

AiF-Forschungsvorhaben-Nr.: 15323 N
Bewilligungszeitraum: 01.09.2007 – 28.02.2010
Forschungsthema: **Auswirkung der Alkalireaktivität von Prüfsanden auf die Bewertung potentiell alkalireaktiver Gesteinskörnungen**

1 Anlass für den Forschungsantrag / Ausgangssituation

Seit den 1970er Jahren sind im Forschungsinstitut der Zementindustrie (FIZ) umfangreiche Untersuchungen zu dem Ablauf und der Vermeidung einer schädigenden Alkali-Kieselsäure-Reaktion (AKR) durchgeführt worden. Sie umfassten sowohl die Beurteilung der Alkaliempfindlichkeit von Gesteinskörnungen als auch die Beschreibung von Zementeigenschaften, die zur Vermeidung einer AKR notwendig sind. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen haben maßgeblich zur Entwicklung der Richtlinie „Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkalireaktionen in Beton“ (Alkali-Richtlinie) des DAfStb beigetragen und gehen auch in die aktuelle Neufassung dieses für die Betonanwendung in Deutschland gültigen Regelwerkes ein. Entsprechend der verstärkten Nachfrage aus der Bauwirtschaft, konzentrieren sich die Forschungen des FIZ und anderer Forschungsinstitute in den letzten Jahren unter anderem auf die schnelle und praxisgerechte Einstufung von Gesteinskörnungen, die Bewertung des Risikos einer schädigenden AKR in Betonen sowie die Entwicklung neuer Prüfverfahren, die die Bewertungszeiträume und den Prüfaufwand in einem für die Baupraxis vertretbaren Rahmen halten sollen.

Die Alkali-Richtlinie sieht in Teil 3 neben petrographischen und chemischen Untersuchungen an den Gesteinskörnungen Betonversuche vor, bei denen der zu prüfende Splitt im Korngrößenbereich von > 2 mm als Gesteinskörnung eingesetzt wird. Als Kornfraktion < 2 mm ist ein „inertes Natursand“ zu verwenden. Aus dem Beton werden Prismen hergestellt, einer neunmonatigen Nebelkammerlagerung bei 40 °C ausgesetzt und auf durch Treibreaktionen bedingte Dehnungen untersucht. Parallel erfolgt die Lagerung eines Betonwürfels der Kantenlänge von 300 mm, um eine eventuelle Rissbildung durch eine schädigende Alkalireaktion beobachten zu können.

Als weitere Prüfmethode an Betonen wird in Europa vermehrt ein Prüfverfahren angewendet, das ursprünglich in Frankreich als Performanceprüfung entwickelt wurde und nun in den RILEM-Empfehlungen als ein Verfahren für die Prüfung von Gesteinskörnungen verankert ist. Die Lagerung der Betone erfolgt hier bei 60 °C über Wasser, um so den Bewertungszeitraum verkürzen zu können. Ebenfalls in diese Richtung zielen Mörtelprüfungen als beschleunigte Prüfverfahren. In Deutschland wurde der DAfStb-Schnelltest als Referenzverfahren in die Alkali-Richtlinie aufgenommen. Bei diesem auf dem NBRI-Verfahren basierenden Test wird die zu prüfende Gesteinskörnung auf definierte Sandfraktionen gebrochen und in Mörtelprismen verarbeitet, die nach einer Lagerung in 80 °C heißer Natronlauge auf Dehnung geprüft werden. Ähnlich ausgelegt ist das „beschleunigte LMPA-Verfahren“ der LMPA Magdeburg, bei dem die Prüfkörper mit NaOH-Lösung hergestellt und dann über Wasser bei 70 °C gelagert werden. Die zu prüfende Gesteinskörnung wird erst ab einer Korngröße von $0,5$ mm eingesetzt. Sowohl das Betonprüfverfahren bei 60 °C als auch das LMPA-Verfahren sind informativ in den Anhang der Alkali-Richtlinie aufgenommen worden.

Im Rahmen von Untersuchungen, die im FIZ an verschiedensten Gesteinskörnungen durchgeführt wurden, traten gerade bei den beschleunigten Prüfverfahren vereinzelt an

solchen Gesteinskörnungen unerwartete Dehnungsbeträge auf, die aufgrund ihrer Zusammensetzung als nicht alkalireaktiv betrachtet wurden und in der Baupraxis bisher keine Anzeichen einer AKR-bedingten Schädigung aufweisen. Bei der Prüfung einer unbedenklichen groben Gesteinskörnung in Kombination mit verschiedenen Sanden konnten Unterschiede im Dehnungsverhalten beobachtet werden. Erste mikroskopische Dünnschliffuntersuchungen zeigen allerdings keine Schädigungen des groben Splittes, wohl aber Anzeichen einer Alkali-Kieselsäure-Reaktion an Bestandteilen des eingesetzten Quarzsandes. Die beobachtete Menge an Kieselgel und die Schädigung in Form von Rissen ist gering. Trotzdem besteht die Vermutung, dass die zu verzeichnende Dehnung durch Alkalireaktionen der Sandfraktion in der Laborprüfung verursacht wurde und somit zu einer falschen Bewertung der eigentlichen Prüfkörnung führen könnte.

Da andererseits aber auch bekannt ist, dass reaktive Bestandteile das insgesamt für eine schädigende AKR zur Verfügung stehende Alkalitätspotential eines Betons reduzieren können, ist bei Verwendung insbesondere eines feinkörnigen alkalireaktiven Sandes auch denkbar, dass das Schädigungspotential eines alkalireaktiven Splittes in der Betonprüfung nicht adäquat zur Wirkung kommt.

