

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Conference Paper, Published Version

Sagmeister, Bernhard; Koban, Michael

Verschleissfeste Schutzschichten aus UHPC

Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit/Provided in Cooperation with:

Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/106328>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Sagmeister, Bernhard; Koban, Michael (2019): Verschleissfeste Schutzschichten aus UHPC. In: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik (Hg.): Komplexe Planungsaufgaben im Wasserbau und ihre Lösungen. Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen 62. Dresden: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik. S. 365-372.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



Verschleissfeste Schutzschichten aus UHPC

Bernhard Sagmeister
Michael Koban

UHPC zeichnet sich durch eine hohe Dichte und geringe Porigkeit des Zementsteines aus. Dadurch steigt nicht nur die Druckfestigkeit des Betons. Die Frost-Tausalz Beständigkeit wird drastisch erhöht und die Abriebfestigkeit deutlich verbessert. Der Widerstand gegen Karbonatisierung sowie gegen das Eindringen von Chloriden steigt.

Da UHPC mit Materialpreisen von 500 bis 2.000 € (je nach Fasergehalt) sehr teuer ist, bietet es sich an nur eine äußere, vorgesetzte Opferschicht aus diesem hochwertigen Material zu fertigen und im Inneren der Bauteile Standardbeton nach Norm zu verwenden.

Auf diese Art und Weise wird geschickt die derzeit noch erforderliche Zustimmung im Einzelfall für derartige Sonderbetone vermieden.

Im Betrag werden die Rezeptur und ihre Eigenschaften beschrieben. Die Ergebnisse der Prüfungen der Dauerhaftigkeit und der Abriebfestigkeit werden beschrieben.

Am Beispiel einer fertiggestellten Baumaßnahme (Wehranlage an der Röder in Zabeltitz bei Großenhain) werden die eingesetzten Fertigteile und Halbfertigteile vorgestellt und beschrieben. Die Erfahrungen im Rahmen der Planung, Ausschreibung und Bauausführung werden vorgestellt und bewertet

1 Einleitung

Ultra High Performance Concrete oder kurz UHPC zeichnet sich durch eine hohe Dichte und geringe Porigkeit des Zementsteines aus. Dadurch steigt nicht nur die Druckfestigkeit des Betons. Die Frost-Tausalz Beständigkeit wird drastisch erhöht und die Abriebfestigkeit deutlich verbessert. Der Widerstand gegen Karbonatisierung sowie gegen das Eindringen von Chloriden steigt. Da UHPC mit Materialpreisen von 500 bis 2.000 € (je nach Fasergehalt) sehr teuer ist, bietet es sich an nur eine äußere, vorgesetzte Opferschicht aus diesem hochwertigen Material zu fertigen und im Inneren der Bauteile Standardbeton nach Norm zu verwenden. Auf diese Art und Weise wird geschickt die derzeit noch erforderliche Zustimmung im Einzelfall für derartige Sonderbetone vermieden.

Der im Beitrag beschriebene Beton wird mit dem seit 10 Jahren bewährtem Bindemittel Nanodur Compound 5941 der Firma Dyckerhoff GmbH hergestellt. Bei diesem Bindemittel wird nicht Silikastaub, Metakaolin oder Flugasche eingesetzt, sondern es werden gesichtete und genau dosierte, feinstgemahlene Zementpartikel verwendet um die Sieblinie bis in den Nanobereich zu optimieren. In der Bindemittelvormischung sind alle feinen Bestandteile, so z.B. auch Quarzmehle enthalten, so dass das verarbeitende Fertigteilwerk nur ein freies Silo benötigt um die UHPC-Mischung herzustellen.

Durch die Vormischung der trocknen Bestandteile im Werk ist jeder handelsübliche Mischer, sogar ein Freifallmischer, zur Herstellung von UHPC geeignet.

2 Rezepturen und Eigenschaften

Die Nanodur-Standardrezeptur, ihre Zusammensetzung, Eigenschaften, Besonderheiten sowie Herstellung und Anwendung wird ausführlich in [1] vorgestellt. Die labormäßigen Untersuchungen bezüglich der Dauerhaftigkeit im Rahmen des Forschungsprojektes Olaf II [2] und der TU Kaiserslautern [3] fanden an folgenden Rezepturen der Tabelle 1 statt. In Tabelle 2 sind die Prüfergebnisse an Probekörpern (ohne Stahlfasern) bezüglich der Dauerhaftigkeit angegeben.

