der Probe aufgezeichnet, auf dessen Grundlage die bruchmechanischen Kennwerte Kerb-Spaltzugfestigkeit  $\sigma_{KZ}$  und die spezifische Bruchenergie  $G_F$  ermittelt werden konnte.

## **Ergebnisse**

Die Prüfungen zeigten, dass die höchsten Werte für die Haftzugfestigkeit bei der rauen Verbundfuge erreicht wurden, bei der Kerb-Spaltzugfestigkeit lieferten rau und verzahnte Verbundfugen annähernd gleiche Werte und bei der spezifischen Bruchenergie war auch mit der Steigerung von rau auf verzahnt ein weiterer Anstieg der Verbundkennwerte zu beobachten. Abbildung 1 zeigt beispielsweise die spezifische Bruchenergie der unterschiedlichen untersuchten Oberflächentypen im Vergleich zu homogenen Ober- bzw. Unterbeton.

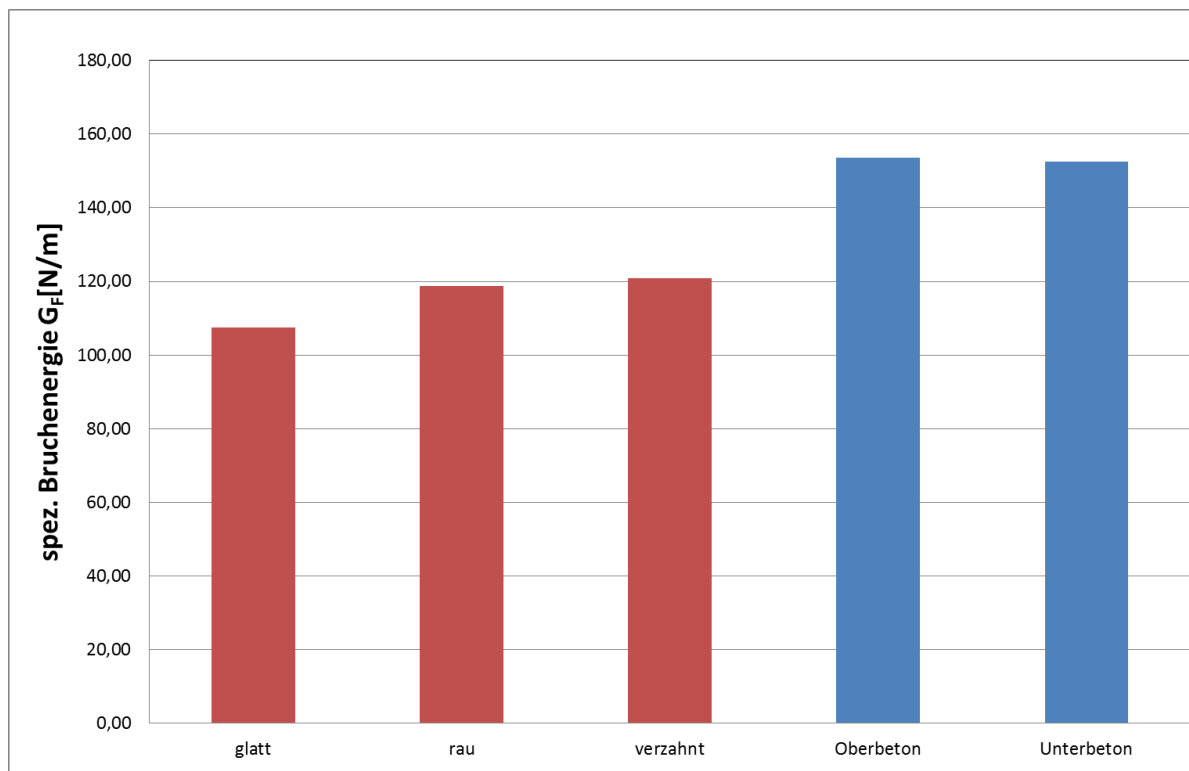


Abbildung 1 zeigt die spezifische Bruchenergie der unterschiedlichen untersuchten Oberflächentypen im Vergleich zu homogenen Ober- bzw. Unterbeton.