Nach dem jetzigen Kenntnisstand gibt es keine hinreichenden Kriterien, die die Eignung, also eine ausreichend geringe Alkalireaktivität, eines einzusetzenden Prüfsandes belegen können. Somit besteht die Gefahr, dass die unter Einsatz eines nicht geeigneten Sandes erzielten Beurteilungen für grobe Gesteinskörnungen mit systematischen Fehlern behaftet sein können. Weiterhin wird durch die unzureichende Bewertungsmöglichkeit der Sandfraktion der Entwurf von Betonen erschwert, die auch unter ggf. kritischen Umgebungsbedingungen keine schädigende AKR aufweisen.

2 Forschungsziel und Lösungsweg

Die in internationalen Publikationen dargestellten und in den Versuchsergebnissen der eigenen Forschungsarbeiten zu verzeichnenden unsystematischen Einflüsse des als inert geltenden Prüfsandes auf die Bewertung der groben Gesteinskörnung kann die mittels der gängigen Prüfmethoden erzielten Ergebnisse grundlegend in Frage stellen. Anhand von Untersuchungen an Prüfsanden sowie an daraus hergestellten Mörteln und Betonen unter Verwendung von alkalireaktiven und von nachgewiesenen inerten Splitten sollte der Einfluss quarzhaltiger Feinkornfraktionen auf die Prüfergebnisse nachvollzogen werden. Ziel war es, eine mögliche Fehlerquelle in den zur Zeit angewendeten Prüfverfahren in ihrer tatsächlichen Bedeutung aufzudecken, um einerseits die Notwendigkeit von Prüfungen an der Sandfraktion zu beurteilen und andererseits fehlerhafte Bewertungen von Gesteinskörnungen oder von Performance-Betonen im Hinblick auf eine schädigende Alkali-Kieselsäure-Reaktion zu vermeiden.

Im ersten Schritt der Untersuchungen erfolgte eine Auswahl und Charakterisierung von Prüfsanden. Der Schwerpunkt lag auf quarzreichen Natursanden verschiedener Provenienzen, die sich z. B. in ihrer Mineralogie oder Korngrößenverteilung unterscheiden, und die in bisherigen Untersuchungen Anzeichen einer Reaktivität zeigten. Weiterhin wurde Beckumer Normensand (DIN 1164-1958), ein aus reinem Kalkstein hergestellter und daher inerter Brechsand sowie ein aus reaktiver Grauwacke gebrochener Splitt gleicher Körnung als definiert reaktiver Brechsand eingesetzt. Die Charakterisierung umfasste die petrographische

und granulometrische Beschreibung sowie an verschiedenen Fraktionen der Sande die Bestimmung der Alkalireaktivität nach ASTM C 289. Weiterhin wurde an Mörtelprüfkörpern im Vergleich zu reinen Zementsteinproben mit zwei Portlandzementen mit unterschiedlichem Na_2O -Äquivalent die Puzzolanität der Körnungen über das Kalkbindevermögen erfasst, und zwar sowohl bei 20 °C als auch bei 80 °C. Ergänzend erfolgte die Untersuchung der Porenlösung dieser Prüfmörtel.

Im zweiten Schritt wurden die Sande einer Mörtelprüfung nach der Alkalirichtlinie unterzogen, wobei die Gesamtlagerungsdauer auf 28 Tage ausgedehnt wurde. Proben, die eine signifikante Dehnung aufwiesen, wurden anhand von Dünnschliffen lichtmikroskopisch auf mögliche Schadensbilder untersucht. Ausgewählte Sande wurden im weiteren Verlauf des Forschungsvorhabens auch in Kombination mit einem CEM I (st) und einem CEM II/B-S geprüft, um die Aussagefähigkeit des Prüfverfahrens im Hinblick auf die Bewertung von Performance-Betonen zu überprüfen.

Für die Betonversuche war die Auswahl von unterschiedlich reaktiven Gesteinskörnungen zu treffen, die mit den Prüfsanden zu Betonsieblinien kombiniert wurden. Als inerte Gesteinskörnung wurde ein reiner Kalkstein verwendet. Weiterhin wurden eine reaktive Grauwacke und eine eher langsam reagierende reaktive Gesteinskörnung (Kies-Edelsplitt des Oberrheins) eingesetzt. Die Kombinationen mit den Prüfsanden erfolgten auf Basis der Ergebnisse der ersten beiden Arbeitsschritte. Alle Betone wurden zunächst mit einem Portlandzement mit hohem Na_2O -Äquivalent hergestellt und mit dem DAfStb-Prüfverfahren (Nebekammer) sowie dem 60-°C-Betonversuch in Anlehnung an RILEM AAR4 untersucht. Aus den Betonversuchen wurde eruiert, ob und in welchem Umfang die Reaktivität des Prüfsandes die Prüfergebnisse im Betontest beeinflusst. Wenn das Dehnungsverhalten eines Betons deutlich von dem der Referenzmischung mit dem inerten Kalksteinbrechsand abwich, wurde an Dünnschliffen lichtmikroskopisch das Schadensbild bestimmt. Weiterhin wurden Betonversuche mit dem Portlandzement mit niedrigerem Na_2O -Äquivalent durchgeführt, um die Auswirkung eines verringerten Alkaliangebotes auf die Reaktivität des Sandes im Beton zu ermitteln. Im Hinblick auf die zunehmende Anwendung von hüttensandhaltigen Zementen und auf die steigende Nachfrage nach Performance-Betonen erfolgten ergänzende Versuche an Betonen mit einem CEM II/B-S, der mit einem Natriumäquivalent von etwa 0,9 über den Kriterien für einen NA-Zement lag.

