

## Methoden zur Beurteilung der Sulfatbeständigkeit von Beton

DI Florian Petscharnig

Technisches Büro für Verfahrenstechnik  
Allgemein beeideter und gerichtlich zertifizierter Sachverständiger für Baustoffe,  
Betontechnologie, Mauer- und Putzmörteltechnologie, Pflasterarbeiten  
St. Walburgen 34, 9371 Brückl

	Wasserbedarf [%]	EB [min]	EE [min]	1 Tag BZ/D [N/mm <sup>2</sup> ]	2 Tage BZ/D [N/mm <sup>2</sup> ]	14 Tage BZ/D [N/mm <sup>2</sup> ]	28 Tage BZ/D [N/mm <sup>2</sup> ]
Tauern-Zement	28,1	120	145	4,5/19,7	6,0/30,6	7,5/48,8	9,0/61,3
Dolomiten-Zement	26,0	150	175	4,8/20,9	5,8/31,3	7,5/55,0	8,7/62,9
Slagstar	30,2	210	335	2,0/7,6	3,3/14,8	6,1/39,6	7,6/48,3

Tabelle 1: Eigenschaften der Bindemittel, ermittelt an Normenmörtel

	Wasserbedarf [%]	Ausbreitmaß [cm]	Frischbetonrohddichte [kg/m <sup>3</sup> ]	Luftgehalt [%]	1 Tag BZ / D [N/mm <sup>2</sup> ]	28 Tage BZ / D [N/mm <sup>2</sup> ]	Rohddichte 28 Tage [kg/m <sup>3</sup> ]
AGB TZ	10,3	16,0	2.260	7,4	2,8/10,7	7,2/45,7	2.273
AGB DZ	10,3	15,8	2.282	7,2	2,9/11,4	9,1/52,5	2.324
AGB SS	10,3	16,3	2.310	4,2	0,8/2,2	6,9/48,4	2.316
TM TZ	15,5	16,9	2.156	6,5	2,7/10,3	7,9/44,5	2.134
TM DZ	15,5	17,3	2.129	7,8	3,1/11,9	7,6/44,7	2.147
TM SS	15,5	18,3	2.100	7,4	4,4/4,4	6,4/44,7	2.089
SM TZ	15,4	17,6	2.126	8,1	3,8/15,7	8,7/54,8	2.145
SM DZ	15,4	17,5	2.150	7,9	4,3/18,5	8,7/56,7	2.156
SM SS	15,4	17,4	2.142	5,2	1,1/4,5	6,8/58,4	2.168

Tabelle 2: Eigenschaften der untersuchten Instandsetzungsmörtel mit den drei Bindemitteltypen

### 1 Allgemeines

Chemische Angriffe auf Beton sind Langzeitreaktionen, deren Wirkungen in Prüfungen, vor allem Kurzzeitprüfungen, nur sehr schwer nachvollzogen werden können. Sowohl für den lösenden Angriff durch Säuren als auch für den treibenden Angriff für Sulfate werden in der Literatur und in diversen Regelwerken Prüfmethode beschrieben, deren Ergebnisse jedoch nicht vergleichbar – und für die vor allem auch nicht immer Grenzwerte bekannt – sind. Beim Sulfatangriff reagieren die Sulfationen mit den reaktionsfähigen Klinkermineralien

Trikalziumaluminat (C<sub>3</sub>A) und es entsteht Ettringit (3 CaO · Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> · 3 CaSO<sub>4</sub> · 32 H<sub>2</sub>O). Diese voluminöse Kristallform führt zur bekannten Treiberscheinung bei Beton, der Sulfatangriffen ausgesetzt ist.

Aufgrund dieser Voraussetzungen werden daher für Betonsorten, die chemischen Angriffen ausgesetzt sind, Rezepturen vorgeschrieben, von denen man weiß, dass sie beständig sind, also für Sulfatangriffe die Verwendung C<sub>3</sub>A-freier oder C<sub>3</sub>A-armer Bindemittel und entsprechend niedrige W/B-Werte für eine ausreichende Dichtigkeit und Dauerhaftigkeit.

### 2 Versuchsbeschreibung

Im vorliegenden Beitrag sollen nun zwei bekannte Methoden zur Beurteilung der Sulfatbeständigkeit vergleichend dargestellt werden.

Einerseits wird das in der ÖVBB-Richtlinie Spritzbeton, Ausgabe Juli 2004, beschriebene Verfahren der Messung von Längenänderungen bei Lagerung in Sulfatlösungen angewendet, andererseits das in der alten Richtlinie Spritzbeton vom Oktober 1998 angeführte Alternativverfahren von Huber H. und Lukas W., also die Sulfataufnahme bei der Lagerung der Proben in denselben Sulfatlösungen.

Um die Unterschiede des für Leimproben entwickelten Verfahrens auch bei Mörtelproben und Beton deutlich zu erkennen, werden vorerst drei Bindemittel in drei Rezepturvarianten von Instandsetzungsmörtel angewendet.

Die Übertragung der Erkenntnisse auf Betonproben sollte in weiterer Folge ebenfalls dargestellt werden.

