

7705

BH. Nr. F2342

MBF

Gesellschaft für Materialprüfung und Baustoffforschung mbH
des IEMB Berlin

709,9%

Einfluß von Zementinjektagen auf haufwerksporigen Leichtbeton

Kurzfassung zum

Abschlußbericht

Juni 1998

von

**Dr. rer. nat. M. Höpcke
Dipl.-Ing. Y. Junker**

Der Forschungsbericht wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau (Aktenzeichen: B I 5 80 01 97 - 18) gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt des Berichtes liegt bei den Autoren.

1. Zielsetzung

Inhalt der vorliegenden Forschungsarbeit sind baustoffliche Untersuchungen von haufwerksporigem Leichtbeton, an dem zur Erhöhung der Festigkeit Zementleiminjektionen durchgeführt worden sind.

Haufwerksporiger Leichtbeton besitzt im Vergleich zu normalem Beton abweichende materialtypische Eigenschaften, und zwar speziell die chemische Zusammensetzung der leichten Zuschläge sowie Porengehalt und Porenstruktur sowohl der Zuschläge als auch des Gesamtbaustoffs. Aufgrund dieser Fakten wurde haufwerksporiger Leichtbeton als Baustoff mit wärmedämmenden Eigenschaften eingesetzt.

Im Bauschadensbericht des Bundesministeriums für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau vom August 1993 werden für Wohnbauten in Fertigteilbauweise in den neuen Bundesländern /1/ speziell für Gebäude mit **Außenwandelementen aus haufwerksporigem Leichtbeton** Schadensbilder wie z. B. großflächige Makrorißstrukturen, Feuchteschäden im Fugenbereich der Fensteranschlußstellen oder unzureichenden Wärmeschutz aufgezeigt.

Im Rahmen des Forschungsprojekts "Baukostensenkung durch gesicherte Schadensbeurteilung an haufwerksporigen Leichtbetonelementen der industriell errichteten Wohnbauten in der ehemaligen DDR" /2/ wurden Grundlagen für eine dauerhafte und umfassende Sanierung zur Beseitigung der aufgeführten Schäden an Außenwandelementen aus haufwerksporigem Leichtbeton erarbeitet.

Für die Gebäude, für die das geforderte Sicherheitsniveau nicht nachweisbar ist, könnte nach diesen Überlegungen durch **Festigkeitserhöhung** des haufwerksporigen Leichtbetons **infolge einer Zementleiminjektage** das vorhandene Sicherheitsniveau erhöht und die Standsicherheit im Sinne einer gesicherten und dauerhaften Sanierung wiederhergestellt werden.

Dabei könnte die potentielle Gefahr darin bestehen, daß im nachhinein Bedingungen geschaffen werden, die eine schädigende Alkali-Kieselsäure-Reaktion (im folgenden AKR genannt) ermöglichen.

Ursache und Wirkungsweise der AKR beruhen darauf, daß einige Betonzuschläge alkalireaktive Kieselsäure enthalten, die mit Alkalien, die im Porenwasser (Alkalihydroxid) des Betons gelöst vorliegen, zu Alkalisilikaten reagieren können. Unter bestimmten Voraussetzungen führt diese Reaktion zu einer **Volumenvergrößerung, die zu einer Schädigung des Betons** führen kann.

Ablauf und Ausmaß der Reaktion hängen insbesondere von der Art und Menge der alkaliempfindlichen Zuschlagbestandteile, ihrer Größe und Verteilung, dem Alkalihydroxidgehalt in der Porenlösung sowie den Feuchtigkeitsbedingungen des erhärteten Betons ab.

Unter Ausschluß von Feuchtigkeit kommt die **Alkali-Kieselsäure-Reaktion zum Stillstand**, während sie bei feuchtem Beton und ungünstigen Temperaturbedingungen relativ rasch abläuft und bei extremer Beanspruchung durch Alkalizufuhr von außen (z. B. Tausalzeinwirkung) zudem verstärkt werden kann.

An Bauelementen aus Leichtbeton gab es in der Praxis bisher keine Schäden, die als Ursache den Einfluß von schädigender AKR haben und auch in der Literatur wird nach unseren Erkenntnissen dieser Problematik keine Aufmerksamkeit gewidmet.

