

1 Einsatzgrenzen von ZM-Auskleidungen für den Trinkwassertransport

Der Einsatzbereich von ZM-Auskleidungen als Korrosionsschutz ist sehr weitreichend. Derartig ausgekleidete Rohre sind geeignet zum Transport von Wässern, bei denen mit einem korrosiven Angriff auf den Werkstoff Eisen zu rechnen ist. Die ZM-Auskleidungen können dabei jedoch, wie alle zementgebundenen Baustoffe, durch diejenigen chemischen Stoffe angegriffen werden, die mit den Bestandteilen des Zementmörtels reagieren (DIN 4030-1, 1991; DIN 4030-2, 1991).

Ein Angriff kann über zwei Mechanismen stattfinden. Zum einen kann die ZM-Auskleidung unter Bildung löslicher Reaktionsprodukte ausgelaugt werden. Insbesondere saure Wässer können das CaO/CSH-Gerüst des Zementmörtels auflösen und zerstören (Gleichung 16 und 17).



Zum anderen können die tiefer in die Zementmörtelschicht eindringenden Stoffe schwerlösliche Verbindungen mit größerem Volumen als die Poren bilden, die das Zementmörtelgefüge aufsprengen, z.B. Sulfate in hoher Konzentration (Gleichung 7).

Genaue Grenzwerte für den Einsatzbereich von ZM-Auskleidungen lassen sich nur schwer angeben. In der DIN 2880 „Anwendung von Zementmörtelauskleidung für Gußrohre, Stahlrohre und Formstücke“ (1999) werden Konzentrationen verschiedener Stoffe angegeben. Demnach kann es bei einer Über- bzw. Unterschreitung dieser Konzentrationsangaben zu Einsatzgrenzen für ZM-Auskleidungen kommen. Im Einzelnen sind in der DIN 2880 folgende Grenzwerte angegeben:

- a) $\alpha(\text{C}) > 0,25 \text{ mol/m}^3$
 $\alpha(\text{Ca}^{2+}) > 0,02 \text{ mol/m}^3$

Die Gesamtkohlensäurekonzentration $\alpha(\text{C})$ ist durch Gleichung 18 definiert:

$$\alpha(\text{C}) = \alpha(\text{CO}_2) + \alpha(\text{HCO}_3^-) + \alpha(\text{CO}_3^{2-}) \quad (18)$$

Diese beiden Grenzwerte ergeben sich aus dem Löslichkeitsgleichgewicht L_{CaCO_3} von Calcit (Gleichung 19).

$$L_{\text{CaCO}_3} = \alpha(\text{Ca}^{2+}) \cdot \alpha(\text{CO}_3^{2-}) \quad (19)$$

Bei Unterschreitung der oben angegebenen Grenzwerte für $\alpha(\text{C})$ und $\alpha(\text{Ca}^{2+})$ hat das Wasser ein so hohes Kalklösepotential, daß sich keine ausreichende Schutzschicht aus CaCO_3 auf der Zementmörteloberfläche bilden kann und zwar solange, bis sich das Wasser durch das Lösen von Calcium bzw. Carbonat aus dem Zementmörtel wieder in das Löslichkeitsgleichgewicht des Calcits gebracht hat.

Zu einer pH-Wert-Erhöhung im Wasser über den in der TrinkwV festgelegten pH-Grenzwert 9,5 kann es auch schon bei höheren Gehalten an Gesamtkohlensäure kommen. Im DVGW-Arbeitsblatt W 346 (1995) wird ein Grenzwert von 0,5 mmol/l angegeben.

In der Wasserversorgung können diese Grenzwerte bevorzugt bei Wässern aus Talsperren unterschritten werden.

b) $\alpha(\text{SO}_4^{2-}) < 4 \text{ mol/m}^3 \approx 400 \text{ mg/l}$

Sulfatgehalte über diesen Grenzwert hinaus können zur Bildung des großvolumigen Ettringit (s. Gleichung 7) führen und das Zementmörtelgefüge sprengen.

c) wenn $\text{pH} < 7,8$, sollte $\Delta\alpha(\text{CO}_2)$ nicht größer als $0,15 \text{ mol/m}^3 \approx 7 \text{ mg/l}$ sein.