Zur Beurteilung der Sulfatbeständigkeit wurden Prismen einerseits aus Normenmörtel mit den drei Bindemitteltypen Tauern-Zement (CEM II/A-M[S-L] 42,5 N), Dolomiten-Zement (CEM I 42,5 R C<sub>3</sub>A-frei) und Slagstar 42,5 N C<sub>3</sub>A-frei, andererseits Rezepturen für Instandsetzungsmörtel mit Größtkorn 2, 4 und 8 mm (Duriment SM Spritzmörtel, Duriment TB Tiefbaumörtel und Duriment AB Ausgleichsbeton) aus wiederum den 3 Bindemitteltypen hergestellt. (vgl. Tabelle 1–3)

Diese Mischungen und auch die Beurteilung der Frisch- und Festmörtelraten erfolgten im Labor der Wietersdorfer und Peggauer Zementwerke im Werk Wietersdorf.

In der Tabelle 1 werden die Ergebnisse der Mörtelprüfung für die drei Bindemittelarten dargestellt, Tabelle 2 zeigt die Frisch- und Festmörtelraten der untersuchten Instandsetzungsprodukte mit den jeweils drei Bindemitteltypen.

Nach 28 Tagen wurden alle Proben in zwei Sulfatlösungen, nämlich eine gesättigte Gips- und eine 5%ige  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ -Lösung, eingelagert und nach 3 Monaten einerseits die Dehnung, andererseits die Sulfataufnahme bestimmt.

Sowohl die Lagerung in den sulfathaltigen Lösungen als auch die Bestimmung der Dehnung und die chemische Beurteilung der Sulfataufnahme erfolgten im Labor der Höheren Technischen Bundeslehranstalt in Villach unter der Leitung von Dr. Christof Graimann.

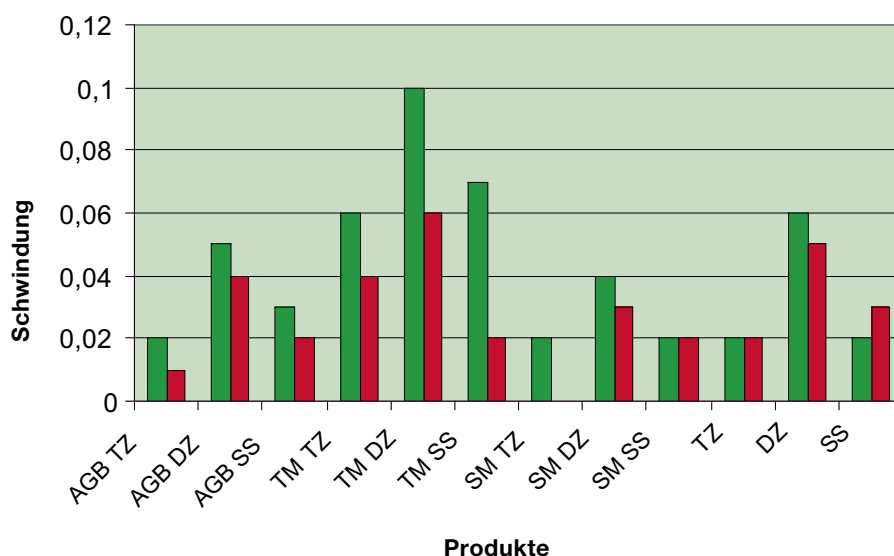


Bild 1: Längenänderung bei Lagerung in Natriumsulfat (grün) und Calciumsulfat (rot)  
 Grafik: © DI Florian Petscharnig

Tabelle 3: Ergebnisse der Längenänderung und Sulfataufnahme bei der 3-monatigen Lagerung in Natriumsulfat bzw. Gipslösung

	Dehnung $\text{Na}_2\text{SO}_4$ [mm/m]	Dehnung $\text{CaSO}_4$ [mm/m]	$\text{SO}_3$ -Aufnahme $\text{Na}_2\text{SO}_4$ [%]	$\text{SO}_3$ -Aufnahme $\text{CaSO}_4$ [%]
<b>AGB TZ</b>	0,02	0,01	0,92	0,02
<b>AGB DZ</b>	0,05	0,04	n. b.	n. b.
<b>AGB SS</b>	0,03	0,02	0,37	0,24
<b>TM TZ</b>	0,06	0,04	0,43	0,03
<b>TM DZ</b>	0,1	0,06	0,28	0,66
<b>TM SS</b>	0,07	0,02	0,40	0,07
<b>SM TZ</b>	0,02	0,0	0,23	n. b.
<b>SM DZ</b>	0,04	0,03	0,15	0,29
<b>SM SS</b>	0,02	0,02	0,29	0,09
<b>Tauern-Zement</b>	0,02	0,02	1,79	1,84
<b>Dolomiten-Zement</b>	0,06	0,05	1,25	2,47
<b>Slagstar</b>	0,02	0,03	3,10	2,82

Die Messung der Dehnung wurde an Prismen  $4 \times 4 \times 16$  cm nach Graf-Kaufmann durchgeführt, wobei die Messzapfen aufklebt waren.

