

2. Stellungnahme des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton DAfStb zum „Sulfatangriff auf Beton“

Bereits im Jahr 2003 hatte der DAfStb eine Stellungnahme zum Sulfatangriff auf Beton herausgegeben, um der in dieser Zeit entstandenen Verunsicherung durch zwei in Deutschland auf Sulfatangriff zurückgeführte Schäden bei Betonbauwerken, Thaumasischäden in England sowie Laborprüfgergebnissen zu begegnen. In dieser wurde festgestellt, dass die aufgetretenen Schäden nur an Betonen aufgetreten waren, die nicht entsprechend der Vorgaben der DIN 1045-2 für einen Sulfatangriff ausgelegt waren. Des Weiteren wurde festgestellt, dass bei Einhaltung der Normfestlegungen für Beton keine Schäden in der Praxis festgestellt worden waren und Sulfatschäden aufgrund der jahrzehntelangen Erfahrung mit diesen Normfestlegungen nicht zu erwarten sind. Es wurde auch festgestellt, dass Zemente mit Kalksteinmehl als weiterem Hauptbestandteil, dessen Anteil erheblich über 5 % liegt oder Kalksteinmehlzusätze zum Beton die Thaumasisbildung im Laborprüfverfahren bei niedrigen Temperaturen und erhöhten Sulfatlösungskonzentrationen begünstigen und dass einige Zement-Flugaschekombinationen unter diesen Prüfbedingungen das für 20 °C abgeleitete Prüfkriterium nicht erfüllten. Daher erhielt die vom DAfStb eingesetzte Expertengruppe den Auftrag, zu untersuchen, wie mit einem Laborprüfverfahren insbesondere bei niedrigen Temperaturen Zemente und Zement-Zusatzstoffkombinationen hinsichtlich des im Beton erzielbaren Sulfatwiderstands praxisrelevant eingestuft werden können. Des Weiteren sollten die Voraussetzungen für eine Thaumasisbildung sowie der Einfluss von Thaumasis auf den Schadensverlauf untersucht werden. Für den kombinierten Säure-/Sulfatangriff bei pyrihaltigen Böden wurde darüber hinaus entsprechender Präzisierungsbedarf in DIN 4030-1 festgestellt und wegen des

kombinierten Säure-/Sulfatangriffs die Einschaltung eines Gutachters vorgeschrieben.

Die aktuell veröffentlichte 2. Stellungnahme des DAfStb enthält Aussagen über Regelungen für pyrihaltige Böden, den Kenntnisstand zum Sulfatwiderstand von Betonen sowie die im Rahmen des seit 2006 laufenden Verbundforschungsvorhabens „vertiefte Untersuchungen zum Sulfatwiderstand von Beton“ gewonnenen Erkenntnisse mit Ableitung des daraus sich ergebenden Handlungsbedarfs für normative Regelungen in den Betonnormen.

Dem in 2003 aufgezeigten Präzisierungsbedarf der Regelungen für pyrihaltige Böden wurde über die Einführung sogenannter Pyritkarten in DIN 4030-1: 2008-06 Rechnung getragen. Dort sind Standorte eingetragen, an denen mit Pyrit zu rechnen ist und festgelegt, dass für die Beurteilung des Angriffspotenzials entsprechende Bodenanalysen durchzuführen sind.

Hinsichtlich des Kenntnis- und Erfahrungsstandes zum Sulfatangriff im In- und Ausland wird auf das bereits 2006 erschienene Heft 554 des DAfStb verwiesen.