Parallel zu den Betonversuchen erfolgte mit der Feinsandfraktion < 0,5 mm von in den Betonversuchen eingesetzten Prüfsanden eine Überprüfung, inwieweit sich die Alkalireaktivität dieser Fraktionen auf die Prüfergebnisse im „beschleunigten LMPA-Test“ auswirkte. Hierzu wurden die entsprechenden Mörtelversuche unter Verwendung von Gesteinssplitt 0,5 bis 2 mm der ausgewählten groben Gesteinskörnungen durchgeführt. Der Abgleich der Ergebnisse mit den DAfStb-Mörtelversuchen und den Betonversuchen lieferte Anhaltspunkte, ob eines der Schnellprüfverfahren gegebenenfalls auch zur Charakterisierung von Prüfsanden oder von Performance-Betonen geeignet ist.

3 Untersuchungsergebnisse

3.1 Charakterisierung der Prüfsande

Die im Forschungsvorhaben verwendeten natürlichen Prüfsande bestanden überwiegend aus Quarz, der monomineralisch als auch als Bestandteil verschiedener Gesteinskörnungen auftrat. Untergeordnet fanden sich verschieden hohe Anteile an Feldspäten, Schichtsilikaten, Karbonat und verschiedene Spurenbestandteile wie vulkanische Gläser oder Schwerminerale. Zusätzlich zu natürlichen Prüfsanden wurden auch quarzitische Prüfsande mit gebrochenem Feinsandanteil untersucht. Der eingesetzte Kalksteinsplitt bestand in allen Kornfraktionen weitestgehend aus Kalksteinpartikeln, die teilweise als Kornindividuen (Bruchstücke großer Kristalle) oder als feinkörnige Kalkaggregate vorlagen. Als Nebengemengteil waren nur vereinzelte Quarz- und Quarzitkörner sowie in Spuren Feldspäte und opake Minerale zu beobachten. Der Grauwackebrechsand wies in allen Kornfraktionen Anteile von grob- und feinkörniger Grauwacke auf. In den feineren Korngruppen waren zudem monomineralische Quarzkörner und opake Körner vorhanden.

Die Einstufung der Alkalireaktivität der Sande nach ASTM C289 erwies sich als unbrauchbar. Bei den Untersuchungen der Porenlösungen und der Puzzolanität in Kombination mit dem CEM I-Prüfzement waren nur geringe Unterschiede zwischen den Prüfsanden zu verzeichnen. Allenfalls der brechsandhaltige Normensand zeigte bei intensiver Beanspruchung Anzeichen einer Alkalireaktion.

Im Mörtelschnelltest (Referenzverfahren nach DAfStb-Richtlinie) deuteten die Prüfsande über divergierende Dehnungswerte unterschiedliche Alkalireaktivitäten an, wobei aber nicht die Mörtel mit den Sanden am stärksten reagierten, die die stärksten chemischen Reaktionen gezeigt hatten (Bild 1).

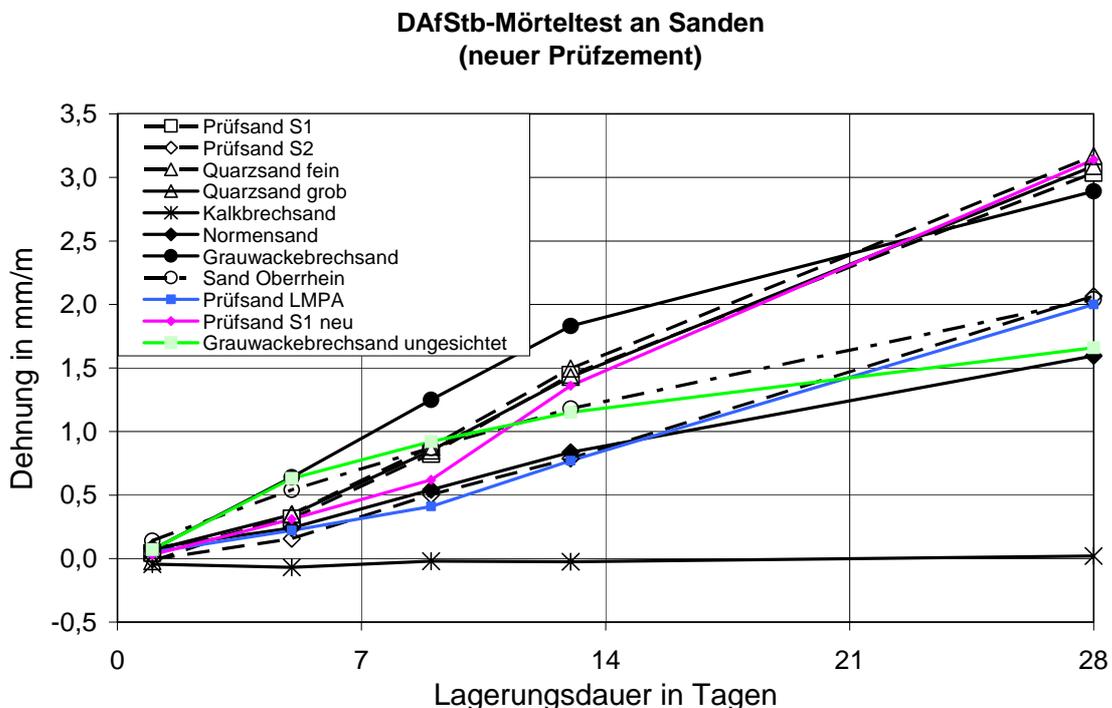


Bild 1 Dehnungen der Mörtelprismen mit Prüfsanden im DAfStb-Mörtelschnelltest, Kombinationen mit Prüfzement Z1

