

Sonderdruck

beton

57. Jahrgang, Juli/August 2007



■ Einfluss der Oberflächenbearbeitung auf die Dauerhaftigkeit von befahrbaren Flächen im Freien mit LP-Beton

Jörg-Peter Wagner, Andreas Reichertz, Ingo Satter, Mannheim, Stefan Linsel, Karlsruhe, Eckhard Bohlmann, Leimen, Birgit Westermann, Mainz

HEIDELBERGCEMENT

Ergebnisse von Untersuchungen an Versuchsflächen

Einfluss der Oberflächenbearbeitung auf die Dauerhaftigkeit von befahrbaren Flächen im Freien mit LP-Beton

Jörg-Peter Wagner, Andreas Reichertz, Ingo Satter, Mannheim, Stefan Linsel, Karlsruhe, Eckhard Bohlmann, Leimen, Birgit Westermann, Mainz

LP-Beton für befahrbare Flächen im Freien wird häufig nach dem Einbau und der Verdichtung geglättet und gescheibt. Zusätzlich werden zur Steigerung der Abriebfestigkeit verschiedentlich auch noch Hartstoffe eingestreut. Ob durch diese Oberflächenbearbeitung das Luftporensystem gestört wird, ist bis heute nicht bekannt. Um den Einfluss der Bearbeitungsmethoden der Oberfläche befahrbarer Flächen im Freien auf deren Dauerhaftigkeit zu untersuchen, wurde von der Bilfinger Berger AG in Zusammenarbeit mit der HeidelbergCement AG eine Versuchsstrecke mit unterschiedlichen LP-Betonen und verschiedenen Methoden der Oberflächenbearbeitung hergestellt. In dem Beitrag wird über die bisher gewonnenen Erkenntnisse berichtet.

1 Einleitung

Für den Bau von befahrbaren Flächen im Freien werden besondere Betoneigenschaften gefordert. Die Betone müssen einen hohen Widerstand gegen Frost- und Tausalzangriff aufweisen und einer hohen Verschleißbelastung Widerstand leisten können. Zur Erzielung qualitativ hochwertiger Bauteile müssen im Weiteren die Betonoberflächen einer z.T. hohen Ebenheitsanforderung genügen.

Aus diesen Gründen wird bisher bei der Herstellung befahrener Bauteile Beton mit künstlich eingeführten Luftporen (LP-Beton) verwendet, der oftmals nach dem Einbau und der Verdichtung geglättet und gescheibt wird. Bei bestimmten Bauteilanforderungen werden zusätzlich noch Hartstoffe in die frische Betonoberfläche eingestreut, um deren Abriebfestigkeit zu erhöhen. Neben den wirksamen Mikroluftporen mit einem Durchmesser von 10 µm bis 300 µm entstehen aufgrund von physikalischen Phänomenen auch Luftporen größeren Durchmessers.

Durch die Bearbeitung der Oberfläche, u.a. durch Flügelglätten und/oder Scheiben, sowie der Aufbringung von Hartstoffen, werden Luftporen insbesondere im oberflächennahen Bereich gestört und teilweise zerstört. Das Ausmaß der Störung des Luftporensystems sowie deren Auswirkungen auf die Dauerhaftigkeit solcher Betonbauteile ist bis heute ungeklärt, obgleich sich die genannte Vorgehensweise bei der Herstellung von befahrenen Betonen in der Praxis bewährt hat. Jedoch ist zu beachten, dass auch tieferliegende Betonschichten einen z.T. wesentlichen Beitrag bei in der Praxis immer wieder auftretenden großflächigen Betonabplatzungen aufgrund von Frost- und Taumittelbeanspruchung lie-

Die Autoren:

Dr.-Ing. Jörg-Peter Wagner ist ausgebildeter Baufacharbeiter und studierte Baustoffverfahrenstechnik an der Bauhaus-Universität Weimar. Von 1985 bis 1991 war er dort als wissenschaftlicher Assistent am Lehrstuhl Baustoffe beschäftigt, wo er im Jahr 1991 promovierte. Anschließend war er als Leiter der Anwendungstechnik der Woermann Bauchemie GmbH & Co. KG tätig. Seit 1999 leitet er das Zentrale Labor für Baustofftechnik der Bilfinger Berger AG in Mannheim.

