Einflußmöglichkeiten auf den Bezugsfeuchtegehalt von Betonen

BERNHARD SAGMEISTER
HENNING ROHOWSKI

Im Rahmen der wärmeschutztechnischen Optimierung von Mauersteinen aus haufwerksporigem Leichtbeton kommt dem Feuchtegehalt dieser Produkte im Einbauzustand eine bedeutende Rolle zu.

Die Bestimmung des Feuchtegehaltes von Mauerwerksprodukten im Einbauzustand ist schwierig, man greift daher auf ein allgemein anerkanntes Normverfahren zurück, bei dem der sogenannte Bezugsfeuchtegehalt bestimmt wird. Die Materialprüfungs- und Versuchsanstalt Neuwied hat Tastversuche mit diesem Normverfahren durchgeführt. Die Untersuchungen sollen zeigen, in welche Richtung die Gedanken gehen müssen, um den Bezugsfeuchtegehalt von haufwerksporigem Leichtbeton gezielt zu beeinflussen. Hierzu wurden einzelne Versuchsserien durchgeführt, einerseits zum Normverfahren selber, nämlich der Probenpräparation, andererseits zum Einfluß der Zuschläge und der Zementmatrix.

Der Einfluß der Probenpräparation und der Art der Leichtzuschläge auf den Bezugsfeuchtegehalt von haufwerksporigem Leichtbeton kann als gering betrachtet werden. Die Bezugsfeuchtemessungen an Betonen, deren Porengefüge bewußt variiert wurde, brachten deutliche Unterschiede in den ermittelten Werten von bis zu 42 %.

1 Situation

Aufgrund von bestehenden bzw. sich entwickelnden Rahmenbedingungen werden Mauersteinhersteller weiterhin versuchen, durch wärmeschutztechnisch verbesserte Produkte Wettbewerbsvorteile zu erlangen.

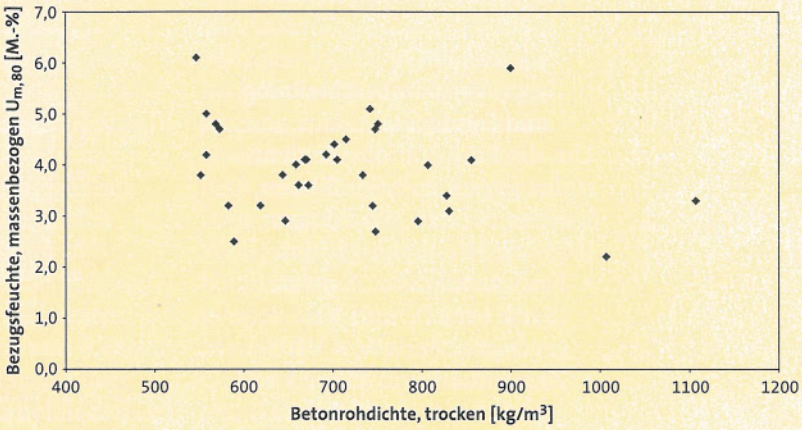
Dieser verbesserte Wärmeschutz der Mauerwerksprodukte manifestiert sich in Rechenwerten der Wärmeleitfähigkeit (λ_R), welche weit über den, in DIN V 4108-4: 1998-11 /1/ zugeordneten, Kennwerten liegen.

Diese Rechenwerte, die nach /2/ alternativ zur DIN V 4108-4: 1998-11 ermittelt werden dürfen, sind ganz maßgeblich vom Bezugsfeuchtegehalt der Mauersteine abhängig. In /3/ wird dies anschaulich dargestellt. Eine Erniedrigung des Rechenwertes λ_R um 10 % und mehr ist über einen niedrigen Bezugsfeuchtegehalt der Mauersteine möglich. Dieser muß dann aber auch in der Produktion zielsicher eingehalten werden.

2 Streuung der Bezugsfeuchten

Die Materialprüfungs- und Versuchsanstalt Neuwied befaßt sich seit einigen Jahren intensiv mit der Prüfung des Bezugsfeuchtegehaltes von Mauersteinen aus haufwerksporigem Leichtbeton nach DIN 52620: 1991-04 /4/. Die hierbei ermittelten Werte streuen mit etwa ±50 % um einen Mittelwert von 3,9 M.-% (Bild 1).

1 Aktuelle Meßwerte MPVA Neuwied zur Bezugsfeuchte nach DIN 52620



Die Ursachen für diese starken Streuungen sind bisher nicht bekannt. Auch ein Forschungsprojekt zu dieser Problematik, zusammengefaßt in /5/, ließ viele Fragen unbeantwortet. Es wurde jedoch auf den starken Einfluß der Zementmatrix hingewiesen.