### Versuche zur Auswirkung einer Erschütterungsbeanspruchung auf das Verbundverhalten

Eine wesentliche Forschungsfrage im zweiten Projektjahr war, inwieweit sich eine Erschütterungsbeanspruchung auf die ordnungsgemäße Ausprägung der Verbundfuge auswirkt. Hierfür wurden in Kooperation mit der Fa. Porr ebenfalls Prüfplatten mit unterschiedlichen Rautiefenstufen auf der Baustelle der Erneuerung der Hochstraße Inzersdorf (Wien 23) hergestellt. Das Einheben der Probekörper erfolgte in einer Zeit von 15, 45, 150 und 270 Minuten nach der Betoneinbringung auf das schwingende Tragwerk. Danach wurden die Probekörper fest mit dem Tragwerk verschraubt und es erfolgte die kontinuierliche Messung der Erschütterungsbeanspruchung des Tragwerkes sowie der Probekörper. Als Referenzkörper wurden Proben ohne Erschütterungsbeanspruchung am Boden neben dem Tragwerk gelagert. Nach Erhärten aller Proben startete die Ermittlung der Verbundkennwerte Kerbspaltzugfestigkeit sowie spezifische Bruchenergie analog zu den durchgeführten Prüfungen der ergänzenden Kleinkörperversuche. Zur genauen Charakterisierung der erzielten Oberflächeneigenschaften erfolgte auch hier die Erstellung von dreidimensionalen Oberflächenmodellen. Die Hochleistungsbetonrezeptur für die Aufbetonschicht wurde analog zu der an der FH Kärnten verwendeten Rezeptur an der Smart Minerals GmbH weiterentwickelt, wodurch Festigkeiten von etwa 100 N/mm<sup>2</sup> erreicht werden konnten.

### Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigten, dass aufgrund der andauernden Erschütterungsbeanspruchung keine maßgebliche Schädigung der Verbundfuge auftrat. Der Hochleistungsbeton mit seinem hohen

---

Anteil an Bindemittelleim geht auch bei äußerer Erschütterungsbeanspruchung eine äußerst gute Verbindung mit dem Untergrund ein.

### **Versuche zum Einbau von nass-in-nass bei Brückentragwerken**

Der dritte Themenbereich gegenständlicher Untersuchungen war die Erforschung des Einflusses eines Einbaus nass-in-nass auf das Verbundverhalten von zwei Schichten und inwieweit sich ein zeitlich versetztes Einbringen einer Aufbetonschichte auf die Verbundkennwerte auswirkt. Gerade bei der Errichtung von Neubauten kann es vom Bauablauf erforderlich sein, dass zwei Betonschichten mit unterschiedlichen Eigenschaften in einer relativ kurzen Zeitfolge eingebracht werden. Dies kann beispielsweise bei der Herstellung von massiven Tragwerken vorkommen, wo eine obere beständigerer Lage aus Hochleistungsbeton aufgebracht wird. Bei diesen Untersuchungen wurde bei der Herstellung der Probestplatten als erster Schritt der Unterbeton eingebracht und die Oberflächen rüttelrau belassen. Danach erfolgte das Aufbringen des Aufbetons. Die einzelnen Schichten wurde ohne vernähen nur mit einem Rütteltisch verdichtet. Nach dem Erhärten aller Proben wurde die Ermittlung der Verbundkennwerte, Kerb-Spaltzugfestigkeit sowie spezifische Bruchenergie anlog zu den durchgeführten Prüfungen der ergänzenden Kleinkörperversuche erforscht.

### **Ergebnisse**

Es konnte gezeigt werden, dass bei einer durchaus baustellenüblichen Betoneinbringung von 90 Minuten nach der Betonherstellung schon sehr deutlich niedrigere Verbundkennwerte ermittelt wurden als bei einer Betoneinbringung direkt nach der Herstellung der Unterbetonschichte. Beispielsweise konnte sofort nach der Betoneinbringung noch eine Bruchenergie von knapp über 70 N/m festgestellt werden, bei einer Wartezeit von 6 Stunden fällt diese auf unter 10 N/m ab (siehe Abb. 2).