Dipl.-Ing. Andreas Reichertz studierte Bauingenieurwesen an der TU Karlsruhe. Seit 1997 ist er im Zentralen Labor für Baustofftechnik der Bilfinger Berger AG beschäftigt. Im Jahr 1998 übernahm er die Leitung der Prüfstelle E+W Wiesbaden, im Jahr 2003 die Leitung der Prüfstelle der ständigen Betonprüfstellen in Mannheim und Wiesbaden.

Dipl.-Ing. Ingo Satter studierte von 1998 bis 2003 Bauingenieurwesen an der Universität Karlsruhe (TH) mit der Vertiefungsrichtung „Konstruktiver Ingenieurbau“. Seit 1/2004 ist er stellvertretender Prüfstellenleiter im Zentralen Labor für Baustofftechnik, Mannheim, der Bilfinger Berger AG.

Prof. Dr.-Ing. Stefan Linsel studierte von 1991 bis 1998 Bauingenieurwesen an der Universität Karlsruhe (TH) mit der Vertiefungsrichtung „Konstruktiver Ingenieurbau“. Von 2000 bis 2004 war er Prüfstellenleiter bei der Bilfinger Berger AG, Zentrales Labor für Baustofftechnik,

Mannheim. 2005 promovierte er zum Doktor der Ingenieurwissenschaften (Dr.-Ing.) an der TU Berlin. Seit März 2005 ist er Professor an der Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft, Fakultät für Architektur und Bauwesen; Lehrgebiete: Baustofftechnologie, erweiterte Beton-technologie, Baumanagement. Im April 2006 übernahm er die Leitung der Öffentlichen Baustoffprüfstelle der Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft.

Dipl.-Ing. Eckhard Bohlmann arbeitete nach dem Studium zum Dipl.-Ing. Baustoffverfahrenstechnik an der Uni Weimar (1980) in unterschiedlichen Funktionen in der Baustoffindustrie und der Baustoffforschung. Seit 1990 ist er Mitarbeiter der HeidelbergCement AG. 1994 übernahm er die Leitung der Bauberatung, 1995 die Leitung der Anwendungstechnischen Abteilung. 1999 wurde er Leiter der Abteilung Beton und Anwendung des Heidelberger Technology Centers. Seit 2004 ist er Leiter der Abteilung Entwicklung und Anwendung der HeidelbergCement AG, Deutschland. Eckhard Bohlmann ist Mitglied bzw. Obmann in verschiedenen Ausschüssen VDZ, BTB und DIN/DAfStb.

Dipl.-Ing. Birgit Westermann studierte Nichtmetallische Anorganische Werkstoffwissenschaften an der TU Clausthal-Zellerfeld. Seit 1992 ist sie Mitarbeiterin der HeidelbergCement AG. Nach unterschiedlichen Funktionen in den Abteilungen Forschung, Entwicklung und Beratung sowie Marketing ist sie seit 2002 dort Bauberaterin in der Verkaufsregion Südwest, Mainz.

fern. Hintergrund ist u.a. die über den Querschnitt des Bauteils unterschiedliche Salzkonzentration, die sich nach mehreren Winterperioden mit Streuen von Tausalz einstellt.

Im Rahmen eines Forschungsvorhabens der Bilfinger Berger AG in Kooperation mit der HeidelbergCement AG wurde eine Versuchsfläche mit unterschiedlichen LP-Betonen und verschiedenen Methoden der Oberflächenbearbeitung hergestellt, um den Einfluss einzelner Herstellmethoden von befahrbaren Flächen aus Beton im Freien auf deren Dauerhaftigkeit zu prüfen. Hiervon und von den bis heute gewonnenen Erkenntnissen soll im Folgenden berichtet werden.