3 Durchgeführte Versuche

3.1 Probenpräparation

Es wurden das Verhältnis der Außenflächen der Prüfkörper zu ihrem Volumen (A/V) variiert sowie allseitig und teilweise geschnittene Prüfkörper hergestellt.

Auf eine ausführliche Beschreibung der Versuchsdurchführung und der Versuchsergebnisse wird an dieser Stelle verzichtet. Die vorgenannten Variationen an den Prüfkörpern wirken sich nicht auf den, nach DIN 52620 ermittelten, Bezugsfeuchtegehalt aus.

© Ernst & Sohn • Einflußmöglichkeiten auf den Bezugsfeuchtegehalt von Betonen

Serie	Material	Schüttdichte	$U_{m,80}$	Bemerkung
		[kg/dm³]	[M.-%]	
I	Deutscher Waldbims	0,38	1,6	Keine Aufbereitung
II	Italienischer Bims	0,55	0,6	Gesiebt, weitere Aufbereitung nicht bekannt
III	Isländischer Bims	0,33	0,6	Gesiebt, weitere Aufbereitung nicht bekannt
IV	Görre Bims	0,39	0,6	Gesiebt, weitere Aufbereitung nicht bekannt
V	Deutscher Bims Hersteller A	0,31	0,6	Waschbims
VI	Türkischer Bims	0,34	0,8	Gesiebt, weitere Aufbereitung nicht bekannt
VII	Griechischer Bims	0,59	0,6	Gesiebt, weitere Aufbereitung nicht bekannt
VIII	Deutscher Bims Hersteller B	0,36	0,7	Waschbims
IX	Deutscher Bims Hersteller C	0,29	1,1	Waschbims
X	Deutscher Bims Hersteller D	0,31	1,1	Waschbims

Tabelle 1 Bezugsfeuchte $U_{m,80}$ verschiedener Bimssorten

3.2 Zuschlag

Um den Einfluß von Naturbimszuschlag, verschiedener Herkunft und Aufbereitung, auf den Bezugsfeuchtegehalt von haufwerksporigem Leichtbeton zu untersuchen, wurde an den, in Tabelle 1 aufgeführten, Bimssorten der Bezugsfeuchtegehalt nach DIN 52620 bestimmt. Die Versuche erfolgten einheitlich an der Körnung 8/16.

Die Zuschläge erreichten insgesamt niedrige Bezugsfeuchten (Tabelle 1), volumenbezogen liegen die Werte aufgrund der niedrigen Schüttdichten der Körnungen noch niedriger. Die Untersuchungsergebnisse decken sich mit denen des Forschungsberichts /5/. Der Zuschlag spielt also für den Bezugsfeuchtegehalt von haufwerksporigen Betonen nur eine untergeordnete Rolle. Lediglich beim unaufbereiteten Bims (Serie I) dürfte ein stärkerer Einfluß zu erwarten sein.

3.3 Zement

3.3.1 Versuchsbeschreibung und Ergebnisse

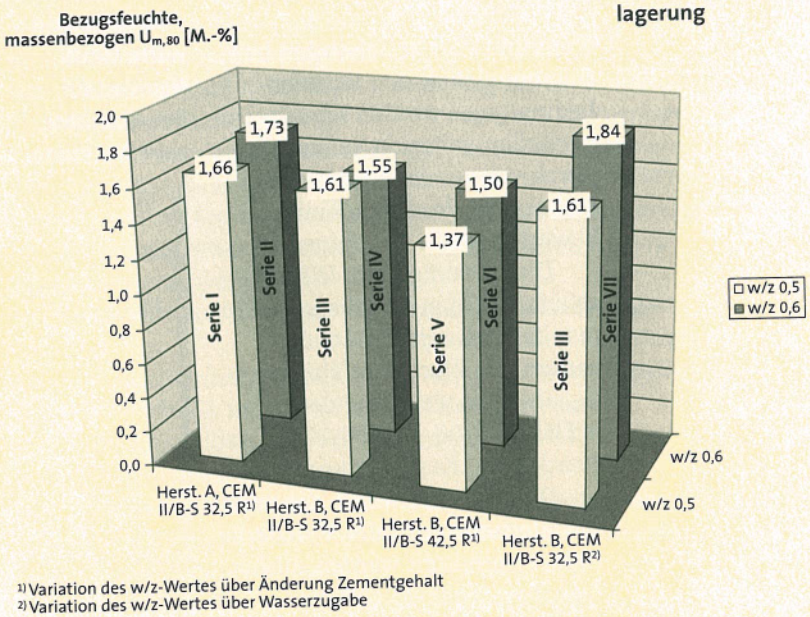
Um die Porosität des Zementsteins gezielt zu beeinflussen, wurden bei den Mischungen folgende Parameter variiert:

