

Hüttensandhaltige Zemente im Betonstraßenbau

Von Eberhard Lang, Duisburg-Rheinhausen

Eine effiziente Volkswirtschaft ist ohne eine leistungsfähige Infrastruktur nicht möglich. Zu dieser Infrastruktur gehört ein gut ausgebautes Straßennetz, das neben einer Vielzahl von Anforderungen ein hohes Maß an Sicherheit und Dauerhaftigkeit aufweisen muss.

Betonstraßen sind im besonderen Maß in der Lage, diese Aufgaben zu erfüllen. Lange Lebensdauer, extreme Verformungsbeständigkeit (keine Spurrillen) sowie ein heller Belag und eine hohe Griffbarkeit auch und gerade bei schlechten Witterungsbedingungen und eingeschränkter Sicht sprechen für Betonstraßen. Daher wurde bereits 1888 in Deutschland die erste Straßenbefestigung in Beton gebaut (Blücherplatz in Breslau). Bis 1939 wurden in Deutschland 63 Mill. m² Betonfahrbahnflächen ausgeführt. Mit rund 41 Mill. m² erhielten damals mehr als 90% der Autobahnen Fahrbahndecken aus Beton [1]. Aufgrund des hohen Portlandzementanteils an der gesamten Zementproduktion sowie der Lage der Neubautrecken zu den Produktionsstandorten wurde auch für die Betonstraßen zwar überwiegend dieser Zement verwendet, daneben wurden aber auch erfolgreich Straßen mit Eisenportlandzement (EPZ), dem heutigen Portlandhüttenzement (CEM II/A-S bzw./B-S), gebaut. Hervorzuheben sind die Untersuchungsergebnisse eines Fahrbahndeckenbetons auf der Autobahn A4 [2] mit Eisenportlandzement nach 55 Jahren, der ungeachtet der langen Nutzungsdauer und der

scharfen Beanspruchung (mittlere Anzahl der Frosttage: 107/Jahr, mittlere Anzahl der Eistage: 29/Jahr) in sehr gutem Zustand war. In Österreich werden Betonstraßen grundsätzlich mit Portlandhüttenzement (CEM II/A-S) gebaut.

Die Ergebnisse der Untersuchungen an den entnommenen Betonproben haben gezeigt, dass dieser ohne künstliche Luftporen hergestellte Beton eine sehr hohe Dichtigkeit aufwies. Ungeachtet seiner 50jährigen Beanspruchung in der Praxis erfuhr er nur eine geringe Karbonatisierung (i.M. 0,5 mm). Die Prüfungen ergaben eine hohe Druckfestigkeit (zwischen 50 N/mm² und 80 N/mm²), eine geringe Chlorideindringtiefe (etwa 30 mm) und einen hohen Frost-Tausalz-widerstand. Der Beton zeigte keine Gefügeschädigungen.

Langzeituntersuchungen an bestehenden Autobahnen haben gezeigt, dass die seit den 60er-Jahren in Standardbauweise gebauten und sorgfältig ausgeführten Betondecken eine Nutzungsdauer von mehr als 30 Jahren erreichen. In Niedersachsen wurde bei den Betondecken der so genannte Schwellenwert, ab dem erneuert werden muss, erst nach einer Liegedauer von 37 Jahren und mehr erreicht [3, 4].

In den USA hat das Verkehrsministerium für Minnesota einen Bemessungszeitraum für Betonstraßen von 60 Jahren festgelegt, bisher waren 35 Jahre Standard [5]. Dies unterstreicht die hohe Dauerhaftigkeit

sorgfältig ausgeführter Betondecken. Umfangreiche Labor- und Feldversuche haben gezeigt, dass bei einem Austausch von 25% des Portlandzements durch den gleichen Anteil Hüttensandmehl der Frostwiderstand gegenüber Beton ohne Hüttensand verbessert wurde. Bei einem Austausch von 50% waren die Ergebnisse im Mittel vergleichbar mit dem Referenzbeton auf Portlandzementbasis. Wurden dagegen 65% des Portlandzements durch Hüttensandmehl ausgetauscht, zeigten sich im Labor höhere Abwitterungen als in der Praxis [6]. Diese Erfahrung deckt sich mit zahlreichen Untersuchungen des FEhS-Instituts an Betonen mit Hochofenzementen, die aufgrund der Lagerung im Klimaraum eine höhere Carbonatisierung erfahren und somit auch im Laborversuch eine höhere Abwitterung zeigen als bei der Lagerung im Freien [7]. Weiterhin gilt es aufgrund zahlreicher Untersuchungen inzwischen als gesichert, dass luftporenhaltige Betone die kritische Sättigung auch unter den extremen Bedingungen der CDF- bzw. CIF-Prüfung (Pumpeffekt) im Verlauf der vorgegebenen Prüfdauer nicht erreichen und somit auch kein Abfall des dynamischen E-Moduls zu verzeichnen ist.