Im Rahmen des oben genannten Verbundforschungsvorhabens, an dem die Universitäten Weimar und München sowie das Forschungsinstitut der Zementindustrie (FIZ) beteiligt waren, wurden folgende Fragestellungen untersucht:

- Richtige Einstufung des erzielbaren Sulfatwiderstands von Zement bzw. Zement und Zusatzstoffen in Betonen in Laboruntersuchungen insbesondere bei niedrigen Temperaturen,

- Notwendige Voraussetzungen für eine Thaumasisbildung und deren Einfluss auf den Schadensverlauf,
- In ergänzenden Untersuchungen wurde an verschiedenen Zement- und Flugaschekombinationen der Einfluss der Magnesiumkonzentration auf den Schädigungsgrad, der Wirksamkeit einer Erhöhung des Flugaschegehaltes von 20 M.-% auf 30 M.-% sowie der Einfluss der Alkalität auf die oberflächliche Thaumasisbildung untersucht.

Die Forschungsergebnisse liegen nun vor und werden in einem Heft des DAfStb veröffentlicht werden.

Die wichtigsten Aussagen zur Bewertung des Sulfatwiderstands von Betonen und der Aussagefähigkeit von Laborprüfverfahren, die sich auch in der 2. Stellungnahme wiederfinden, sind hier kurz zusammengefasst wiedergegeben:

- Seit der Veröffentlichung der Stellungnahme in 2003 wurden auch weiterhin keine Sulfatschäden an Bauteilen mit normkonform zusammengesetzten Betonen festgestellt.
- Zusätzliche Sicherheit für die praktische Anwendung wird unter anderem auch daraus abgeleitet, dass die Einwirkung sulfathaltiger Wässer auf Betonbauteile in der Regel erst zu einem späteren Zeitpunkt als in der Laborprüfung erfolgt. Der Sulfatwiderstand des Betons hängt dann nicht nur vom verwendeten Zement (HS) bzw. Zement und Zusatzstoff (z.B. Anwendung der Flugascheregelung) ab, sondern wird noch erhöht durch den physikalischen Widerstand durch Porenverdichtung infolge der Zementhydratation sowie der Reaktion von Hüttsand im Zement oder der Flugasche.

► 2. STELLUNGNAHME DES DEUTSCHEN AUSSCHUSSES FÜR STAHLBETON DAFSTB ZUM „SULFATANGRIFF AUF BETON“

- Im Laborprüfverfahren (SVA oder Wittekindverfahren) werden sogenannte Flachprismen mit den Abmessungen $160 \times 40 \times 10 \text{ mm}^3$ hergestellt und bereits 14 Tage nach Herstellung einer hochkonzentrierten Sulfatlösung (30.000 mg/l) ausgesetzt. In diesem Alter kommt der physikalische Effekt durch Porenverdichtung noch nicht zum Tragen, sondern der Sulfatwiderstand der Probekörper ist zunächst abhängig von der Verwendung eines HS-Zementes bzw. dem Anteil der Flugasche, d.h. dem C_3A -Gehalt des Zements sowie dem Verdünnungseffekt bei gemeinsamer Verwendung von Zement und Flugasche. Im direkten Vergleich mit Betonen zeigte sich, dass Kombinationen, bei denen die Flachprismen teilweise sogar völlig zerstört waren, die Betone nur oberflächlich bis in wenige Millimeter Tiefe geschädigt waren. Dies entspricht auch dem Angriffsgrad bei geringen Fließgeschwindigkeiten (annähernd hydrostatische Bedingungen), bei denen der Angriff in der Regel in einer Bauteiltiefe von wenigen Millimetern zum Stillstand kommt.
- Weitere Sicherheit für die Anwendung ergibt sich daraus, dass auch bei Bauteilen, die in sofortigem Kontakt mit sulfathaltigen Wässern stehen, z.B. Bohrpfähle und Schlitzwände und für die normgerecht zusammengesetzte Betone verwendet wurden, bisher keine Schäden aufgetreten sind.
- In den ergänzenden Untersuchungen zum Einfluss der Magnesiumkonzentration auf den Sulfatwiderstand von Kombinationen aus CEM II/A-LL bzw. CEM I und Flugasche sowie CEM I-HS-Zementen bei dauerhaft niedrigen Temperaturen zeigte sich, dass schon geringe Magnesiumkonzentrationen