- Festigkeitsklasse Zement (Serie I bis IV und VII gegenüber Serie V + VI)
- Zementherkunft (Serie I + II gegenüber Serie III bis VII)
- Wasserzementwert (w/z) (Serie I, III, V gegenüber Serie II, IV, VI, VII).

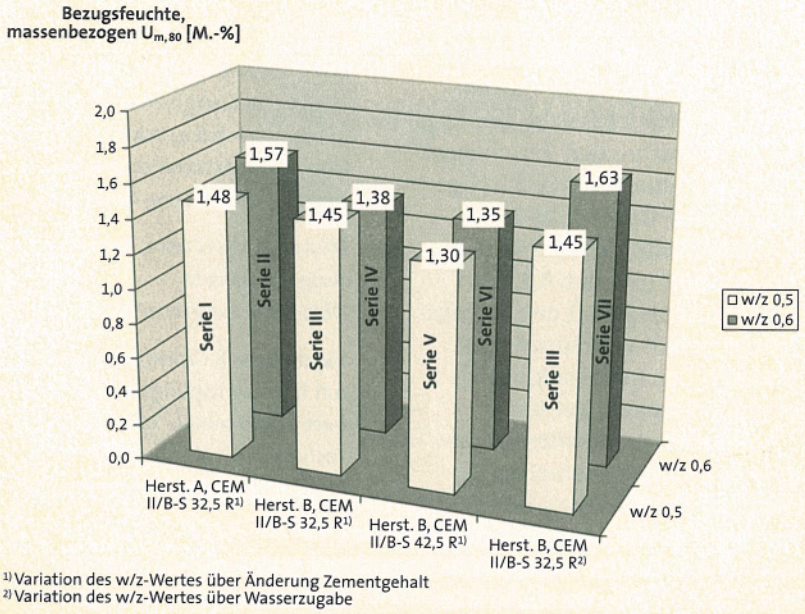
Außerdem wurde an den Proben zweimal hintereinander, mit zwischenzeitlicher Trocknung, der Bezugsfeuchtegehalt nach DIN 52620 bestimmt (1. und 2. Klimalagerung).

Die Versuche wurden an Normalbeton durchgeführt. Dies erscheint sinnvoll, da ausschließlich der Einfluß der Zementmatrix auf den Bezugsfeuchtegehalt untersucht werden sollte. Bei Normalbeton lassen sich die Schwankungen der Randparameter wie beispielsweise Kornverteilung oder Kornform gering halten, im Vergleich zu haufwerksporigem Leichtbeton. Im einzelnen sind die Mischungen in Tabelle 2 beschrieben. Bei den Serien I bis VI erfolgte die Variation des w/z-Werts über eine Veränderung der Zementmenge bei konstanter Wasserzugabe. Bei der Serie VII wurde umgekehrt verfahren. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 zusammengefaßt und in den Bildern 2 und 3 dargestellt.

2 Bezugsfeuchtegehalt $U_{m,80}$ verschiedener Prüfkörper aus Normalbeton, nach der 1. Klimalagerung



¹) Variation des w/z-Wertes über Änderung Zementgehalt
²) Variation des w/z-Wertes über Wasserzugabe



1) Variation des w/z-Wertes über Änderung Zementgehalt
2) Variation des w/z-Wertes über Wasserzugabe

3 Bezugsfeuchtegehalt $U_{m,80}$ verschiedener Prüfkörper aus Normalbeton, nach der 2. Klimalagerung

Tabelle 2 Mischungszusammensetzung verschiedener Prüfserien und Ergebnisse der zugehörigen Bezugsfeuchtebestimmungen