Neben den für den Nutzungszeitraum wesentlichen Anforderungen werden an Beton für die Herstellung von Betondecken weitere Anforderungen gestellt. Dies betrifft u.a. die Verhinderung von Bluten, die Verhinderung wilder Risse, die Festigkeitsentwicklung im jungen Alter und die Nacherhärtung, eine niedrige Wärmeentwicklung, gute Verarbeitungseigenschaften verbunden mit einem nicht zu schnellen Ansteifen, hohe Biegezugfestigkeit, hoher Frost-Tausalz-widerstand, Helligkeit und ein geringes Risiko gegenüber einer betonschädigenden Alkali-Kieselsäure-Reaktion. Eine Bewertung

der für den Betonstraßenbau zulässigen Zementarten unter Berücksichtigung der genannten Eigenschaften zeigt, dass sich hüttensandhaltige Zemente dafür bestens eignen. Während in anderen europäischen Ländern, z.B. den Niederlanden, Belgien oder Österreich, hüttensandhaltige Zemente bereits vielfach im Straßenbau eingesetzt werden, wird in Deutschland die Leistungsfähigkeit dieser Zemente im Straßenbau immer noch unzureichend genutzt.

Bild 1 zeigt die erneuerte BAB A23 zwischen Hamburg und Itzehoe, bei der die rd. 4 km lange Betonfahrbahndecke zwischen den Anschlussstellen Lägerdorf und Hohenfelde in Fahrtrichtung Hamburg 2002 mit Portlandhüttenzement CEM II/B-S und in Fahrtrichtung Itzehoe 2003 mit Portlandzement CEM I gebaut wurde.

Die Ausführung eines Autobahnabschnitts auf der BAB A44 mit CEM III/A 42,5 N im Jahre 2002 [8, 9] stellt nicht nur ein Novum in Deutschland dar, sondern ist in Verbindung mit der Errichtung verschiedener Autobahnabschnitte un-

ter Verwendung von CEM II/B-S ein wichtiger Baustein, um immer noch bestehende Vorurteile gegenüber der Verwendung hüttensandhaltiger Zemente im Betonstraßenbau auszuräumen. Diese Vorurteile werden häufig mit dem Argument fehlender Referenzstrecken begründet.

Zur weiteren Bestätigung der Erfahrungen mit hüttensandhaltigen Zementen im Betonstraßenbau wurde auf dem Werksgelände der ThyssenKrupp Stahl AG 1999 eine extrem hoch belastete Betonstraße für den Transport von Coils von der Dünnbandgießanlage zur Lagerhalle hergestellt. Die Strecke wurde sowohl mit CEM I 32,5 R als auch mit CEM II/B-S 32,5 R ausgeführt [10], wobei die Betonzusammensetzung mit Ausnahme des verwendeten Zements identisch war. Eine Begehung im Sommer 2004 ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen den mit den beiden Zementarten gebauten Abschnitten. Die bauausführende Firma hat allerdings den Beton mit CEM II/B-S 32,5 R aufgrund der günstigeren Verarbeitbarkeit bevorzugt.

Ein weiterer Anlass, hüttensandhaltige Zemente im Straßenbau einzusetzen, ist ihr im Vergleich zu CEM-I-Zementen mit gleicher Klinkerbasis niedrigerer wirksamer Alkaligehalt. In der jüngeren Vergangenheit sind an einigen Betonfahrbahndecken Schäden aufgetreten, bei denen nach bisher vorliegenden Untersuchungen eine schädigende Alkali-Kieselsäure-Reaktion beteiligt sein kann. Bei den geschädigten Betondecken kamen nach bisheriger Kenntnis Gesteinskörnungen zum Einsatz, die in geringerem Maß alkaliempfindlich sind als die über die bisher nach der Alkalirichtlinie des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton [11] zielsicher erkennbaren Gesteinskörnungen. Die Schäden begünstigend wirken die über Taumittel zusätzlich von außen eingetragenen Alkalien sowie die erhebliche Belastung durch den Schwerlastverkehr. Durch die hohe Belastung können geringfügige Risse auftreten, die im Normalfall völlig unkritisch sind, aber die Alkalizufuhr von außen erleichtern können.

Der Verein Deutscher Zementwerke empfiehlt daher (bis zur endgültigen Klärung der Schadensursachen), den Alkaligehalt von Zementen, die für Fahrbahndecken eingesetzt werden, gegenüber den zulässigen Werten der ZTV-Beton zu senken [12]. **Tafel 1** zeigt die empfohlenen Grenzwerte. In diesem Zusammenhang wurde weiterhin empfohlen, die hüttensandhaltigen Fahrbahndeckenzemente zukünftig in der Festigkeitsklasse 42,5 N statt wie bisher in der Festigkeitsklasse 32,5 R zu verwenden. Dadurch könnten diese Zemente eine etwas höhere Mahlfineheit aufweisen, wodurch sich die verarbeitungsrelevanten Eigenschaften weiter verbessern lassen.