2 Versuchsprogramm und Herstellung der Versuchsfläche

2.1 Versuchsfläche und Varianten der Oberflächenbearbeitung

Es wurde eine Versuchsfläche (Abmessungen: Länge x Breite = 36,0 m x 3,5 m) unter Verwendung verschiedener Betonzusammensetzungen angelegt. Dabei kamen drei unterschiedliche Oberflächenbearbeitungen zur Anwendung:

- ohne Oberflächenbearbeitung, nur durch Verwendung einer Rüttelbohle
- Oberflächenbearbeitung durch Scheiben und Glätten
- Oberflächenbearbeitung durch Scheiben und Glätten mit Hartstoffeintrag

Zur Anwendung kam dabei das Material der Fa. Korodur VS 0/5, das frisch in frisch auf den eingebauten Beton aufgebracht und beim anschließenden Flügelglätten eingerieben wurde. Die mittlere Einstreumenge betrug 2,5 kg/m², was einer angestrebten Eindringtiefe von rd. 1 mm bis 2 mm entspricht.

Die Versuchsfläche wurde im Zementwerk Weisenau der HeidelbergCement AG hergestellt.

Die Fläche wird regelmäßig von schwerem Lastverkehr befahren und seit dem Winter 2004/05 von November bis März planmäßig zweimal wöchentlich mit Tausalzen bestreut.

Die Versuchsfläche wurde in 18 Felder unterteilt. Eine Übersicht über die Versuchsfläche und die eingestellten Parameter und Variationen gibt Bild 2.

2.2 Gewählte Betonzusammensetzung

Es wurden drei Betone der Festigkeitsklasse C30/37 mit vergleichbaren w/z-Werten und einem Größtkorn von 16 mm eingesetzt (Tafel 1):

- ein Beton ohne künstliche Luftporen (Beton A)
- ein Beton mit einem kleineren als nach DIN 1045-2 geforderten LP-Gehalt (Beton B)
- ein Beton mit einem größeren als nach DIN 1045-2 geforderten LP-Gehalt (Beton C)

Aus der Versuchsfläche wurden Bohrkerne entnommen. Diese wurden hinsichtlich der Abriebfestigkeit, des Frost-Tausalz-Widerstands und der Luftporenkennwerte untersucht. Hinzu kamen Untersuchungen zur Bestimmung des Mikroluftporengehalts A_{300} und der Abstandsfaktoren am Frischbeton.



Bild 1: Betonage der Versuchsfläche im Zementwerk Mainz-Weisenau

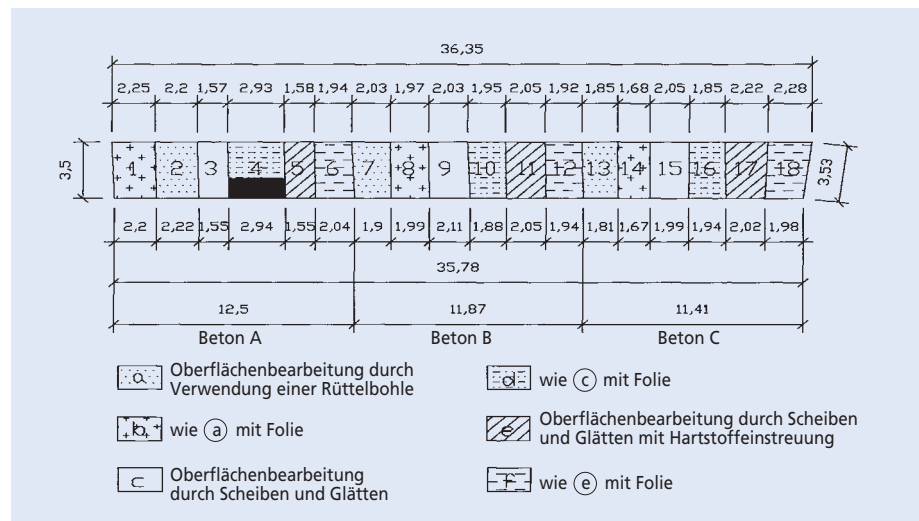


Bild 2: Übersicht über die Versuchsfläche (18 Felder) mit Angabe der Parameter

Tafel 1: Betonzusammensetzungen

		Beton A	Beton B	Beton C
Zementart und Festigkeitsklasse	kg/m ³	CEM I 32,5 R	CEM I 32,5 R	CEM I 42,5 R
Zementgehalt z		340	370	390
Wassergehalt	kg/m ³	164	175	175
Wasserzementwert		0,48	0,47	0,45
Gehalt an Gesteinskörnung				
0/2 mm (Rheinsand)	kg/m ³	631	604	571
2/8 mm (Rheinsand)	kg/m ³	278	267	252
8/16 mm (Edelsplitt)	kg/m ³	1070	1025	969
Gehalt an Zusatzmittel				
Fließmittel FM	M.-% v.z	1,50 ¹⁾	1,30 ²⁾	1,05 ²⁾
Luftporenbildner LP-S 87	M.-% v.z	–	0,10	0,40

¹⁾ FM 6; ²⁾ FM 31

Tafel 2: Frisch- und Festbetonkennwerte

		Beton A	Beton B	Beton C	
Frischbetonkennwerte					
Ausbreitmaß	cm	45	48	46	
Luftporengehalt bestimmt mit LP-Topf AVA-Gerät	Vol.-%	1,4	3,0	6,0	
	Vol.-%	1,9	3,5	6,4	
Mikroluftporengehalt bestimmt mit dem AVA-Gerät	Vol.-%	0,38	0,79	3,98	
Abstandsfaktor bestimmt mit dem AVA-Gerät	mm	0,57	0,38	0,15	
Festbetonkennwerte					
Druckfestigkeit nach	7 d	N/mm ²	43	31	33
	28 d	N/mm ²	54	39	35
	91 d	N/mm ²	62	–	43
Druckfestigkeit am Bauteil nach > 90 d	N/mm ²	50	40	33	
Wassereindringtiefe nach 29 d	mm	15	22	14	

Zur Beurteilung des Frost-Tausalz-Widerstands der Festbetone wurde das CDF-Verfahren [1] angewendet.

3 Betonuntersuchungen und deren Ergebnisse

3.1 Frisch- und Festbetonkennwerte

In Tafel 2 sind Frisch- und Festbetonkennwerte eingetragen.

Eine weitere Diskussion der Ergebnisse aus den Versuchsflächen ohne Nachbehandlung erfolgt an dieser Stelle nicht, da die Witterung an den beiden Ausführungsterminen sehr unterschiedlich war und eine vergleichende Betrachtung der Ergebnisse deswegen keinen Sinn versprach. Einmal wurden mit einer windstillen und bewölkten Witterung sowie einer sehr hohen Luftfeuchtigkeit geradezu ideale Bedingungen für die Nachbehandlung festgestellt. Am nächsten Termin war ein sehr sonniger und heißer Tag, was zu eher ungünstigen Verhältnissen für die Nachbehandlung führte.

Die Bestimmung der Luftporenkennwerte am Frischbeton erfolgte im eingebauten Zustand mit dem AVA-Gerät (Bild 3).



Bild 3: Bestimmung der Luftporenkennwerte am Frischbeton

3.2 Prüfung des Frost-Tausalz-Widerstands mit dem CDF-Verfahren

Neben den bei der Betonage der Versuchsflächen gesondert hergestellten Probekörpern wurden 28 Tage nach der Betonage Bohrkern aus der hergestellten Fläche entnommen und geprüft. Den Einfluss der Methode der Oberflächenbearbeitungen wie auch den Unterschied zwischen Güteprüfungen und Bauteilprüfungen zeigt Bild 4. Nur die beiden Prüfflächen (Beton A), deren Oberflächen nicht mit Hartstoffen belegt wurden, wie auch die bei deren Einbau gesondert hergestellten Probekörper überschreiten den Abwitterungsgrad von 1500 g/m². Die übrigen Betone weisen eine deutlich höhere Widerstandsfähigkeit auf, so auch der Beton A, in dessen Oberfläche Hartstoffe eingerieben wurden. Dies ist u.a. auf die Reduzierung des w/z-Werts und eine damit verbundene dichtere Zementsteinstruktur im oberflächennahen Bereich, bedingt durch das Einreiben von Hartstoffen und Zement, zurückzuführen.

Diese Ergebnisse werden durch die Betrachtung der kapillaren Saugfähigkeit, die im Rahmen der Durchführung des CDF-Tests ermittelt wurde, erklärbar (Bild 5). Die Bohrkern der mit Beton A hergestellten Felder ohne zusätzliche Oberflächenbearbeitung weisen durchschnittlich höhere Wasseraufnahmekoeffizienten auf. So liegt die Wasseraufnahme beim Beton A, der nur mit der Rüttelbohle abgezogen wurde, um über 50 % höher als beim Beton A, dessen Oberfläche nach dem Scheiben und Glätten mit Hartstoffen belegt wurde. Die geringste Wasseraufnahme mit 0,16 kg/m³ zeigt Beton C mit einer Oberflächenbearbeitung durch Scheiben, Glätten und Hartstoffeinstreuung.

Ein nachträgliches Bearbeiten der Oberfläche durch „Scheiben und Glätten“ führt beim Beton A zu keiner nennenswerten Verbesserung des Widerstands; ein hoher Frost-Tausalz-Widerstand konnte erwartungs-

gemäß mit dem CDF-Verfahren nicht nachgewiesen werden. Sobald jedoch Hartstoffe eingestreut werden und die Fläche nachträglich geglättet wurde, konnte nach dem CDF-Verfahren ein hoher Frost-Tausalz-Widerstand nachgewiesen werden. Ein Beton mit einem LP-Gehalt, der geringer war als die normative Forderung (Beton B), erfüllt die Beurteilungskriterien zum Frost-Tausalz-Widerstand des CDF-Tests. Die Oberflächenbehandlungen „Scheiben und Glätten“ und „Scheiben, Glätten und Hartstoffeinstreuung“ wirken sich jedoch hier leicht negativ auf den Frost-Tausalz-Widerstand aus. Es ist anzunehmen, dass durch die Oberflächenbearbeitung Luftporen im oberflächennahen Bereich ungünstig verändert werden, sodass sie wirkungslos werden.

Die gemessenen Abwitterungsmengen bei Beton mit erhöhtem LP-Gehalt sind gering. Ein Einfluss der Oberflächenbehandlung

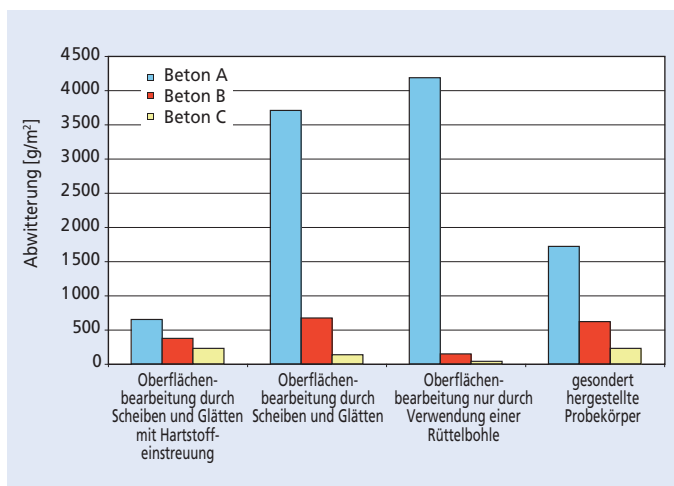


Bild 4: Ergebnisse der CDF-Prüfung

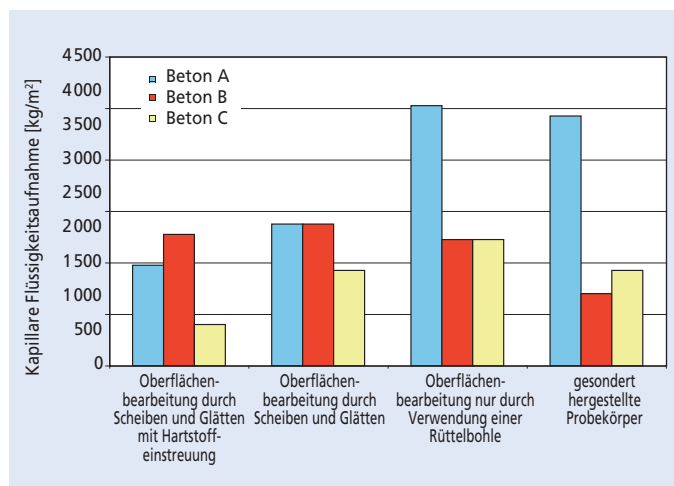


Bild 5: Kapillare Feuchtigkeitsaufnahme

kann, wenn auch auf sehr niedrigem und damit vermutlich unkritischem Niveau, sehr deutlich festgestellt werden. Der LP-Beton mit der Oberflächenbearbeitung „Scheiben, Glätten und Hartstoffeinstreuung“ zeigt im Vergleich zur unbearbeiteten LP-Betonoberfläche eine um den Faktor 3 erhöhte Abwitterungsrate.

3.3 Bestimmung der Luftporenkennwerte am Festbeton

Zur Erzielung eines ausreichenden Frost-Tausalz-Widerstands sind die in [4] geforderten Mikroluftporengehalte A_{300} bzw. Abstandsfaktoren einzuhalten (Tafel 3).

Bei der Prüfung der Luftporenkennwerte (Bild 6) am Festbeton wurden sowohl der Gesamt- und der Mikroluftporengehalt als auch der Abstandsfaktor L geprüft.

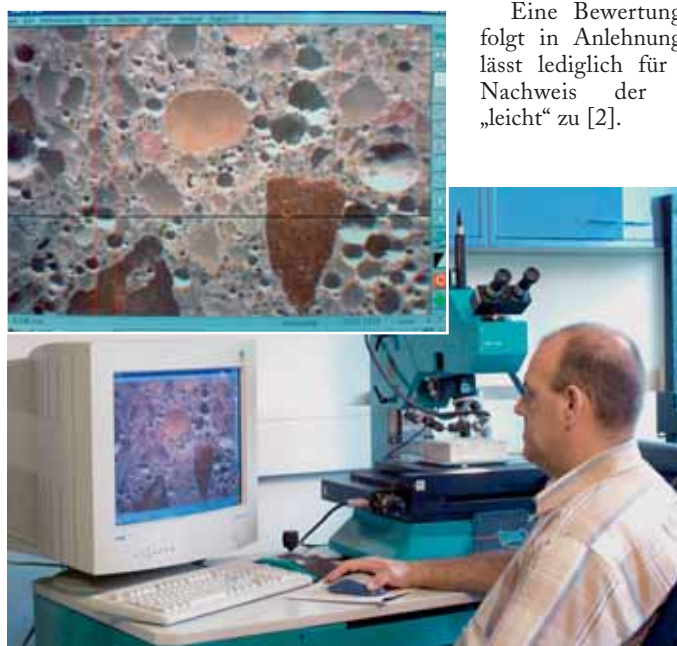


Bild 6: Bestimmung der Luftporenkennwerte am Festbeton

Tafel 3: Mindestanforderungen an Mikroluftporengehalt und Abstandsfaktor

Art der Prüfung	Mikroluftporengehalt A_{300} [Vol.-%]	Abstandsfaktor L [mm]
Eignungs-/Erstprüfung	$\geq 1,8$	$\leq 0,20$
Bauwerksprüfung	$\geq 1,5$	$\leq 0,24$

fahren wird, wurde laborseits der Abrieb nach Böhme [2] geprüft.

Die Bewertung des Abriebs erfolgt in Anlehnung an EN 13813, Tabelle 4. Der Beton A mit Scheiben, Glätten und Hartstoffeinstreuung zeigt unabhängig von einer erfolgten Nachbehandlung einen Schleifverschleiß von im Mittel $7,1 \text{ cm}^3/50 \text{ cm}^2$ bis $7,3 \text{ cm}^3/50 \text{ cm}^2$. Der Beton kann somit in die Abriebklasse A 9 eingeordnet werden [3].

Eine Bewertung der Abriebklasse erfolgt in Anlehnung an EN 18560-7 und lässt lediglich für den Normalbeton den Nachweis der Beanspruchungsgruppe „leicht“ zu [2].

3.5 Qualitative Bewertung des Frost-Tausalz-Widerstands

Aus den Versuchsergebnissen lassen sich vor allem qualitative Erkenntnisse herausarbeiten, die in Tafel 5 dargestellt sind.

4 Beurteilung der Versuchsfläche in situ

Die Versuchsflächen wurden im Sommer 2002 hergestellt. Nach drei Winterperioden weisen die einzelnen Flächen in der Mehrzahl keine wesentlichen Schäden aus mechanischer Beanspruchung oder durch Frost- und Tausalzangriff auf, die eine Beeinträchtigung der Gebrauchstauglichkeit oder des optischen Erscheinungsbilds erwarten lassen.

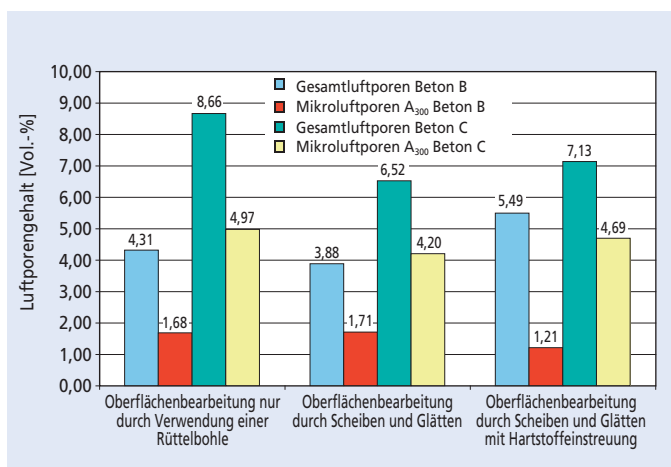


Bild 7: Am Festbeton bestimmte Luftporenkennwerte

Der durchschnittliche Mikroluftporengehalt A_{300} für den Beton B beträgt lediglich 1,5 Vol.-% (Bild 7), womit der geforderte Grenzwert von 1,5 Vol.-% für den Nachweis am Bauteil gerade so erfüllt wird. Der durchschnittliche Mikroluftporengehalt A_{300} für den Beton C liegt bei rd. 4,6 Vol.-% (Bild 7) und überschreitet das Grenzkriterium von 1,5 Vol.-% damit deutlich.

In Tafel 4 sind die aus der Luftporenauszählung ermittelten Abstandsfaktoren aufgeführt.

Durch die Auswertung der einzelnen durchgeführten Messreihen wird deutlich, dass eine Nachbehandlung durch „Scheiben und Glätten“ bzw. durch Einreiben von Hartstoffen nicht entscheidend den Gehalt der Mikroluftporen beeinflusst.

3.4 Untersuchungen zur Abriebfestigkeit

Zur exemplarischen Beurteilung der Abriebfestigkeit, die im Rahmen des Forschungsvorhabens eine Rolle spielt, da die Versuchsfläche regelmäßig mit schwerem Verkehr be-

Tafel 4: Abstandsfaktoren in Abhängigkeit der Oberflächenbearbeitungsmethode

	Abstandsfaktor Oberflächenbearbeitung [mm]		
	Ohne	Scheiben und Glätten	Scheiben und Glätten und Hartstoffeinstreuung
Beton B	0,26	0,28	0,33
Beton C	0,24	0,15	0,14

Tafel 5: Qualitative Bewertung des Frost-Tausalz-Widerstands

	CDF-Prüfung					
	Beton A		Beton B		Beton C	
	absolut	relativ im Vergleich zu Rüttelbohle	absolut	relativ im Vergleich zu Rüttelbohle	absolut	relativ im Vergleich zu Rüttelbohle
nur mit Rüttelbohle	n.b.		b.		b.	
Scheiben und Glätten	n.b.	+	b.	-	b.	-
Scheiben und Glätten und Einstreuen	b.	+	b.	-	b.	-

b. = Prüfung bestanden; n.b. = Prüfung nicht bestanden; + = besseres Ergebnis im Vergleich zum Ergebnis mit Rüttelbohle; - = schlechteres Ergebnis im Vergleich zum Ergebnis mit Rüttelbohle

Ungeachtet davon weisen alle Flächen mit Hartstoffeinstreuung eine Oberflächenstruktur auf, die aufgrund ihrer Rauigkeit untypisch für flügelglättete Oberflächen ist (Bild 8). Es könnte hier auf eine beginnende Abwitterung des Feinmörtels im oberflächennahen Bereich geschlossen werden.