Serie	Zement	Hersteller	Masse Zuschlag[1)]	Masse Zement[1)]	w/z	Zemente-leimmenge[1)]	Trockenrohdichte	1. Klimalagerung $U_{m,80}$	2. Klimalagerung $U_{m,80}$	Rezepturänderungen gegenüber Serie I	Alter der Proben bei 1. Klimalagerung
			[kg/m³]	[kg/m³]		[dm³]	[kg/dm³]	[M.-%]	[M.-%]		[d]
I	CEM II/ B-S 32,5 R	A	1607	440	0,5	370	2090	1,66	1,48	–	82
II	CEM II/ B-S 32,5 R	A	1672	367	0,6	340	2070	1,73	1,57	w/z-Wert über Zementanteil verändert	82
III	CEM II/ B-S 32,5 R	B	1607	440	0,5	370	2155	1,61	1,45	Zement Hersteller B	78
IV	CEM II/ B-S 32,5 R	B	1672	367	0,6	340	2149	1,55	1,38	Zement Hersteller B und w/z-Wert über Zementanteil verändert	78
V	CEM II/ B-S 42,5 R	B	1607	440	0,5	370	2151	1,37	1,30	Zement Hersteller B und CEM 42,5	76
VI	CEM II/ B-S 42,5 R	B	1672	367	0,6	340	2108	1,50	1,35	Zement Hersteller B und CEM 42,5 und w/z-Wert über Zementanteil verändert	76
VII	CEM II/ B-S 32,5 R	B	1493	440	0,6	410	2126	1,84	1,63	Zement Hersteller B und w/z-Wert über Wasserzugabe verändert	70

1) Bezogen auf 1 m³ Frischbeton

3.3.2 Diskussion der Ergebnisse

Die Festigkeitsklasse des Zementes wirkt sich bei einem w/z von 0,5 deutlich auf den Bezugsfeuchtegehalt des Betons aus, wie der Vergleich der Serien III mit V zeigt. Die Verwendung von Zement der Festigkeitsklasse 32,5 hat einen um 17,5 % (1. Klimalagerung) erhöhten Bezugsfeuchtegehalt zur Folge. Bei einem w/z-Wert von 0,6 wirken sich die unterschiedlichen Festigkeitsklassen nicht aus (Serie IV zu Serie VI). Offensichtlich wirkt sich hier überwiegend die Zunahme der Porenflächen durch Erhöhung des Kapillarporenanteils aus.

Die Bezugsfeuchtegehalte von Betonen, die mit gleich klassifiziertem Zement unterschiedlicher Hersteller gefertigt wurden, weichen, besonders bei einem w/z-Wert von 0,6 voneinander ab. Der Grund liegt sicherlich in den erheblichen Spannbreiten, die die Norm für die Anforderungen an Zemente /6/ hinsichtlich der Festigkeit und der stofflichen Zusammensetzung zuläßt. Die geringeren Unterschiede der Serien mit dem w/z-Wert von 0,5 legen nahe, daß die Beeinflussung des Bezugsfeuchtegehaltes hier hauptsächlich im Kapillarporenbereich stattfindet. Denn die Menge der Poren in diesem Größenbereich steigt mit zunehmenden w/z-Wert.

Die Bezugsfeuchten der Serien, bei denen der w/z-Wert über die Änderung des Zementanteils variiert wurde (Serie I, III, V gegenüber Serie II, IV, VI), sind in etwa gleich. Bedenkt man jedoch, daß bei den Serien mit w/z = 0,6 die Zementleimmenge um 8 % geringer gegenüber den Serien mit w/z = 0,5 ist, wird deutlich, daß ein höherer w/z-Wert höhere Bezugsfeuchten verursacht. Erhöht man schließlich den w/z-Wert über eine Wasserzugabe, ergeben sich große Unterschiede von 14 % (2. Klimalagerung), wie der Vergleich von Probe VII mit Probe III zeigt.

Die Werte der 1. Klimalagerung lagen um bis zu 13 % über denen der zweiten. Ebenso wie die Absolutwerte des Bezugsfeuchtegehaltes verringern sich auch die Unterschiede der einzelnen Proben nach der 2. Klimalagerung (von maximal 34 % auf maximal 25 %). Die stärkste Abnahme zeigt Probe VII (11 %), die geringste Probe V (5 %). Diese beiden Proben stellen auch hinsichtlich der Absolutwerte der Bezugsfeuchte die Extrema dar. Als Ursache kommen entweder eine chemische Reaktion wie die Karbonatisierung oder eine Nacherhärtung des Betons in Frage. Beide Reaktionen benötigen Porenraum. Dieser ist bei den Prüfkörpern der Serie VII sicherlich von allen untersuchten Proben am größten.

Daß die Karbonatisierung und/oder die Nacherhärtung eine Rolle spielen können, legen auch die eingangs erwähnten Meßwerte der MPVA Neuwied nahe. So sind einige der niedrigsten gemessenen Werte an deutlich älteren Proben bestimmt worden. Außerdem werden die beschriebenen Einflüsse auf das Porengefüge von Mörteln in /7/ dargestellt.

