

BAUTECHNIK

Abbildung 2: Blick vom steirischen Erzberg (Standort Portal Autobahntunnel des Zentrums am Berg) Richtung Eisenerz. Das abgebaute Gestein besteht zu einem großen Teil aus Eisenkarbonaten wie Siderit und Ankerit

Bessere Rezepte für nachhaltigen Spritzbeton

Bautechnik. Ein Bericht über vier Jahre Forschung für dauerhaften Spritzbeton von Florian Steindl, TU Graz; Marlene Sakoparnig, TU Graz; Lukas Briendl, TU Graz; Florian Mittermayr, TU Graz; Wolfgang Kusterle, OTH-Regensburg

Seit Juli 2016 untersuchen junge Forscher des Instituts für Materialprüfung und Baustofftechnologie der TU Graz, des Instituts für Geowissenschaften der TU Graz, des Arbeitsbereichs Materialtechnologie der Universität Innsbruck und des Betonlabors der OTH-Regensburg Möglichkeiten, Spritzbeton nachhaltiger und dauerhafter herstellen zu können. Das von der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft (FFG 856080) geförderte Forschungsprogramm „Entwicklung neuer dauerhafter und nachhaltiger Spritzbetone“ (Advanced and Sustainable Sprayed Concrete) der Österreichischen Bautechnikvereinigung (öbv) wird von Industriepartnern (Bernegger, G. Hinteregger, Jäger Bau, ÖSTU-Stettin, PORR, STRABAG, Swietelsky Tunnelbau, Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie mit seinen Zementherstellern, HERMES, Sika, OMYA, Newchem, ASFINAG, ÖBB Infrastruktur, Amt der Tiroler Landesregie-

rung, Verbund Hydro Power, Wasser Wien und Wiener Linien) unterstützt.

Aufgabenstellungen, Forschungsziele und -ansätze

Der Einsatz des Spritzbetons in der NÖT [1] erfordert eine robuste Technologie mit ausreichend Frühfestigkeiten bei hoher Auftragsleistung. Anforderungen an Dauerhaftigkeit, Nachhaltigkeit und geringen Erhaltungsaufwand verlangen technologische Weiterentwicklungen. Die Forschungsschritte beinhalten neue Ausgangsstoffe, verbesserte Mischungszusammensetzungen und vertiefte Kenntnisse zum Spritzvorgang. Der vorliegende Beitrag stellt einen Teil der aktuellen Forschungsergebnisse bezüglich des reduzierten Versinterungspotentials vor. Er baut auf der Vorstellung des Programms in der BAUTECHNIK 2019 [2] auf. Detailliertere Ergebnisse können den jährlichen Forschungsberichten, die auf der Homepage der öbv

veröffentlicht sind, entnommen werden. Die ökonomischen und ökologischen Anforderungen an Spritzbeton können mit recht ähnlichen Maßnahmen erfüllt werden: Die Rezepturen müssen chemisch beständige Bindemittel mit niedrigem Wasseranspruch enthalten. Den bisher üblichen Bindemittelkombinationen aus CEM I + AHWZ-Kombi Typ aus Hüttensand, Flugasche und Kalksteinmehl oder CEM I SRO werden Mischungen aus Klinker und mehreren gezielt abgestimmten Zusatzstoffen gegenübergestellt. [2].

Senkung des Versinterungspotenzials

Um das Versinterungspotenzial von Spritzbeton weiter senken zu können, wurde im vergangenen Forschungsjahr die Effektivität und Verwendbarkeit neuer puzzolanischer Zusatzstoffe untersucht. Hierzu wurde unter anderem der Zusatz von Eisenkarbonaten wie Siderit (FeCO_3) und Ankerit ($\text{CaFe}[\text{CO}_3]_2$) zu Nass- und Trockenspritzbe-

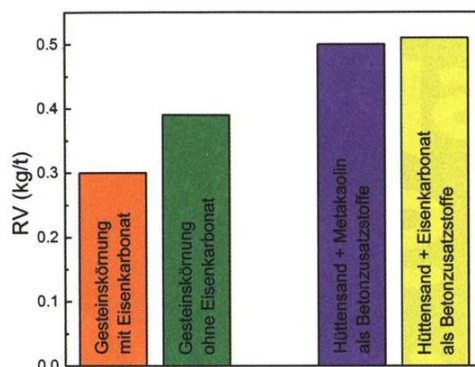
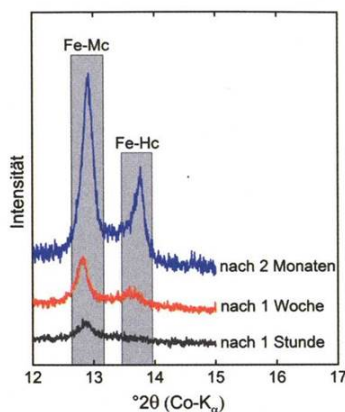


Abbildung 1

Links: Röntgenographischer Nachweis der Neubildung von Eisenhaltigen Hydratphasen (Calciummonocarbonat = Fe-Mc, Calciumhemiacarbonat = Fe-Hc) durch die allmähliche Reaktion von Siderit in einer Portlandit-suspension über den Zeitraum von 2 Monaten. Rechts: Vergleich von RV-Werten von Nassspritzbetonen (67% CEM I und 33% AHWZ) mit unterschiedlichen Gesteinskörnungen (links) und Trockenspritzbetonen (SpB und 28% HÜS, 3% Metakaolin oder Siderit) mit unterschiedlichen Zusatzstoffen (rechts). Die Mischungen des Nass- und Trockenspritzverfahrens sind nicht direkt vergleichbar.

