

Forschung Xpress



Betone für Verkehrswasserbauwerke mit Hydroabrasionsbeanspruchung

1 Aufgabenstellung und Ziel

Im Bereich des Verkehrswasserbaus werden Betonoberflächen durch Hydroabrasion in unterschiedlicher Ausprägung beansprucht (Tosbecken, Wehrrücken, Sparbeckenzuläufe, Schleusensohlen, Schleusenkammerwände). Im Betonregelwerk wird zur Beschreibung der Intensität der mechanischen Verschleißbeanspruchung eine Expositionsklasseneinteilung XM1 bis XM3 vorgenommen. Inwiefern die im Wesentlichen aus Verkehr herrührende Expositionsklassensystematik auch die Hydroabrasion angemessen beschreibt, ist oft Gegenstand von Diskussionen. Die Untersuchungen verfolgen daher folgende wesentliche Ziele hinsichtlich der Beschreibung der Einwirkungs- und Widerstandsseite infolge Hydroabrasion:

- a) Erarbeitung einer Klassifizierung für die Hydroabrasionsbeanspruchung analog zu den Expositionsklassen in Zusammenarbeit mit der TU Dresden
- b) Bewertung von Performance-Prüfverfahren hinsichtlich deren Eignung zur Bewertung relevanter Schädigungsmechanismen durch Hydroabrasion
- c) Erarbeitung von Anforderungen an Betonausgangsstoffe und Betonzusammensetzungen für einen hinreichenden Hydroabrasionswiderstand.

2 Bedeutung für die Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV)

Etwa 10 % der Wehranlagen und 5 % der Schleusenbauwerke im Verantwortungsbereich der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) weisen Schäden infolge Hydroabrasion auf, welche die Tragfähigkeit oder Gebrauchstauglichkeit beeinträchtigen (Schadensklassen 3 oder 4) (Spörel et al. 2015). Bei Bauwerken, die einer solchen Beanspruchung ausgesetzt sind, ist es daher von zentraler Bedeutung, Betone oder Betonerersatzsysteme einzusetzen, die der Beanspruchung einen ausreichenden Widerstand entgegensetzen. Aufwendige Instandsetzungen sollen damit künftig möglichst vermieden bzw. erforderliche Instandsetzungsmaßnahmen dauerhaft gegenüber dieser Beanspruchung ausgeführt werden.

Auftragsnummer:

B3951.03.04.70008

Auftragsleitung:

Dr. Frank Spörel
 frank.spoerel@baw.de

Laufzeit:

2010 bis 2021

3 Untersuchungsmethoden

Die Erkenntnisgewinne sollen über eine Literatursichtung, theoretische Betrachtungen und Simulationen sowie Bauwerks- und Laboruntersuchungen erfolgen. Im Labormaßstab werden drei für die Simulation einer Beanspruchung aus Hydroabrasion geeignete Prüfverfahren zur Bewertung des Betonwiderstandes herangezogen.

4 Ergebnisse

Die Erarbeitung von Schritt a) ist mit einem Vorlauf zu den Schritten b) und c) in Zusammenarbeit mit der TU Dresden, Institut für Wasserbau, erfolgt (Stamm und Helbig 2016). Erste hydroabrasionsbedingt geschädigte Bauwerke der WSV wurden in die Betrachtungen aufgenommen und 3D-hydrodynamische Simulationen der Fließverhältnisse durchgeführt sowie erste Ansätze zur Klassifizierung der Beanspruchung dargestellt. Ergänzende Betrachtungen wurden im Rahmen einer Masterarbeit in der BAW (Siggelkow 2016) am Beispiel einer Wehranlage mit massiven Schäden angestellt. Insgesamt haben die Untersuchungen in den besonders von Schäden betroffenen Bereichen Fließgeschwindigkeiten zwischen etwa 3 und 7 m/s ergeben. Da die Bewegung des Geschiebes und die zeitliche Verfügbarkeit bei den Simulationen derzeit nicht berücksichtigt werden können, erlauben die Erkenntnisse bislang lediglich eine Beschreibung des Schädigungspotentials infolge der Fließgeschwindigkeiten.

Schritt b) wurde im Baustofflabor der BAW mit drei Laborprüfverfahren begonnen. Zur Beschreibung und Bewertung der Einwirkungsintensität der Prüfeinrichtungen wurde unter Berücksichtigung der Erkenntnisse aus Schritt a) eine Masterarbeit durchgeführt (Ullrich 2016). Wesentliche Erkenntnis dieser Untersuchungen war, dass die Prüfverfahren trotz deutlich unterschiedlicher Einwirkungsintensität Unterschiede der Betonqualität gleichermaßen abbilden und differenzieren können. Weiterhin zeigten die Untersuchungen, dass die Anwendung existierender Modelle zur Beschreibung des Fortschritts von Abrasionsschäden unter Einbeziehung der Einwirkungsseite derzeit aufgrund zahlreicher zu treffender Annahmen mit großen Unsicherheiten versehen ist. Darüber hinaus wurde deutlich, dass teilweise Präzisierungen der Prüfandbedingungen erforderlich sind.