Tabelle 1 untersuchte Rezepturen

Inhaltsstoff	Einheit	Rezeptur mit Grauzement nach [2], Tabelle 4	Rezeptur mit Weißzement nach [3] Tabelle 4.6
Nanodur Compound 5941 grau oder weiß	kg/m ³	1050	1042
Quarzsand 0/2	kg/m ³	392	426
Basaltsplitt 2/5 oder 1/3	kg/m ³	845	882
Wasser	kg/m ³	152,5	160
PCE Fließmittel	kg/m ³	12,4	20,3
Schwindreduzierer	kg/m ³	-	8,0

Tabelle 2 Ergebnisse Dauerhaftigkeit

Inhaltsstoff	Rezeptur mit Grauzement nach [2], Tabelle 4	Rezeptur mit Weißzement nach [3] Tabelle 4.6
Carbonisierungstiefe nach 70 Tagen Lagerung bei 4 % CO ₂	0 mm	-
Carbonisierungstiefe nach 180 Tagen Lagerung bei 2 % CO ₂	-	1,85 mm
Migrationskoeffizient D _{cl} Chlorideindringwiderstand nach BAW Merkblatt	1,1 x 10 ⁻¹³ m ² /s	6,2 x 10 ⁻¹³ m ² /s
Frost-Tausalz-Widerstand CDF Verfahren mit 28 Wechsel	90 g/m ²	nicht untersucht
Frostwiderstand CIF Verfahren mit 56 Wechsel	Keine innere Schädigung, kein Abfall des dyn. E-Moduls	nicht untersucht

Die Carbonisierungstiefe ist extrem gering. Der Migrationskoeffizient ist mindestens um den Faktor acht kleiner als der als zulässig erachtete Grenzwert von 5,0 · 10⁻¹². Die Abwitterung beim CDF Test ist 16-mal kleiner als der als unkritisch betrachtete Grenzwert von 1.500 g/m². Der relative dynamische E-Modul an Probekörpern mit 56 Frost-Tau-Wechseln (CIF-Verfahren) zeigt keinen fallenden Wert, zulässig wäre dies bis auf 80%.

An einer leicht abweichenden Rezeptur gemäß Tabelle 3 wurden am Wilhelm-Dyckerhoff-Institut in Wiesbaden Abriebversuche nach DIN 51108, Prüfverfahren nach Böhme durchgeführt. Gemessen wurde der mittlere Volumenverlust nach einer 25-tägigen Vorlagerung in unterschiedlichen Medien an jeweils 3 Probekörpern.

Tabelle 3 Abriebfestigkeit

Inhaltsstoff	Einheit	Rezeptur Abriebversuche
Nanodur Compound 5941 grau	kg/m ³	1048
Quarzsand 0/2	kg/m ³	426
Basaltsplitt 2/5	kg/m ³	879
Wasser	kg/m ³	154,5
PCE Fließmittel	kg/m ³	13,9
Schwindreduzierer	kg/m ³	6,0
Volumenverlust nach Vorlagerung in Normklima 20°/65%	cm ³ /50cm ²	9,3
Volumenverlust nach Vorlagerung in Wasser	cm ³ /50cm ²	10,4
Volumenverlust nach Vorlagerung in Ethylalkohol	cm ³ /50cm ²	11,58

Der Grenzwert für die strengste Widerstandsklasse 4 gemäß EN 12748-2 ist ein Abrieb < 18 cm³/50cm². Durch Austausch des Naturgesteins „Basalt“ mit dem industriell hergestellten Zuschlag durigid (siehe auch [1]), kann der Volumenverlust nach Böhme auf Null gebracht werden. Diese Gesteinskörnung ist so hart, dass der Beton die metallene Böhme-Scheibe abschleift und zerstört.

3 Anwendung Wehranlage

In Zabeltitz befindet sich eine barocke Gartenanlage. Zur Wasserhaltung in den umfangreichen Teichanlagen gibt es ein komplexes System an Wehren, welche das Gewässer Röder aufstauen. Zabeltitz ist ein Ortsteil der sächsischen Stadt Großenhain an der Nordgrenze des Landkreises Meißen.

Das Kleine Gabelwehr Zabeltitz befindet sich südlich von Zabeltitz und bildet die Kreuzung des Elligastbaches mit der Großen Röder. Es besteht aus je einer Wehranlage am linken und rechten Ufer der Großen Röder sowie einem Dükerbauwerk über welches der Elligastbach unter dieser hindurch geführt wird.

Bei dem hier vorgestellten Bauvorhaben handelt es sich um die am linken Ufer der Großen Röder gelegenen Wehranlage. Diese befand sich auf Grund zurückliegender Hochwasserereignisse und insbesondere des Hochwassers von 2013 in

einem nicht mehr standsicheren und betriebsfähigen Zustand. Zudem bestanden erhebliche Defizite hinsichtlich der aktuellen technischen Anforderungen an Stauanlagen.