Um die Dauerhaftigkeit von Betonstraßen zu gewährleisten und die

Bild 1: Betonfahrbahndecke auf der BAB A23 mit Portlandhüttenzement CEM II/B-S

Tafel 1: Empfehlung für den Alkaligehalt als Na₂O-Äquivalent (charakteristischer Wert) von Zementen für den Bau von Fahrbahndecken aus Beton

Zement	Hüttensandgehalt [%]	Alkaligehalt des Zements Na ₂ O-Äquivalent [%]	Alkaligehalt des Zements ohne Hüttensand bzw. Ölschiefer ¹⁾ Na ₂ O-Äquivalent [%]
CEM I CEM II/A		≤ 0,80	-
CEM II/B-T		-	≤ 0,90
CEM II/B-S	21 bis 29	-	≤ 0,90
CEM II/B-S	30 bis 35	-	≤ 1,00
CEM III/A	36 bis 50	-	≤ 1,05

¹⁾ Bei der Berechnung des Gesamtalkaligehalts des Zements wird der Alkaligehalt des Hüttensands bzw. des Ölschiefers abgezogen

eingangs genannte mögliche Nutzungsdauer von 30 Jahren oder mehr zu erreichen, sind aber eine Reihe von Maßnahmen notwendig. Hierzu gehören insbesondere die Vermeidung des Einsatzes alkaliempfindlicher Gesteinskörnungen und eine sorgfältige, sachgerechte Herstellung der Betonfahrbahndecken, verbunden mit einer ausreichenden Nachbehandlung. Hüttensandhaltige Zemente können dabei einen wertvollen Beitrag leisten.

Die Erfahrungen aus der Vergangenheit sowie neuere Arbeiten zeigen, dass sowohl Portlandhütten- als auch Hochofenzemente aufgrund ihrer spezifischen Eigenschaften sehr gut für den Bau dauerhafter Betonstraßen geeignet sind. Das Potential dieser Zemente gilt es zukünftig verstärkt auch auf diesem Gebiet zu nutzen.

Literatur

[1] Eifert, H.; Vollpracht, A.; Hersel, O.: Straßenbau heute. Schriftenreihe der Bauberatung Zement, 5. Auflage, Ver-

lag Bau+Technik GmbH, Düsseldorf 2004.

[2] Lang, E.: Untersuchungen an altem Fahrbahndeckenbeton mit Eisenportlandzement. Beton-Informationen 39 (1999) H. 5/6, S. 3-12.

[3] Leykauf, G.: Betondecken nach 30 Jahren schwerer Verkehrsbeanspruchung. Schriftenreihe der Arbeitsgruppe „Betonstraßen“ der FGSV. Kirschbaum Verlag, Bonn 2000.

[4] Franke, H.-J.: Auswertung von Zustandserfassungen in Niedersachsen. Schriftenreihe der Arbeitsgruppe „Betonstraßen“ der FGSV. Kirschbaum Verlag, Bonn 2000.

[5] curt.turgeon@dot.state.mn.us

[6] Luther, M.D. u.a.: Scaling resistance of Ground Granulated Blast Furnace (GGBF) Slag Concretes. Third International CANMET/ACI Conference „Durability of Concrete“, Nice 1994, Proceedings, S. 47-64.

[7] Lang, E.: Einfluss unterschiedlicher Carbonatphasen auf den

Frost-Tausalz widerstand – Labor- und Praxisverhalten. Beton-Informationen 43 (2003) H. 3, S. 39-59.

[8] Bilgeri, P., Fuchs, A., Henneken, R.: Fahrbahndeckenbeton auf der BAB A44 mit Hochofenzement CEM III/A 42,5 N, Straße + Autobahn (2004) H. 9, S. 477-483.

[9] Bilgeri, P.: Innovation im Autobahnbau – Fahrbahndecke mit Hochofenzement CEM III/A 42,5 N. Beton-Informationen 45 (2005) H.1, S. 3-16.

[10] Lang, E.; Lehmann, K.: Bau einer Werkstraße mit Portland- und Portlandhüttenzement. Report des Forschungsinstituts der FEhS 6 (1999) H. 2, S. 6-9.

[11] DAfStb-Richtlinie „Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkalireaktion im Beton“. Ausgabe Mai 2001

[12] VDZ-Mitteilungen des Forschungsinstituts der Zementindustrie, Düsseldorf, September 2004, Nr. 125.