von $< 300 \text{ mg/l}$ den Schädigungsverlauf bei Labor- und Auslagerungsversuchen beschleunigen. Dies trat sowohl bei den untersuchten CEM I- als auch CEM II/A-LL-Zementen in Kombination mit Flugasche auf, nicht aber bei den HS-Zementen. Der Verlauf war bei Erhöhung des Flugascheanteils von 20 M.-% auf 30 M.-% günstiger. Bei der Lagerung der Probekörper bei 20°C traten keine Schädigungen an den geprüften Kombinationen auf, ebenso nicht, wenn die Vorlagerungsdauer erhöht wurde.

Aus diesen Feststellungen leitete der DAFStb in seiner Stellungnahme den nachfolgend beschriebenen Handlungsbedarf für die Umsetzung in den Betonnormen ab:

- Es besteht auch weiterhin kein kurzfristiger Handlungsbedarf für Änderungen der Regelungen in DIN 1045-2 für das Einwirken sulfathaltiger Wässer und Böden (XA) und den dort festgelegten betontechnologischen Maßnahmen, wie w/z-Werte, Zementfestlegungen oder der Anwendungsregeln für Flugasche bis zu einer Sulfatkonzentration von 1.500 mg/l .
- In den Laboruntersuchungen zum Einfluss der Magnesiumkonzentration auf den Sulfatwiderstand wurde bei Anwendung der Flugascheregelung, d.h. bei Verwendung von 20 % Flugasche im Beton bezogen auf den Anteil Zement plus Flugasche (z+f) festgestellt, dass bereits geringe Magnesiumkonzentrationen ($< 300 \text{ mg/l}$) zu einer Beschleunigung des Angriffs insbesondere bei niedrigen Temperaturen führen. Diese Kombination aus Sulfatangriff, niedrigen Mg-Konzentrationen sowie niedrige Umgebungstemperatu-

ren wird im derzeitigen Klassifizierungssystem „XA“ nicht erfasst. Jedoch sind in der Praxis bisher keine Schäden durch diesen kombinierten Angriff bekannt.

Da sich in allen Labor- und Auslagerungsuntersuchungen im Rahmen des Verbundforschungsvorhabens gezeigt hat, dass bei Anwendung der Flugascheregelung eine Erhöhung des Flugascheanteils von 20 M.-% auf 30 M.-% den Sulfatwiderstand nachweislich verbessert, empfiehlt der DAFStb vorsorglich, unabhängig davon, ob geringe Mengen Magnesium vorhanden sind oder nicht, den Flugascheanteil im Beton bei Verwendung von CEM I oder CEM II-Zementen von 20 M.-% auf 30 M.-% (bezogen auf z+f) zu erhöhen. Dies gilt für CEM I, CEM II/A-S, CEM II/B-S, CEM II/A-V, CEM II/A-LL, CEM II/A-M mit den Hauptbestandteilen S, V, T, LL und CEM II/B-M (S-T). Der Vorteil in dieser Neuregelung wird darin gesehen, dass sie einfach zu handhaben ist und auf zusätzliche Festlegungen für neue Einwirkungsklassen mit derzeit unbekanntem Grenzwerten für die Einwirkung niedriger Magnesiumgehalte verzichtet werden kann.

- Für CEM II/A-T, CEM II/B-T und CEM III/A bleibt die bisherige Regelung bestehen, d.h. eine Zugabemenge von mindestens 10 M.-% Flugasche bezogen auf (z+f) im Beton.

Es wird abschließend in der Stellungnahme darauf hingewiesen, dass diese Neuregelung in die Neuausgabe der DIN 1045-2 aufgenommen wird.

Das Papier kann unter folgendem Link auf der Homepage des DAFStb heruntergeladen werden: http://www.dafstb.de/application/2_Stellungnahme_Sulfatangriff_auf_Beton_Anlage_A.pdf

[\[zurück ...\]](#)