3.2 Betonuntersuchungen

In Betonversuchen wurden Mischungen aus einem Prüfzement nach Alkali-Richtlinie, Prüf-sanden und definiert reaktiven und inerten Gesteinskörnungen untersucht. Die Ergebnisse aus dem 60 °C-Betonversuch sind in Bild 3 dargestellt. Die Dehnungen der Betone, die mit Kalksteinsplitt hergestellt wurden (graue Kurven), lagen erwartungsgemäß niedrig. Die Verwendung von ungebrochenen quarzitischen Sanden (S1, S2) führte zu nur geringfügig höheren Dehnungen als die inerte Referenzprobe mit Kalksteinbrechsand (S5). Unabhängig vom Prüfsand erfolgt somit eine korrekte Einstufung der groben Gesteinskörnung als „nicht reaktiv“. Eine Ausnahme bildete die Mischung mit dem reaktiven Grauwackebrechsand S8, die trotz Kombination mit dem inerten Kalksteinsplitt den Grenzwert geringfügig überschritt.

Alle Betone mit der alkalireaktiven Grauwacke als grober Gesteinskörnung (schwarze, durchgezogene Kurven) überschritten den Dehnungsgrenzwert von 0,3 mm/m nach 140 Tagen deutlich. Dabei wies der Beton mit dem inerten Sand S5 die höchsten Dehnungen auf, während der Beton mit der reaktiven Grauwacke als Sand (S8) und Splitt deutlich geringere Dehnungen zeigte. Vermutlich wurde bei letzterer Mischung ein Teil der verfügbaren Alkalität durch weitgehend nicht schädigende Reaktionen an der vergleichsweise großen Kornoberfläche des Sandes verbraucht. Dieser Effekt trat besonders deutlich beim Beton mit dem Normensand S6 (gepunktete Linie) auf, der bei der Untersuchung der Porenlösung eine höhere Reaktivität angedeutet hatte. Beim Beton mit Inertsand S5 stand hingegen die gesamte Alkalität des Prüfzementes für die Reaktion mit dem Grauwackesplitt zur Verfügung,