Als wesentliches Ergebnis wurde herausgearbeitet (Spörel 2018, Spörel 2019), dass der Mikro-Deval-Koeffizient der Gesteinskörnung einen dominanten Einfluss auf den Widerstand des Betons gegenüber Hydroabrasionseinwirkung hat (siehe Bild 1). Dies war bei allen drei Prüfverfahren trotz der teilweise deutlich unterschiedlichen Beanspruchungsintensität der Fall. Die Druckfestigkeit des Betons, welche wesentlich durch die Zementsteineigenschaften beeinflusst wird, übt ebenfalls einen, wenn auch geringeren Einfluss aus.

$$r_{ha} = \frac{f_c}{MD} \quad (1)$$

r_{ha}	Hydroabrasive resistance parameter
f_c	Druckfestigkeit, nassgelagerte Zylinder, h/d=2 [MPa]
MD	Micro-Deval Koeffizient, DIN EN 1097-1 [M.-%]

Aktuelle Ergebnisse weisen darauf hin, dass eine Kombination aus Eigenschaften der Gesteinskörnung und der Zementsteinmatrix geeignet sein kann, den Abrasionswiderstand zu beschreiben. Gleichung (1) wurde aus den Versuchsergebnissen abgeleitet (Spörel 2019).

Die bislang gewonnenen Erkenntnisse ergänzen aufgeworfene Fragestellungen im Rahmen einer aktuellen, umfangreichen internationalen Übersicht zur Thematik (Omoding et al. 2020).

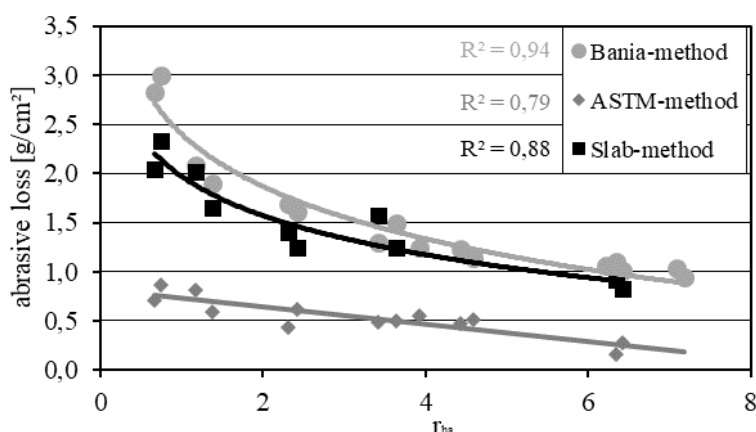


Bild 1: Zusammenhang zwischen r_{ha} und dem Hydroabrasionsverschleiß des Betons (Spörel 2019).

Literatur:

Omoding, N., Cunningham, L. S.: Lane-Serff, G. F.: Review of concrete Resistance to Abrasion by Waterborne Solids. *ACI Materials Journal* 117 (3), 2020, S. 41–52.

Spörel, F. (2018): Hydroabrasive exposure and concrete resistance against abrasion erosion. In: *ACI SP-326 Durability and Sustainability of Concrete Structures (DSCS 2018) – Proceedings 2nd International Workshop*, 75.1–75.10.

Spörel, F. (2019): Influence of Concrete Properties on the resistance against hydroabrasive impact. In: *Proceedings fib Symposium 2019*, S. 1979–1986.

Spörel, F.; Helbig, U.; Westendarp, A.; Stamm, J. (2015): Hydroabrasionsbeanspruchung von Verkehrswasserbauwerken. In: *Bautechnik* 92 (8), S. 538–548.

Stamm, J.; Helbig, U. (2016): Wissenschaftliche Bearbeitung der Einwirkseite hydroabrasiver Belastungen auf Wasserbauwerke – research report 2014/14, TU Dresden.

Uhrner, C. (2017): Einfluss von Sieblinien und Eigenschaften von Gesteinskörnung auf den Betonwiderstand gegenüber Hydroabrasion. Diplomarbeit, TU Dresden.

Ullrich, S. (2016): Bewertung von Performance-Prüfverfahren hinsichtlich deren Eignung zur Beurteilung wasserbaulicher Schädigungsmechanismen durch Hydroabrasion. Masterarbeit, Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft.