

Grundlagen für die Lebensdauerbemessung für Beton unter Sulfatangriff

Wissenschaftlicher Kurzbericht Nr. 16 (2010)

Mag. rer. nat. W. Müllauer, Dr. R. E. Beddoe, Prof. Dr.-Ing. D. Heinz

Arbeitsgruppe 1, Bindemittel und Zusatzstoffe

Förderer: DFG, Deutsche Forschungsgemeinschaft HE 3217/10-1

1 Einleitung

Unter Sulfatangriff versteht man eine Reihe von chemischen Reaktionen zwischen Sulfationen und den Komponenten des erhärteten Betons, vor allem des Bindemittels, die bei der Einwirkung von Feuchtigkeit und Sulfat auf Betonbauteile ablaufen und die zu Expansionen des Betongefüges, Rissbildung und schließlich zur Gefügestörung führen, siehe z.B. [1]. Zur Prüfung des Sulfatwiderstands gibt es eine Reihe, nicht genormter, Prüfverfahren. Allen Prüfverfahren (Wittekindt, Koch-Steinegger, SVA, CEN, ASTM C1012) ist gleich, dass die gewählten Sulfatkonzentrationen deutlich höher sind (16 - 34 g SO_4^{2-} /l) als sie in der Praxis vorkommen. In Deutschland existiert daher bis heute kein genormtes Prüfverfahren. Die gegenwärtigen Prüfverfahren weisen einige Nachteile auf und liefern nur unzureichende Hinweise auf das Praxisverhalten von Betonen [2]. Um neue aussagekräftige Prüfverfahren zu erarbeiten ist es daher notwendig, die Phasen- und Gefügeentwicklung von Beton in Abhängigkeit von der Temperatur, der Bindemittelzusammensetzung und der Sulfatkonzentration zu untersuchen und die Auswirkung auf die Schädigung zu bestimmen.

2 Zielsetzung

Ziel des vorgestellten Forschungsvorhabens ist es, die Mechanismen des Sulfatangriffs auf Beton mit unterschiedlicher Bindemittelzusammensetzung (CEM I ohne und mit Steinkohlenflugasche), über die Spannbreite zwischen Labor- und Praxisbedingungen zu klären und einen Zusammenhang zwischen der Entwicklung von Phasen und dem Porengefüge im Beton und den mechanischen Eigenschaften bzw. Schadensbildern zu schaffen. Damit soll eine wissenschaftliche Grundlage für eine künftige Lebensdauerbemessung von Betonbauteilen unter Sulfatangriff entwickelt werden.

3 Vorgehen

In ersten Untersuchungen wurden die Reaktionen des Bindemittels (CEM I mit hohem C_3A Gehalt mit und ohne Flugasche und Zement mit hohem Sulfatwiderstand) mit Sulfationen in Abhängigkeit von der Sulfatkonzentration und der Bindemittelzusammensetzung untersucht. Zementsteinzylinder mit 25 M.-% Flugasche ($k = 0,4$) und Zementsteinzylinder ohne Flugasche mit einem w/b Wert von 0,6 wurden im Alter von 90 bzw. 28 Tagen ausgeschalt und in Sulfatlösungen mit einer Konzentration von 0 bis 30 g/l SO_4^{2-} bei einem Lösung/Oberfläche-Verhältnis von 255 l/m² und einer Temperatur von 20°C gelagert, wobei die Lösungen während der Lagerung nicht aufgestockt wurden. Nach 0, 14, 28, 56, 90 und 180 Tagen wurden Schichten von je 1 mm auf einer Drehbank abgetrennt und die Feststoffe mittels Röntgenbeugung quantitativ mit der Rietveld-Methode analysiert. Die Proben wurden < 32 μm zerkleinert und mit 20 M.-% ZnO als internem Standard gemischt.

Zusätzlich wurden Zementsteinzylinder mit 25 M.-% FA und ohne Flugasche nach 28 bzw. 90 Tagen Hydratation < 63 μm gemahlen und in Sulfatlösungen unterschiedlicher Konzentration gelagert. Nach Lagerungszeiten bis zu 14 d wurde der Feststoff abfiltriert und das Pulver wurde mittels Röntgenbeugung in gleicher Weise wie bei den Zylindern analysiert.

4 Ergebnisse und Diskussion

Generell kommt es bei höheren Sulfatkonzentrationen (30 g/l) zu einer schnelleren Ettringitbildung auch in tieferen Bereichen der Zylinder als bei niedrigeren Konzentrationen (1,5 g/l), vgl. Abb. 1. Monocarbonat und Portlandit nehmen proportional dazu ab.