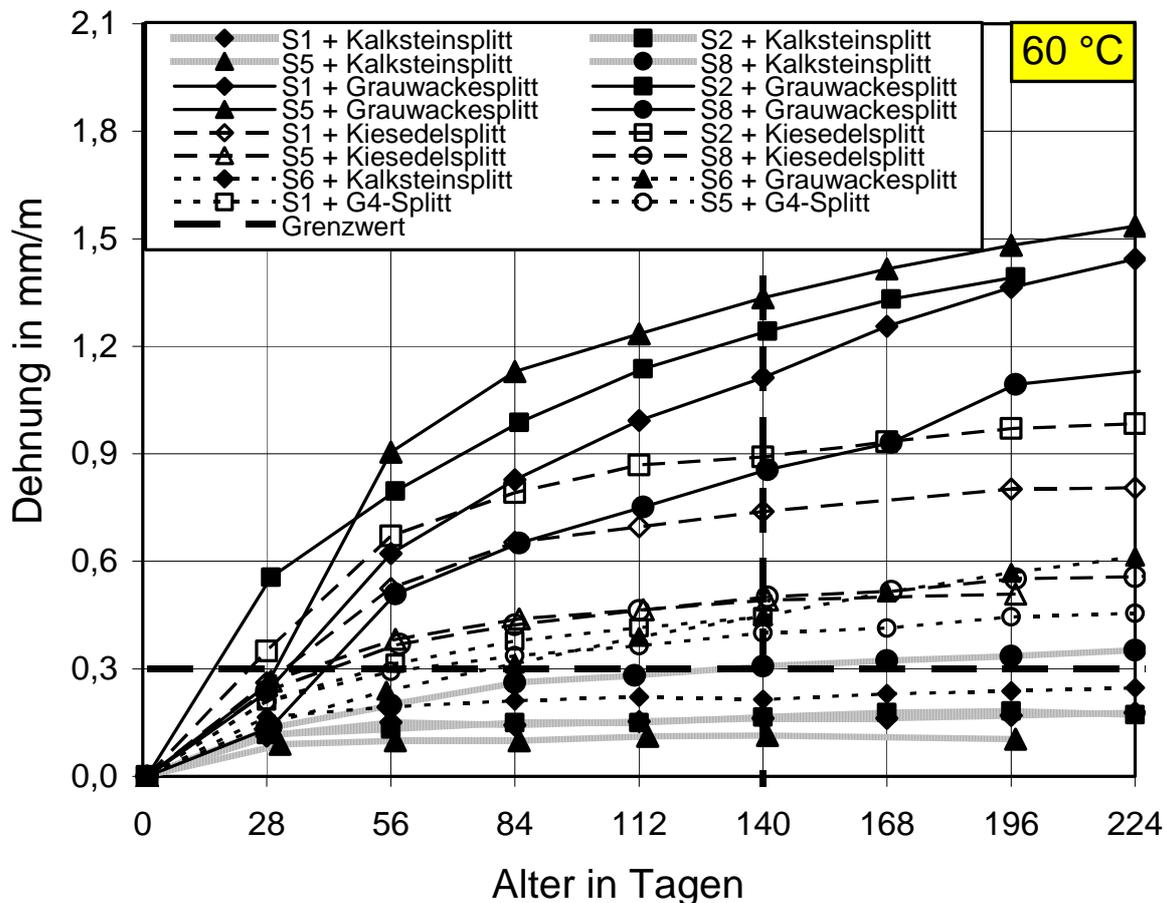


Bild 3 Dehnungswerte der Proben im 60 °C-Betonversuch

was zu vergleichsweise hohen Dehnungen im Beton führte. Die lichtmikroskopischen Dünnschliffuntersuchungen deuteten zudem ein unterschiedliches Rissbild in den Proben an (Bilder 4 und 5). Die Dehnungswerte der Betone mit den ungebrochenen quarzitischen Prüfsanden bewegten sich innerhalb der Spanne, die durch den inerten Sand S5 und den reaktiven Sand S8 vorgegeben wurde. Eine korrekte Beurteilung der groben Gesteinskörnung Grauwacke als „alkalireaktiv“ wurde durch die verschiedenen Sande nicht beeinträchtigt. Die Betone mit dem reaktiven Kiesedelsplitt (gestrichelte Kurven) zeigen auf einem niedrigeren Dehnungsniveau qualitativ dieselben Ergebnisse. Auch diese Gesteinskörnung wurde in allen getesteten Kombinationen mit Prüfsanden korrekt beurteilt.

In einem Zusatzversuch wurde eine weitere, nur mäßig alkaliempfindliche Gesteinskörnung (G4) untersucht. Der Dehnungsverlauf der damit hergestellten Betone ist in Bild 3 als gepunktete Linien mit offenen Symbolen dargestellt. Demnach wurde beim Einsatz des Kalkbrechsandes der Dehnungsgrenzwert geringfügig überschritten, wodurch das Potential der Gesteinskörnung zu einer schädigenden AKR erkennbar wurde. Der Ersatz des Kalkbrechsandes durch den Prüfsand S1 führte zu leicht höheren Dehnungswerten und damit zu einer auf der sicheren Seite liegenden Bewertung der Gesteinskörnung.

Die Ergebnisse aus der Nebelkammerlagerung der Betone zeigten mit Ausnahme von Gesteinskörnung G4 die identischen Ergebnisse (Bild 6). Da sich durch Rissbildungen keine von den Dehnungswerten abweichenden Interpretationen ergaben, wurde auf die Darstellung des Risskriteriums in Bild 6 verzichtet. Der Einfluss der Sandfraktion auf die Dehnungswerte der Betone war vergleichsweise gering und wurde eindeutig durch die Reaktivität der groben Gesteinskörnung überlagert. Es kam weder bei definiert inerter Gesteinskörnung durch reaktive Quarzsande zu Überschreitungen von Grenzwerten, noch wurden Dehnungen von Betonen mit deutlich reaktiven Gesteinskörnungen durch natürliche Quarzsande soweit gedämpft, dass es zu einer falschen Bewertung der groben Gesteinskörnung gekommen wäre. Erst mit zunehmendem Anteil von feinstkörnigem Brechsand ließen sich aufgrund einer einsetzenden puzzolanischen Reaktion signifikante Verringerungen der Dehnungswerte von Betonen mit reaktiven Splitten erreichen. Betone mit mäßig reaktiven Gesteinskörnungen zeigten bei Verwendung von alkalireaktiven Sanden leicht erhöhte Dehnungen. Die Bewertung von Gesteinskörnungen, die mit Inertsand im Grenzbereich der Dehnung liegen, würde bei Verwendung von geringfügig reaktivem Quarzsand somit auf der sicheren Seite liegend erfolgen.

Es bestand keine zwingende Korrelation zwischen den Dehnungswerten des auf Sande angewendeten DAfStb-Mörtelschnelltests und den ermittelten Betondehnungen. Dementsprechend ist der Mörtelschnelltest auch nicht zur Beurteilung einer möglichen Alkalireaktivität von Sandkörnungen in Betonen geeignet.