Gründe dafür sind z. B. die materialtypisch **hohe Porosität** dieses Baustoffs und eine damit verbundene höhere Platzkapazität für eventuell volumenvergrößernde Reaktionsprodukte. **Bedingt durch die konstruktiven Lösungen von Bauwerksteilen** aus haufwerksporigem Leichtbeton war außerdem das für den Ablauf schädigender AKR **notwendige Feuchteangebot nicht ausreichend**.

Durch die Anwendung von Injektagen werden diese Bedingungen verändert. Es werden zum einen die **Platzreserven** in haufwerksporigem Leichtbeton **mit Zementleim ausgefüllt** und sind de facto nicht mehr vorhanden. Darüber hinaus **erfolgt durch die Injektage ein zusätzlicher Eintrag von Wasser, durch den Reaktionen zusätzlich gefördert werden können**.

Auf der Grundlage von durchgeführten Untersuchungen sollen Erkenntnisse darüber gewonnen werden, ob die für die Sanierung eingesetzte Zementleiminjektage einen Einfluß auf das AKR-Verhalten und somit auf die Dauerhaftigkeit des Baustoffs hat.

2. Durchführung

Die DAFStb-Richtlinie "**Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkalireaktion im Beton**", Teil 1, 2, 3; 8. Entwurf, Stand Mai 1997 /3/ gilt für Beton nach DIN 1045 "Beton und Stahlbeton".

Diese Richtlinie ist für die Beurteilung von Betonzuschlag nach DIN 4226 "Zuschlag für Beton" der schädliche Mengen an alkalireaktiver Kieselsäure enthält oder bei dem diese nicht sicher auszuschließen sind, sowie für die ggf. beim Beton zu ergreifenden Maßnahmen anzuwenden.

In Teil 2 und 3 der genannten Richtlinie /3/ sind umfassend und ausführlich alle nach neuestem Erkenntnisstand einzuhaltenden **vorbeugenden Maßnahmen** festgeschrieben, um bei neu zu projektierenden Bauwerken, **AKR** mit Sicherheit **ausschließen** zu können.

Auf der Grundlage von **Laboruntersuchungen** besteht jedoch die Möglichkeit, die **potentielle AKR-Gefährdung** eines Baustoffs **im nachhinein zu beurteilen**. In der Regel wird als erste Voruntersuchung der sog. Fluoreszenztest durchgeführt, dadurch werden nach Behandlung mit Uranylacetat eventuell vorhandenen Alkalisilikate (Reaktionsprodukte der AKR) im UV-Licht sichtbar gemacht. Ergibt diese Untersuchung ein positives Ergebnis, ist die Ermittlung folgender Parameter notwendig:

- **Bestimmung des Na_2O -Äquivalent durch Ermittlung der K- und Na-Gehalte im Baustoff;**
- **Ermittlung der Alkaliempfindlichkeit der Zuschläge;**
- **Bestimmung des Restdehnungsverhaltens an Prüfkörpern (Beanspruchung unter pessimalen Bedingungen bei 96 % rel Luftfeuchte und 38 °C)**

Diese Untersuchungen wurden an **Prüfkörpern** durchgeführt, die aus **zementleiminjizierten Gebäudewänden aus haufwerksporigem Leichtbeton** entnommen worden sind. Für **Vergleichsuntersuchungen** wurde **an nicht injizierten Leichtbetonproben** die Durchführung des Fluoreszenztests, sowie die Bestimmung der Alkaligehalte herangezogen.

Bild 1 zeigt einen Bohrkern aus nicht injiziertem Leichtbeton (links im Bild) und als Vergleich dazu einen Bohrkern, der aus einer zementleiminjizierten Giebelwand entnommen wurde.