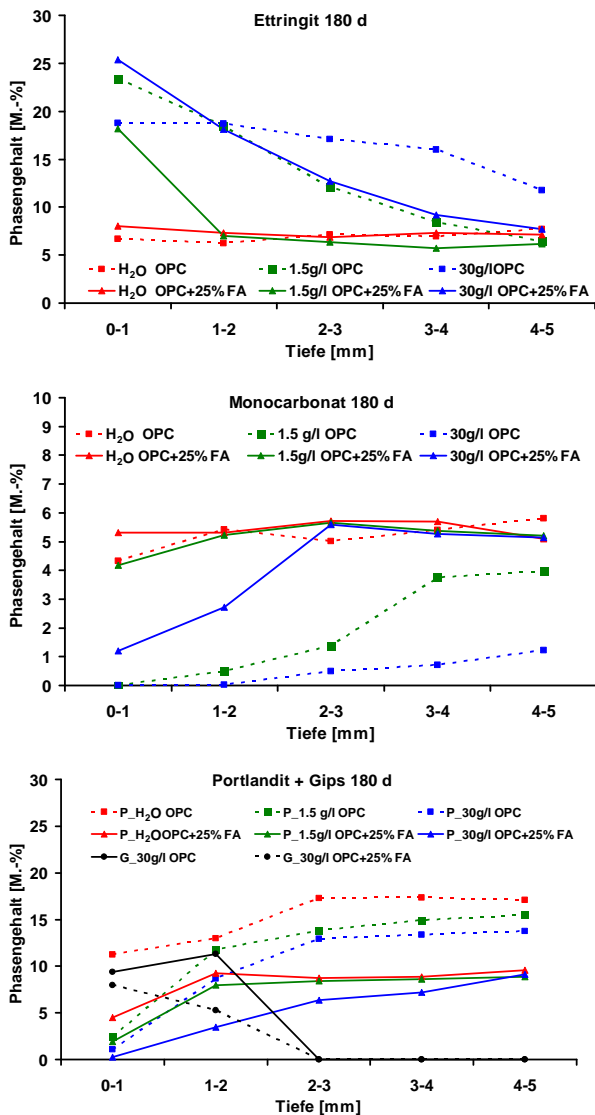


Abbildung 1: Verteilung von Ettringit, Monocarbonat, Portlandit und Gips über die Tiefe von Zementsteinzylindern nach 180 Tagen in Lösungen bis 30 g/l SO₄²⁻.

Bei Mischungen mit 25 M.-% Flugasche bildet sich weniger Ettringit in tieferen Bereichen des Zementsteins was auf eine Erhöhung des Diffusionswiderstandes zurückzuführen ist. Die Verteilung von Ettringit über die Tiefe der Zementsteine mit Flugasche und einer Sulfatkonzentration von 30 g/l entspricht der Verteilung von Ettringit für Zementsteine ohne Flugasche bei einer Konzentration von 1,5 g/l. An der Oberfläche der Zementsteinproben (0-1 mm) entsteht bei Mischungen mit Flugasche und bei einer Konzentration von 30 g/l mehr Ettringit. Es wird vermutet, dass zusätzliches Aluminium von der Flugasche zur Verfügung gestellt wird, was auch

durch Untersuchungen an Zementstein-Pulver bestätigt wird, vgl. Abb. 4.

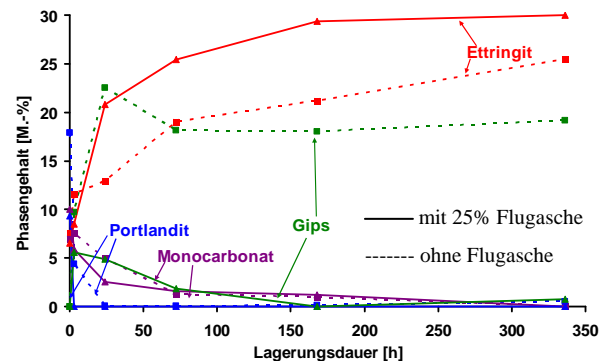


Abbildung 2: Phasenentwicklung in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer bei einer Sulfat-Konzentration von 30 g/l SO₄²⁻ für Zementstein-Pulver mit und ohne Flugasche.

Bei hohen Sulfatkonzentrationen reagiert Portlandit u.a. zu Gips. Bedingt durch die puzzolanische Reaktion der Flugasche kommt es zu einer geringeren Bildung von Portlandit, wodurch sich bei Mischungen mit Flugasche weniger Gips bildet als bei Mischungen ohne Flugasche. Die Bildung von Gips ist auf hohe Sulfatkonzentrationen und oberflächennahe Bereiche der Zylinder beschränkt.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Die Ergebnisse zeigen, dass die bei Sulfatangriff auf Beton ablaufenden grundlegenden Mechanismen noch nicht vollständig geklärt sind. Für die Entwicklung zuverlässiger Prüfmethode ist es notwendig den Zusammenhang zwischen der Phasen- und Gefügeentwicklung und den mechanischen Eigenschaften beim Sulfatangriff auf Beton zu verstehen.

6 Literatur

- [1] Skalny, J., Marchand, J. and Odler I., 'Sulfate attack on Concrete', 1st Edn Taylor and Francis, London, 2002
- [2] Heinz, D., Urbonas, L.: Einfluss der Lagerungsparameter und der Mörtelzusammensetzung bei der Prüfung des Sulfatwiderstandes von Zement-Flugasche-Gemischen. Ibausil, 14. Int. Baustofftagung, 20.-23. September 2000, S. 1-0849 – 0858