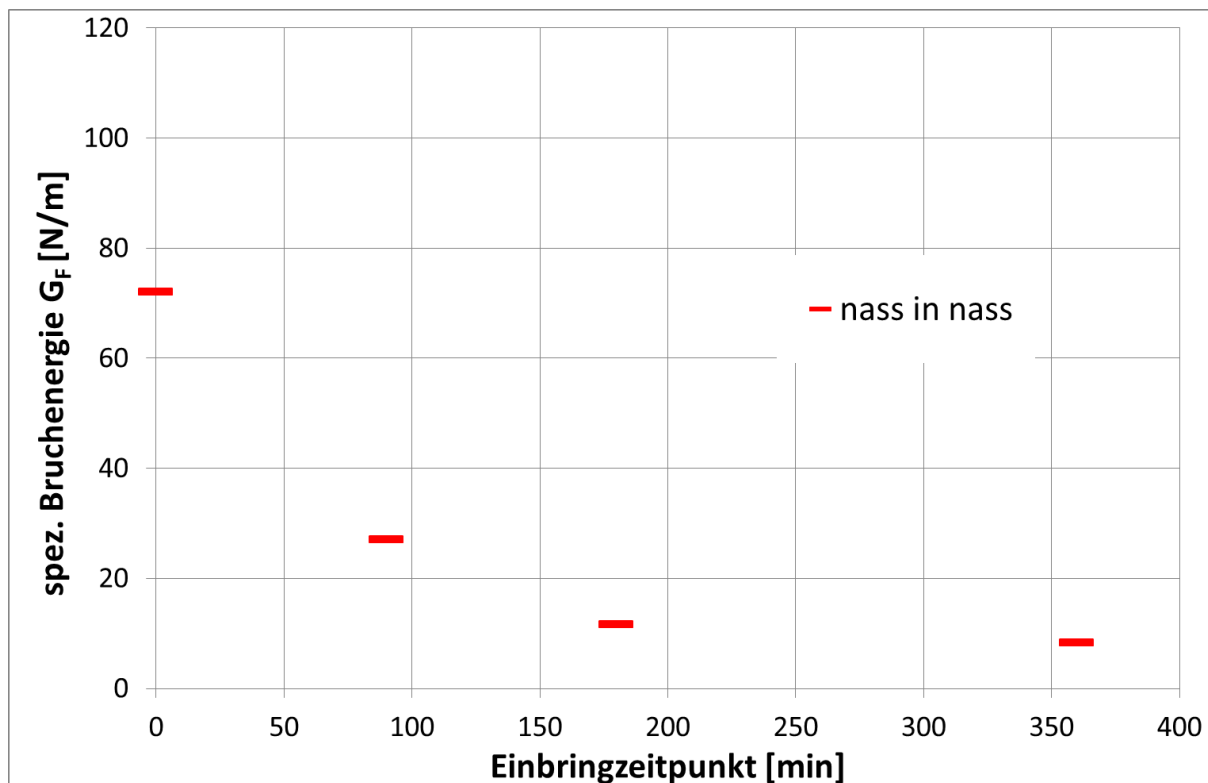


Abbildung 2: Spezifische Bruchenergie in Abhängigkeit des Betoneinbringzeitpunktes

### Fazit

Wesentlicher Bestandteil zur Sicherstellung guter Verbundeigenschaften ist die Fugenvorbereitung (Aufrauung) und die Qualitätssicherung auf der Baustelle. Bei hohen Anforderungen an die Verbundfuge wie zum Beispiel bei der dünn-schichtigen Einbringung von Oberbetonschichten im Betonstraßenbau hat sich hier die genaue Analyse der Oberflächentextur durch ein digitales Oberflächenmodell bereits etabliert.

### Projektinformationen:

- **Projektname:** Hochfester Beton als Aufbeton im Bestand und als monolithische Deckschicht im Neubau
- **Beteiligte Institute:** Smart Minerals GmbH und FH Kärnten
- **Weitere Partner:** ÖBB, ASFINAG, Fa. Porr und Fa. Strabag (Inkindleistung), Fa. Rohrdorfer sowie ÖBV
- **Projektverantwortliche/r:**
  - DI Dr. Martin Peyerl, Smart Minerals GmbH - Leitung Fachbereich Forschung, Franz-Grill-Straße 9, 1030 Wien, T: +43 (1) 714 66 81 – 24 , M: +43 664 88 500 390; E-Mail: [peyerl@smartminerals.at](mailto:peyerl@smartminerals.at) [www.smartminerals.at](http://www.smartminerals.at)
  - Prof.(FH) DI Dr. Norbert Randl, Fachhochschule Kärnten, Carinthia University of Applied Sciences, Fachgebiet Massiv- und Stahlbau, Villacher Straße 1, 9800 Spittal/Drau, T: +43 (0) 5 90500 1112, E-Mail: [n.randl@fh-kaernten.at](mailto:n.randl@fh-kaernten.at), [www.fh-kaernten.at](http://www.fh-kaernten.at)
- **Dauer des Projekts:** 2014-2016