Die überschüssige Kohlensäure¹ ergibt sich aus der folgenden Gleichung:

$$\Delta\alpha(\text{CO}_2) = \alpha(\text{CO}_2) \cdot (1 - 10^{\text{SI}}) \quad (20)$$

Der Sättigungsindex SI ist wie folgt definiert:

¹ Fachausdruck der Kalk-Kohlensäurechemie

$$SI = \lg \frac{c(\text{Ca}^{2+}) \cdot c(\text{CO}_3^{2-})}{L} \quad (21)$$

Ist $SI = 0$, dann befindet sich das Wasser nach Gleichung 21 im Gleichgewicht. Liegt der pH-Wert unter 7,8, kann ein Anteil an überschüssiger Kohlensäure von $> 7 \text{ mg/L}$ zu einem bedenklichen Angriff der Zementmörteloberfläche führen. Das überschüssige CO_2 bildet mit Wasser und Calcium aus dem Zementmörtelgefüge lösliche Verbindungen (Gleichung 15).

Diese Konzentrationsangabe hat jedoch eher Richtwertcharakter, denn eine exakte quantitative Aussage über die korrosive Wirkung der überschüssigen Kohlensäure in ZM-Rohren nur schwer möglich ist. Eine Vielzahl von weiteren Randbedingungen können die Korrosion von ZM-Auskleidungen beeinflussen. In der TGL 11357 „Beton in aggressiven Wässern“ (BICZÒK, 1974) werden solche Randbedingungen, die sich aus der Bauart und den Betriebsbedingungen der Rohrleitung ergeben, beschrieben.

Im Bereich der Trinkwasserverteilung mit ZM-Rohren spielt vor allen Dingen die Wasserstagnation eine bedeutende Rolle. Je kleiner der Durchsatz des Wassers in einer Rohrleitung ist, desto länger ist die Kontaktzeit mit der Zementmörteloberfläche und desto intensiver ist die Korrosion. In der Trinkwasserverteilung werden in neu erschlossenen Gebieten (z.B. Gewerbegebiete) häufig groß dimensionierte Rohrleitungen verlegt. Die anfangs kleine Zahl der Abnehmer führt folglich zu sehr niedrigen Fließgeschwindigkeiten des Wassers in den Rohrleitungen. Zum Teil kommt es, insbesondere nachts, auch zu mehrstündigen Stagnationen.

In älteren Veröffentlichungen (u. a. HOLTSCULTE, 1974; BICZÒK, 1974) wird der Sättigungsindex SI allein als Richtwert für die Beurteilung des Korrosionsverhaltens von verschiedenen Wässern angegeben. Als Grenzwert wird dabei häufig folgender Wert angegeben:

$$SI > -1,0$$

Bei einem Sättigungsindex, der negativer als dieser Wert ist, besitzt das Wasser ein derart hohes Kalklösepotential, daß mit einem Anlösen der

Zementmörteloberfläche gerechnet werden muß. Um ein Ablösen der ZM-Auskleidung beim Transport von Trinkwasser zu verhindern, ist in der TrinkwV für den SI ein Grenzwert von $SI \geq -0,2$ vorgegeben (TRINKwV, 1990) Die Differenz zum Gleichgewichtszustand $SI = 0$ beruht auf die Meßfehlertoleranz bei der Erfassung des pH-Werts zur Berechnung des Sättigungsindex.

Für die Herstellung von ZM-Auskleidungen wird von der Gußrohrindustrie im allgemeinen Portlandzement (CEM I) oder Hochofenzement (CEM III) verwendet. In Sonderfällen, z.B. für Wässer mit Sulfatgehalten oberhalb von 400 mg/l, wird Tonerdeschmelzzement verwendet. In diesem Zement ist der Anteil an C_3A (Tricalciumaluminat), der gemäß Gleichung 7 zusammen mit dem Sulfat des Wassers die Bildung des sehr voluminösen Ettringits regelt, geringer.