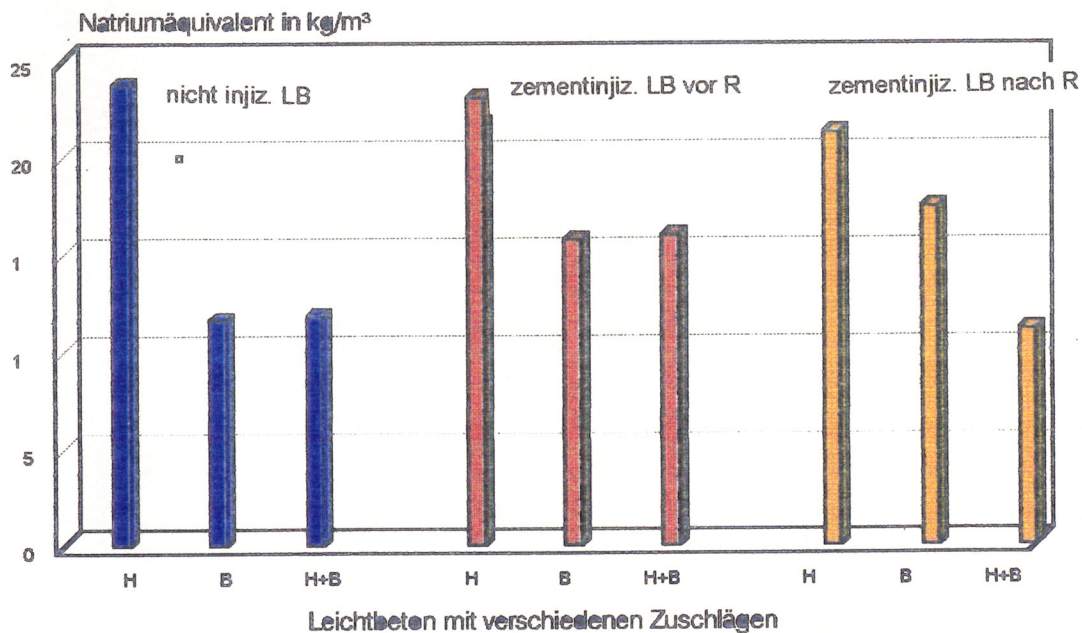
Bild 1: Borkern aus nicht injiziertem Leichtbeton (links im Bild), Bohrkern aus zementleiminjiziertem Leichtbeton (rechts im Bild)

3. Ergebnisse

Die Auswertung aller erhaltenen Untersuchungsergebnisse ergibt, daß im untersuchten Baustoff sowohl vor als auch nach einer Zementleiminjektage alle notwendigen Faktoren für den Ablauf einer schädigenden AKR vorhanden sind:

In Bild 2 ist eine graphische Darstellung des Natriumäquivalents in Abhängigkeit der verschiedenen Leichtbetonproben enthalten. Daraus ist ersichtlich, daß der Baustoff **hohe Alkaligehalte** mit Analysenwerten von **10 bis 24 kg/m³** enthält. Gleichzeitig sind **Zuschläge mit einer potentiellen Alkaliempfindlichkeit vorhanden**.

Der für Beton **zulässige Gehalt** an Alkalien bei Anwesenheit von alkaliempfindlicher Zuschläge wird in der AKR-Richtlinie /3/ mit **3,6 kg/m³** angegeben.



Legende:

LB = Leichtbteon

R = Restdehnverhalten

H = Hüttenbims

B = Blähton

H+B = Hüttenbims und Blähton

Bild 2: Graphische Darstellung der Alkaligehalte von verschiedenen Leichtbetonen

Fluoreszenzuntersuchungen haben ergeben, daß durch die Beanspruchung bei hoher Luftfeuchte, die zur Ermittlung des Restdehnverhaltens erfolgt ist, der ohnehin schon **hohe Anteil an Alkalisilikaten - den Reaktionsprodukten von AKR** - im Leichtbeton noch erhöht wird.

Das **Restdehnverhalten** von zementinjiziertem Leichtbeton ist mit Längenänderungen von **0,72 bis 2,46 mm/m** als **erheblich** einzustufen und nach 175 Tagen Beanspruchungsdauer noch nicht zum Stillstand gekommen (siehe Bild 3).

Die in der ASTM-Vorschrift /8/ für eine 96tägige Beanspruchungsdauer **zulässige Restdehnung beträgt 0,5 mm/m**.