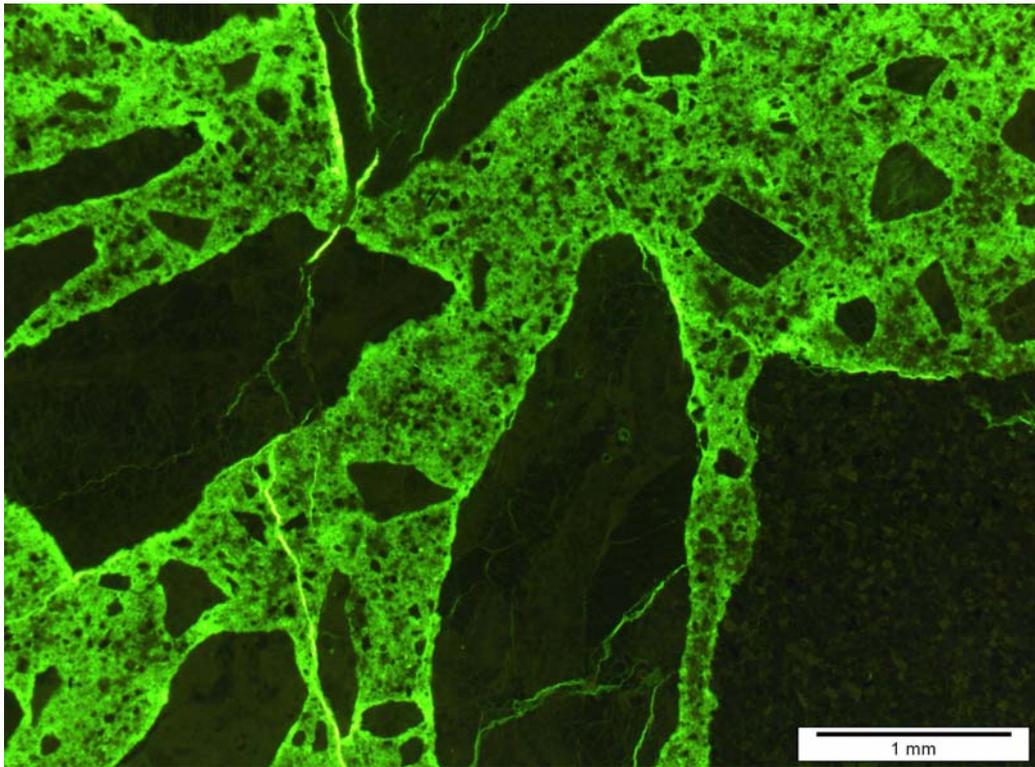


Bild 4 Beton mit Grauwackesplitt und Kalksteinbrechsand: reagierte Splittkörner mit Rissfortsetzung in ansonsten ungeschädigter Matrix (UV-Beleuchtung)

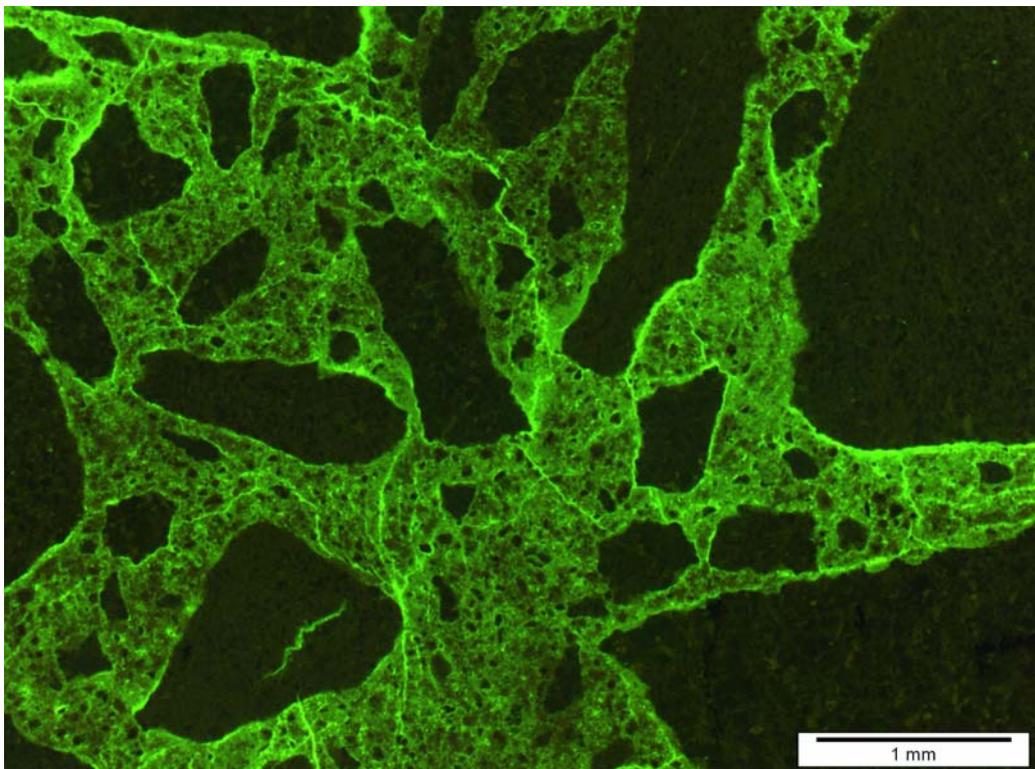


Bild 5 Beton mit Grauwackesplitt und Grauwackebrechsand: System aus feinverzweigten Mikrorissen in der Zementsteinmatrix, nur geringe Schädigung in Grauwackesplitt und -sand (UV-Beleuchtung)