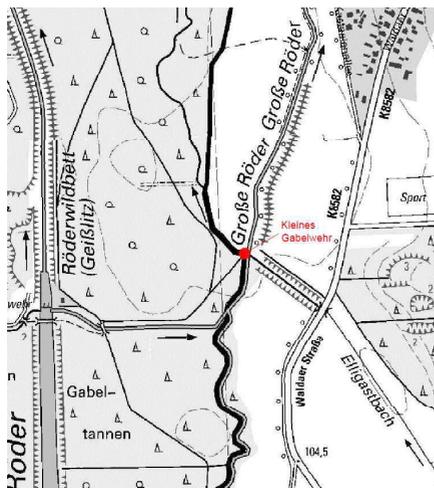


Abbildung 1: Übersicht Bauort



Abbildung 2: Kleines Gabelwehr Zabeltitz, Oktober 2014, Koban+Schuckert Ingenieurgesellschaft mbH

Das Planvorhaben sieht die Errichtung einer dreifeldrigen, unterströmten Holzschützenwehranlage mit massiver Tragkonstruktion aus Stahlbetonzwischenpfeilern und -widerlagern sowie einem mechanischem (handbetriebenem) Zahnstangenantrieb vor.



Abbildung 3: Kleines Gabelwehr Zabeltitz, aus Richtung Unterwasser, Dezember 2018, INROS LACKNER SE

Als Besonderheit wurden bei dem Bauvorhaben im Bereich der Wasserwechselzonen verschleissfeste Bauteile aus UHPC eingeplant.

Diese Bauteile wurden vorgesehen für:

- Schwellenbereiche Bodenplatte, Anschluss Schütztafeln Bodenplatte
- Wangen und Pfeiler im Ober- und Unterwasser



Abbildung 4: Kleines Gabelwehr Zabeltitz, Formteile, 2018, INROS LACKNER SE



Abbildung 5: Kleines Gabelwehr Zabeltitz, Formteile, 2018, INROS LACKNER SE

Im Rahmen der Baudurchführung wurde der folgende Ablauf geplant und umgesetzt:

- Planung und Lieferung von Fertigteilen aus UHPC (siehe Abbildung 5), Fertigteile mit rauher Oberfläche und Anschlussbewehrung für Ortbetonanschluss
- Einbau der Fertigteile in Schalung und Bewehrung der Ortbetonbauteile (siehe Abbildung 4+5)
- Verguss der Fertigteile im Rahmen des Ortbetoneinbaus

Wichtige Punkte bei der Baudurchführung waren dabei:

- sorgfältiger Transport + Lagerung der Fertigteile
- nivellierter Einbau der Fertigteile in Schalung + Bewehrung
- Sicherung während des Ortbetoneinbaus

Vorteile für das Bauwerk:

- Maßhaltige Bauteile für Einlaufbereiche, Minimierung des Schalaufwandes der Ort betonherstellung
- hohe Dauerhaftigkeit des Betonbauwerks im Bereich der üblicherweise kritischen Stellen (=Wasserwechselzonen, Ecken, Einlaufbereiche, Bereiche lokal hoher Fließgeschwindigkeit)
- keine zusätzlichen Schutz- oder Verschleißschichten wie z.B. Bleche o.ä. erforderlich
- Möglichkeit der Wartung + Instandhaltung (=hydraulische Bindemittel)

Ausblick:

- aktuell noch keine langjährige regionale Erfahrung bzgl. der erwarteten Vorteile
- regelmäßige Ortstermine und Dokumentationen sind seitens IL geplant

4 Literatur

- [1] Sagmeister B.: Maschinenteile aus zementgebundenem Beton. Beuth Verlag, Berlin 2017
- [2] Dyckerhoff GmbH: Betonuntersuchungen im Rahmen des OLAF-II Projektes. BMBF Förderkennzeichen 03X0066B, 2012
- [3] Müller S.: Zur Auslegung von innovativen Betonkollektorelementen für solarthermische Parabolrinnenkraftwerke. Schriftenreihe Bauingenieurwesen der Technischen Universität Kaiserslautern, Kaiserslautern, Heft 22, Dissertation, 2016

Autoren:

Dr.-Ing. Bernhard Sagmeister

Michael Koban

Durcrete GmbH
Am Renngraben 7
65549 Limburg an der Lahn

INROS LACKNER SE
Schweizer Str.3b
01069 Dresden

Mail: sagmeister@durcrete.de

Mail dresden@inros-lackner.de