Für die Bestimmung der Sulfataufnahme wurden bei den eingelagerten Prismen die Oberflächen an einer Stirnseite durch Anschleifen von anhaftenden Sulfatmengen befreit und dann Scheiben von 2 mm zur Ermittlung des mittleren Sulfatgehaltes in dieser Schicht geschnitten. Diese Scheiben wurden mittels Scheibenschwingmühle zerkleinert und die jeweils erhaltenen Pulverproben für die chemische Analyse verwendet.

Die Ergebnisse der chemischen Analysen und Dehnungen sind in der Tabelle 3 bzw. zur besseren Interpretation in den Bildern 1 und 2 dargestellt.

**3 Ergebnisse bei der Dehnungsmessung nach 3 Monaten Lagerung**

Sowohl bei den reinen Bindemitteln, beurteilt im Normenmörtel, als auch bei den untersuchten Instandsetzungsprodukten mit den jeweils drei Bindemitteltypen ist eine Abhängigkeit der Längenänderung von der verwendeten Bindemitteltype zu erkennen, wobei die Änderungen in Natriumsulfat deutlicher ist. Bei der Interpretation der Ergebnisse ist darauf zu achten, dass die Schwindung der Mörtel gemessen wurde, die durch die Treibwirkung kompensiert wird. Eine erhöhte Sulfatbeständigkeit wird also von den Probekörpern erwartet, die eine höhere Schwindung aufweisen.

Die nach 3 Monaten Einlagerung gemessenen Werte lassen noch keine eindeutige Interpretation der Sulfatbeständigkeit in Abhängigkeit vom Bindemittel zu. Zur Festsetzung eines Grenzwertes für die Sulfatbeständigkeit ist die Einlagerung für 3 Monate ebenfalls zu kurz.

**4 Ergebnisse bei der Sulfataufnahme nach 3 Monaten Lagerung**

Auch in dieser Testserie sind bei der Lagerung in Natriumsulfat die Ergebnisse deutlicher erkennbar. Wie erwartet zeigen die bindemittelreicheren Normenmörtelmischungen höhere Sulfataufnahmen als die Mörtelproben. Der sulfatbeständige Dolomiten-Zement zeigt in allen Ergebnissen die geringste Sulfataufnahme, wobei allerdings auch aus diesen Versuchen nach 3 Monaten kein Grenzwert abgeleitet werden kann.

**5 Ausblick**

Da die durchgeführten Versuche nach 3 Monaten Lagerung in Sulfatlösungen noch keine eindeutigen Aussagen über die Untersuchungsmethode oder die Grenzwerte der Prüfungen zulassen, werden die Lagerungen in der Natriumsulfatlösung weitergeführt und nach 6, 9 und 12 Monaten weitere Prüfungen der Längenänderung und Sulfataufnahme vorgenommen.

Nach Vorliegen aller Versuchsergebnisse sollen diese ausgewertet und daraus Grenzwerte für die Beurteilung von Betonproben festgelegt werden.

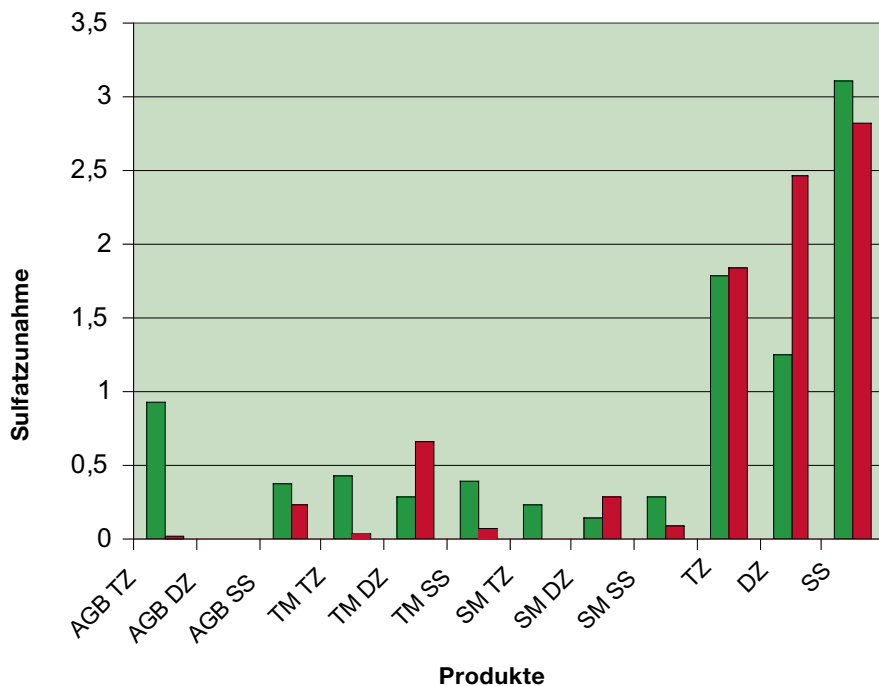


Bild 2: Sulfataufnahme bei Lagerung in Natriumsulfat (grün) und Calciumsulfat (rot) Grafik: © DI Florian Petscharnig