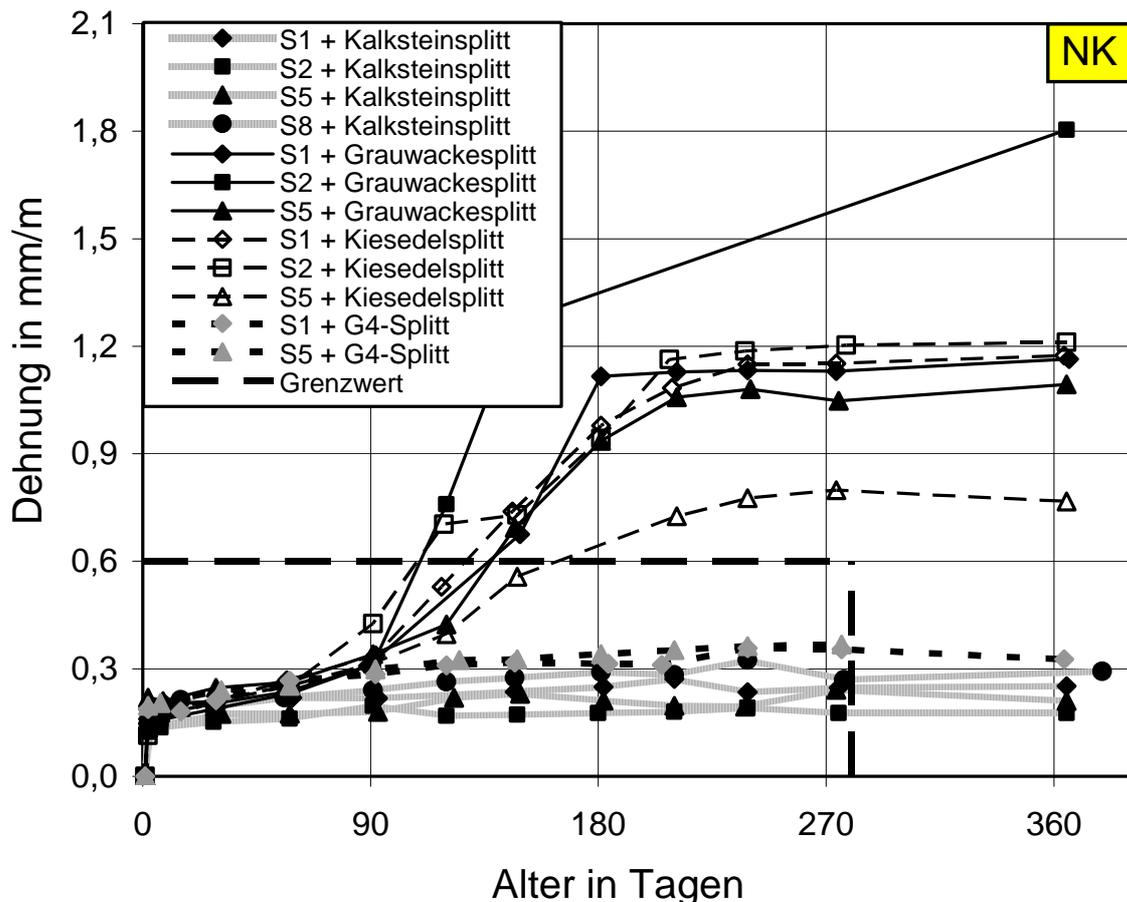


Bild 6 Dehnungswerte der Proben in der Nebelkammer

Die Anwendung des modifizierten LMPA-Verfahrens führte zu einer ähnlich scharfen Trennung in der Beurteilung der inerten und reaktiven groben Gesteinskörnungen wie die Betonversuche. Aussagen über die Beurteilung von mäßig reaktiven Gesteinskörnungen konnten aufgrund der verwendeten Ausgangsstoffe nicht getroffen werden. Ein Einsatz von Straßenbauzement CEM I (st) und CEM II/B-S in diesem Prüfverfahren zeigte ebenso wie in den Betonversuchen, dass durch diese Zemente eine schädigende AKR der groben Gesteinskörnungen verzögert und abgeschwächt wird. Einflüsse der Sandfraktion waren dann überhaupt nicht mehr zu verzeichnen. Da das Prüfverfahren ausschließlich mit der Alkalidotierung der Zemente differenzierbare Ergebnisse liefert, ist es als Performance-Prüfung nicht geeignet.

Ergänzend durchgeführte Performance-Untersuchungen (60 °C-Betonprüfung mit Wechselagerung unter Salzbeaufschlagung) führten nicht nur mit Prüfzement, sondern auch bei Verwendung von CEM I (st) oder CEM II/B-S zu Betonschädigungen, sobald eine reaktive Gesteinskörnung eingesetzt wurde (Bild 7). Die Verwendung von quarzitischem Prüfsand anstelle von inertem Kalkbrechsand verringerte die Betondehnungen (z. B. bei den Betonen mit CEM I (st) und Grauwackesplitt; gestrichelte Linien in Bild 7). Eine weitere Erhöhung eines alkalireaktiven Feinstoffanteils (z. B. gebrochener Quarzsand) könnte die Beton-

dehnungen gegebenenfalls deutlich reduzieren. Dieser auf der Puzzolanität beruhende Effekt ist aus der internationalen Forschung bekannt und wird teilweise gezielt durch den Einsatz puzzolanischer Stoffe genutzt. Um in der Performance-Prüfung die Gesamtheit aller Einflussfaktoren zu erfassen, sollte die zu prüfende Betonmischung nicht nur die vorgesehenen Zemente und groben Gesteinskörnungen enthalten, sondern auch die für das Bauprojekt zur Verfügung stehenden Sande.