tonen erprobt und dessen Einfluss auf den RV-Wert nach dem öbv-Merkblatt „Festlegung des reduzierten Versinterungspotentials“ [3] charakterisiert. Um die versinterungsreduzierende Wirkung zu erklären, wurde eine Reaktion der Eisenkarbonate im alkalischen Milieu des Spritzbetons in Betracht gezogen. Um diese Reaktion besser zu verstehen, wurden als Laborversuch Portlanditsuspensionen mit aufgemahlten Eisenkarbonaten versetzt, um die Reaktion und mögliche Produkte zu untersuchen. Tatsächlich konnte so die Bildung von Calciumcarbonatferraten (analog zu in hydratisiertem Portlandzement üblichen Calciumcarbonataluminaten) [4] gezeigt werden (siehe Abbildung 1). Durch die Bildung dieser eisen- und karbonathaltigen Hydratphase wird leicht lösliches Calcium in der Form von Portlandit gebunden und in eine weniger lösliche Phase überführt, d.h. effektiv wirken Eisenkarbonate wie Siderit oder Ankerit wie ein natürliches Puzzolan. Die Verwendbarkeit von eisenkarbonathaltigen Materialien wurde bereits in drei Spritzversuchen sowohl an Nass- als auch Trockenspritzbeton getestet. Dabei zeigten sich hinsichtlich Verarbeitbarkeit und Festigkeit keine negativen Auswirkungen im Vergleich zu bisher üblichen puzzolanischen Zusatzstoffen. Das Material wur-

de einerseits direkt als Gesteinskörnung (Ausbruchsmaterial des steirischen Erzbergs, Abbildung 2) verwendet. Andererseits wurde auch unterschiedlich fein aufgemahltes Material mit höheren Eisenkarbonatgehalten direkt als Betonzusatzstoff oder weiterer Zementhauptbestandteil eingesetzt. Insgesamt wurden so unterschiedlichste Betonrezepturen mit Eisenkarbonat-Gehalten zwischen 3 kg/m^3 (Feinststoffe) und 700 kg/m^3 (Gesteinskörnung) eingesetzt. Es kann ein deutlich verringertes Versinterungspotential im Vergleich zu Referenz-Spritzbetonen bzw. eine mit konventionellen Puzzolanen vergleichbare Wirkung gezeigt werden (Abbildung 1). Auch die Erprobung hochreiner bzw. im Labor synthetisierter Eisenkarbonate wird derzeit durchgeführt.

Für die Verwendung von Eisenkarbonaten als Betonzusatzstoff, als Bestandteil von AHWZ, als Zementhaupt- oder Nebenbestandteil oder sogar als Zusatzmittel würden mehrere Vorteile sprechen: Das Material muss im Gegensatz zu anderen, künstlichen Puzzolanen nicht thermisch vorbehandelt werden, was Energie und CO_2 einspart. Darüber hinaus sind Eisenkarbonate unterschiedlicher Reinheit dank natürlicher Vorkommen wie im steirischen Erzberg (Abbildung 2) regional in

großen Mengen verfügbar und verhalten sich bezüglich Verarbeitung und Handhabung ähnlich wie andere gängige Beton- oder Zement-Ausgangsstoffe. Durch die Verarbeitung als Gesteinskörnung kann darüber hinaus unter Umständen Material (wieder)verwertet werden, das nur verhältnismäßig geringe Eisengehalte aufweist und dementsprechend als Erz ohnehin nur schlecht verwendbar wäre.

Zusammenfassung und Ausblick

Um die geplanten Lebenszeiten von modernen Spritzbetonen zu erreichen und die Instandhaltungskosten so niedrig wie möglich halten zu können, müssen die Rezepturen besser an die teilweise vorherrschenden aggressiven Umweltbedingungen angepasst werden, um die Schäden durch chemische Angriffe und die Versinterung der Drainageleitungen zu verringern. Das FFG Forschungsprogramm ASSpC sucht in systematischen Untersuchungen Lösungen für einen dauerhaften und nachhaltigen Spritzbeton zu finden, was einer Anzahl junger Forscher die Möglichkeit gibt, vertiefte Kompetenzen für zukünftige Verbesserungen an Spritzbeton und Beton aufzubauen. Während neu entwickelte Mischungen die gestellten Anforderungen immer besser erfüllen, ergeben sich bereits weitere Forschungsfelder über die Verwendung neuer Betonzusatzstoffe und die Optimierung des Spritz- und Pumpvorganges selbst. ◇



Die Endergebnisse finden Sie auf der Website www.bautechnik.pro unter: Arbeitskreise & Forschung

Referenzen

- [1] Kusterle, W., Galan, I., Mittermayr, F., Saxer, A.: ASSpC – ein Forschungsprogramm für den Spritzbeton von Morgen. Bautechnik 2019, öbv, Wien.
- [2] Kusterle, W., Jäger, J., John, M., Neumann, Ch., Röck, R.: Spritzbeton im Tunnelbau. In: Bergmeister, K.; Fingerloos, F., Wörner, J-D.: Unterirdisches Bauen, Grundbau, Eurocode 7. BetonKalender 2014, 103. Jahrgang, Ernst & Sohn, Berlin, 2014.
- [3] Österreichische Bautechnik Vereinigung: Festlegung des Reduzierten Versinterungspotentials. Merkblatt. Wien (07.2012).
- [4] Dilnesa, B.Z., Lothenbach, B., Le Saout, G., Renaudin, G., Mesbah, A., Filinchuk, Y., Wichser, A., Wieland, E. (2011). Iron in carbonate containing AFm phases. Cement and Concrete Research 41, 3, 311–323.