Aufgrund der hier erzielten Versuchsergebnisse wäre die Schlussfolgerung zu ziehen, dass durch die Ausführung einer Hartstoffeinstreuung der Frostwiderstand der Betonoberfläche negativ beeinflusst wird. Eine Bestätigung dieser Vermutung durch weitere Beobachtungen und Prüfungen bleibt abzuwarten. Dabei ist z.B. zu bestimmen, ob dieser Abwitterungsprozess zum Stillstand kommt.

5 Ausblick

Die hier vorgestellten ersten Untersuchungsergebnisse zeigen einen in der Praxis bisher nicht immer erwarteten Sachverhalt. So weisen z.B. die Flächen mit Beton ohne Luftporen und die Flächen mit einem Luftporengehalt, der geringer als der normativ geforderte ist, bisher keine Schäden infolge von Frost- und Tausalzangriff auf. Diese Beobachtung konnte an dieser Stelle für den Beton ohne künstliche Luftporen aufgrund der Prüfergebnisse der CDF-Prüfung nicht erwartet werden. Für den Beton mit einem geringeren Luftporengehalt und einem damit verbundenen erhöhten Abstands faktor bestätigten die Beobachtungen in situ die Prüfergebnisse der CDF-Prüfung.



Bild 8: Zustand der Oberfläche: links Flügelglätten mit Hartstoffen; rechts Flügelglätten

Damit wäre zu vermuten, dass das Prüfverfahren im Allgemeinen eine über die üblichen Praxisverhältnisse hinausgehende Beanspruchung der Betonprobe erfordert und daher eine Übertragbarkeit der Versuchsergebnisse auf das Bauteil im Allgemeinfall nur in einer Richtung möglich ist. Nach bestandener CDF-Prüfung kann von einem ausreichenden Frost-Tausalz-Widerstand des Bauteils ausgegangen werden. Eine nicht bestandene Prüfung ist jedoch nicht immer mit einer ungenügenden Dauerhaftigkeit des Bauteils gleichzusetzen.

Eine Ursache für das Bestehen des Betons ohne künstliche Luftporen am Bauteil könnte in den tatsächlich auf das Bauteil einwirkenden Expositionen liegen. An und für sich wäre das hier betrachtete Bauteil entsprechend den allgemein anerkannten technischen Regeln der Expositions klasse XF4 zuzuordnen. Eine

mögliche Erklärung für das Ausbleiben von Schäden wäre das Vorliegen von tatsächlichen Bedingungen am Bauteil, wie sie lediglich der Expositions klasse XF2 entsprechen.

In weitergehenden Messungen sollen deshalb nun kontinuierlich der Feuchtezustand und der Chloridgehalt am Bauteil durch ein noch zu installierendes Monitoringsystem erfasst werden. Eine Neubewertung der Ergebnisse ist dann vorzunehmen.

Literatur

- [1] BAW Merkblatt Frostprüfung. Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe 2004
- [2] DIN 18560 Teil 7: 2004-04: Estriche im Bauwesen: Hochbeanspruchte Estriche (Industrieestriche)
- [3] EN 13813: 2002-01: Estrichmörtel, Estrichmassen und Estriche – Estrichmörtel und Estrichmassen – Eigenschaften und Anforderungen
- [4] Merkblatt für die Herstellung und Verarbeitung von Luftporenbeton. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln 2004



HeidelbergCement AG

Entwicklung und Anwendung
Oberklamweg 6
69181 Leimen
Telefon 06224-703-401
Telefax 06224-703-402
E-Mail info@heidelbergcement.com

www.heidelbergcement.com

HEIDELBERGCEMENT