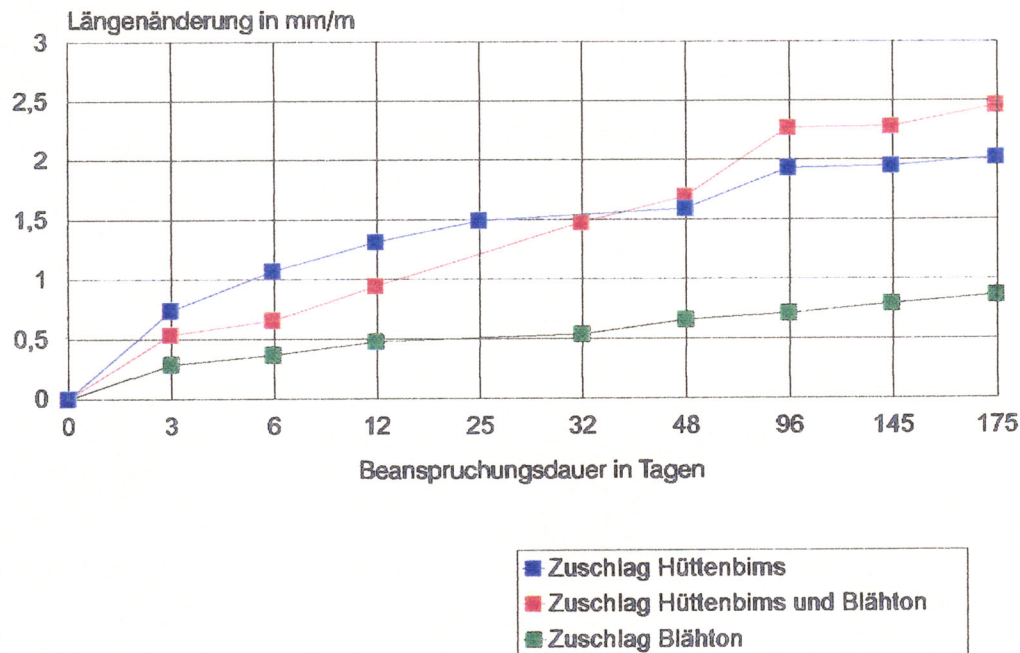


Bild 3: Restdehnverhalten von zementinjiziertem Leichtbeton

Die Untersuchungen haben ergeben, daß alle für eine schädigende AKR notwendigen Faktoren (hohe Alkaligehalte, alkaliempfindliche Zuschläge und Feuchtigkeit) in den injizierten Leichtbetonproben vorhanden sind. Von diesen aufgeführten Parametern ist Feuchtigkeit die einzige nachträglich beeinflussbare Größe. Daraus resultiert, daß als einzige Maßnahme zur Vermeidung von AKR-schäden der zuverlässige Ausschluß von Feuchtigkeit angesehen werden muß.

Für die untersuchten zementleiminjizierten Giebelwände ist lt. Sanierungskonzept eine Wärmedämmung vorgesehen.

Diese Maßnahme würde unter der Voraussetzung einer ordnungsgemäßen Ausführung, den Einfluß von Feuchtigkeit auf den Baustoff ausschließen und somit wirkungsvoll schädigende AKR in zementinjizierten Leichtbetonen verhindern.

Es muß jedoch berücksichtigt werden, daß **durch die Zementleiminjektagen ein Wassereintrag in den bis dahin trockenen Baustoff erfolgt**. Erst nach einer noch nicht zu quantifizierenden Zeit diffundiert die Feuchte aus dem Baustoff und ist bis dahin als beschleunigender Reaktionspartner der AKR vorhanden.

Es sollte darum unbedingt durch weitere Untersuchungen die **Zeitabhängigkeit der Austrocknung überprüft** werden.

Dabei sollte gleichzeitig ein **Grenzwert für den Feuchtegehalt** ermittelt werden, **bei dem eine AKR praktisch zum Stillstand** kommt. Es wird außerdem vorgeschlagen, sanierte Außenwände zwei Jahre nach erfolgter Injektage auf visuell erkennbare AKR-Schäden zu überprüfen und damit parallel zu einem Laboruntersuchungsprogramm, das den **Feuchteverlauf im Baustoff ermittelt, Praxisergebnisse zu erhalten**.