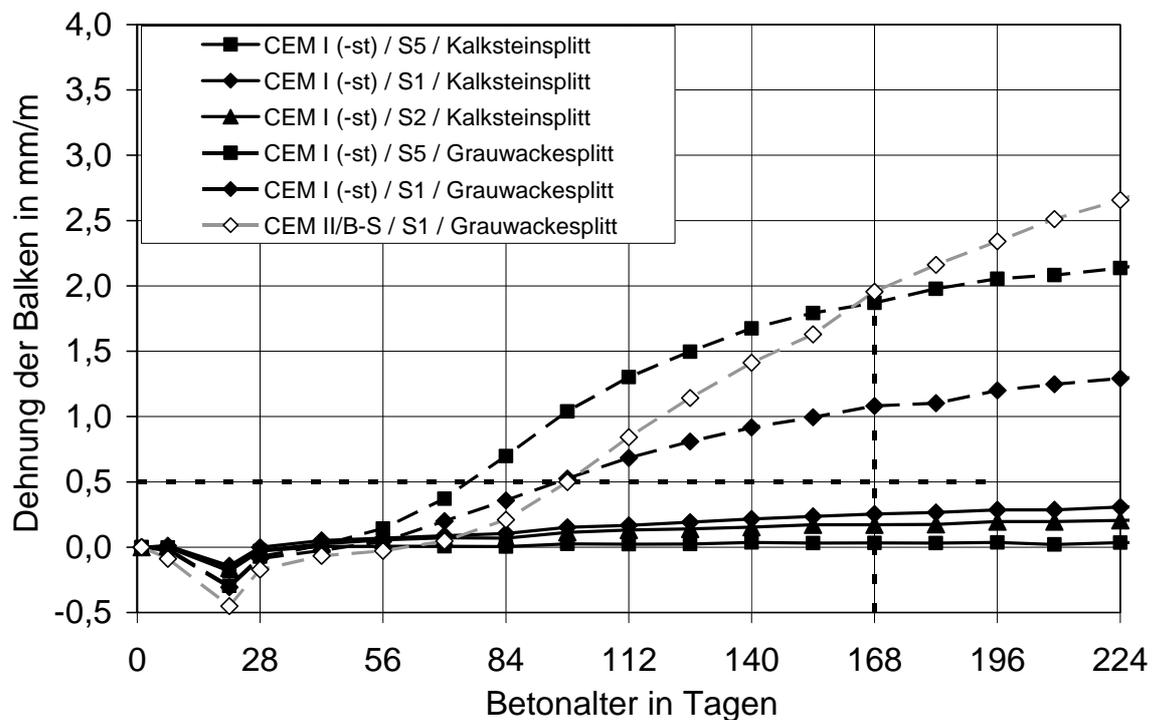


Bild 7 Dehnungswerte verschiedener Betone im Performance-Prüfverfahren (Wechsel-lagerung mit Taumittelbeaufschlagung)

4 Zusammenfassung und Bewertung

In einem Forschungsprojekt wurde im Forschungsinstitut der Zementindustrie die Auswirkung der Alkalireaktivität von Prüfsanden auf die Bewertung potentiell alkalireaktiver Gesteinskörnungen untersucht. Das Forschungsvorhaben wurde aus Haushaltsmitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ (AiF) gefördert.

Die Alkali-Richtlinie des DAfStb sieht zur Prüfung der Alkalireaktivität von Gesteinskörnungen u. a. Mörtel- und Betonversuche vor, bei denen die zu prüfende Körnung mit einer inerten Sandfraktion zu ergänzen ist. Die dazu verwendeten quarzitären Sandkörnungen weisen aber naturbedingt eine geringe eigene Alkalireaktivität auf. Ziel des Forschungsvorhabens war, den Einfluss verschiedener quarzitischer Prüfsande auf die Bewertung von inerten und reaktiven Gesteinskörnungen zu quantifizieren.

Im Mörtelschnelltest (Referenzverfahren nach DAfStb-Richtlinie) zeigten die untersuchten Prüfsande divergierende Dehnungswerte. Auch die Löslichkeit im alkalischen Milieu war unterschiedlich, ohne mit den Dehnungswerten im Mörtel zu korrelieren. Ferner bestand keine Korrelation zwischen den Dehnungswerten des DAfStb-Mörtelschnelltests und den Betondehnungen. Somit ist der Mörtelschnelltest auch nicht zur Beurteilung einer Alkalireaktivität von Sandkörnungen in Betonen geeignet. Gleiches gilt für den „modifizierten LMPA-Test“ (Alternativverfahren nach DAfStb-Richtlinie).

In den Betonversuchen wurden Kombinationen von Prüfsanden und definiert reaktiven und inerten groben Gesteinskörnungen untersucht. Sowohl im 60 °C-Betonversuch als auch bei der Nebelkammerlagerung war der Einfluss der Sandfraktion auf die Dehnungswerte der Betone gering und wurde eindeutig durch die Reaktivität der groben Gesteinskörnung überlagert. Es kam weder bei inerten Gesteinskörnungen durch reaktive Quarzsande zu Überschreitungen von Grenzwerten, noch wurden Dehnungen von Betonen mit eindeutig reaktiven Gesteinskörnungen durch natürliche Quarzsande soweit vermindert, dass es zu einer falschen Bewertung der groben Gesteinskörnung gekommen wäre. Die Bewertung von Gesteinskörnungen, die mit Inertsand im Grenzbereich der Dehnung liegen, würde bei Verwendung von geringfügig reaktivem Quarzsand auf der sicheren Seite liegend erfolgen.

Performance-Untersuchungen (60 °C-Betonprüfung mit Wechsellagerung unter Salzbeaufschlagung) führten nicht nur mit alkalireichem Portlandzement, sondern auch bei Verwendung von CEM I (st) oder CEM II/B-S zu Betonschädigungen, sobald eine reaktive Gesteinskörnung eingesetzt wurde. Die Verwendung von quarzitären Prüfsand mit Brechsandan-teilen anstelle von inertem Kalkbrechsand verringerte die Betondehnungen teilweise deutlich. Um in der Performance-Prüfung die Gesamtheit aller Einflussfaktoren zu erfassen, sollten die Betonmischungen nicht nur die vorgesehenen Zemente und groben Gesteinskörnungen enthalten, sondern auch die für das Bauprojekt zur Verfügung stehenden Sande beinhalten.

Im Zuge der an Straßenbauwerken aufgetretenen AKR-Schäden wird diskutiert, ob und ggf. wie Sande hinsichtlich ihrer Alkalireaktivität überprüft werden müssen. Die Ergebnisse des Forschungsvorhabens belegen, dass der Einfluss von unebrochenen, quarzitären Sanden auf eine schädigende AKR in Beton so gering ist, dass i. d. R. auf eine separate Prüfung dieses Ausgangsstoffes verzichtet werden kann.

„Das Ziel des Forschungsvorhabens wurde erreicht“