4 Zusammenfassung

Die durchgeführten Versuche sollen Wege aufzeigen, in welche Richtung weitere Untersuchungen zur Beeinflussung des Bezugsfeuchtegehalts von haufwerksporigen Leichtbetonen gehen sollten. Hierzu wurden einzelne Versuchsserien zur Probenpräparation, den Zuschlägen und der Zementmatrix durchgeführt.

Der Einfluß der Probenpräparation und der Art der Leichtzuschläge auf den Bezugsfeuchtegehalt von haufwerksporigem Leichtbeton kann als gering betrachtet werden.

Die Bezugsfeuchtemessungen an Betonen, deren Porengefüge bewußt variiert wurde, brachten deutliche Unterschiede in den ermittelten Werten von bis zu 42 %. Die Versuche wurden an gefügedichten Normalbetonen durchgeführt. Die sich aus den Ergebnissen der Tastversuche ergebenden Einflußmöglichkeiten lassen sich jedoch sehr wohl auf jede Art von Beton übertragen.

Zement höherer Festigkeit verursachte niedrigere Bezugsfeuchtegehalte der aus ihm hergestellten Betone.

Zement unterschiedlicher Herkunft kann unterschiedliche Bezugsfeuchtegehalte der aus ihm hergestellten Betone verursachen. Diese Unterschiede könnten aber, aufgrund der nach /6/ zulässigen Spannbreite der Zementeigenschaften und -zusammensetzung auch innerhalb verschiedener Chargen eines Herstellwerkes auftreten.

Größere w/z-Werte führen zu höheren Bezugsfeuchtegehalten. Allerdings darf nicht der Trugschluß entstehen, bei der Herstellung von haufwerksporigem Leichtbeton den w/z-Wert beliebig reduzieren zu können. Die Schwierigkeiten bzw. die Möglichkeiten hier ein Optimum zu finden sind in /8/ dargestellt.

Mehrfachklimalagerungen nach DIN 52620, mit zwischenzeitlicher Trocknung, führen zu einer Abnahme der Bezugsfeuchtegehalte. Niedrigere Bezugsfeuchtegehalte an älteren Proben erscheinen wahrscheinlich.

Literatur

/1/ DIN V 4108-4: 1998-10 „Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden – Teil 4: Wärme- und feuchteschutztechnische Kennwerte“, Beuth Verlag GmbH, Berlin

/2/ Bauregelliste A Teil 1, Anlage 2.7, Ausgabe 2000/2, DIBt-Mitteilungen 4/2000

/3/ Sagmeister, B.: Wärmedämmend mit haufwerksporigem Leichtbeton, Betonwerk- und Fertigteil-Technik BFT Vol 65 (1999), Heft 7, Bauverlag GmbH, Wiesbaden, S. 48–55

/4/ DIN 52620: 1991-04 „Wärmeschutztechnische Prüfungen – Bestimmung des Bezugsfeuchtegehalts von Baustoffen – Ausgleichsfeuchtegehalt bei 23 °C und 80 % relative Luftfeuchte“, Beuth Verlag GmbH, Berlin

/5/ Gertis, K. et al.: Der Bezugsfeuchtegehalt von Leichtbetonen (Hamtie), IBP-Bericht FtB-4 (1996), Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Stuttgart

/6/ DIN 1164-1: 1994-10 „Zement – Teil 1: Zusammensetzung, Anforderungen“, Beuth Verlag GmbH, Berlin

/7/ Gaber, K.: Einfluß der Porengrößenverteilung in der Mörtelmatrix auf den Transport von Wasser, Chlorid und Sauerstoff in Beton. Dissertation, eingereicht am Fachbereich Konstruktiver Ingenieurbau der Technischen Hochschule Darmstadt, Darmstadt, 1989

/8/ Sagmeister, B. : Rezeptoptimierung von haufwerksporigem Leichtbeton, Betonwerk- und Fertigteil-Technik BFT Vol 65 (1999), Heft 11, Bauverlag GmbH, Wiesbaden, S. 70–79

Autoren dieses Beitrages:
Dr.-Ing. Bernhard Sagmeister
Institutsleiter, MPVA Neuwied
Sandkauler Weg 1
56564 Neuwied

Dipl.-Min. Henning Rohowski
Laborleiter, MPVA Neuwied
Sandkauler Weg 1
56564 Neuwied