

Gleichmäßige Frischbetoneigenschaften unter schwierigen Randbedingungen – sind „moderne“ Betone zu empfindlich für die Praxis?

Beim Betonieren von Sichtbetonbauteilen sind Schwankungen im Konsistenzverhalten aufgetreten.

[\[mehr ...\]](#)



Leistungserklärung im Downloadcenter von HeidelbergCement

Seit dem 01.07.2013 ist europäische Bauproduktenverordnung BauPVO vollständig in Kraft getreten.

[\[mehr ...\]](#)



PCE im Industriebodenbeton

Industrieböden aus Beton für Lager- bzw. Produktionshallen sind ein fester Bestandteil des Industriebaus.

[\[mehr ...\]](#)

Herzlich willkommen zum neuen Newsletter Technik von HeidelbergCement!

Heute erhalten Sie eine neue Ausgabe des Newsletter Technik, in dem wir als Schwerpunktthema die Anwendung von PCE-Fließmitteln ausgewählt haben.

Im ersten, von mir verfassten Beitrag, geht es um „gleichmäßige Frischbetoneigenschaften unter schwierigen Randbedingungen“. Darin berichten wir über Ergebnisse aus umfangreichen Laborversuchen, die in unserem Betonlabor in Leimen durchgeführt wurden, um die Ursache für sehr stark schwankende Betonkonsistenzen zu finden.

Bereits im letzten Newsletter berichteten wir über die zum 1. Juli 2013 in Kraft getretene neue europäische Bauproduktenverordnung. In diesem Newsletter finden Sie nun die Information, wo Sie die seitens des Zementherstellers dem Anwender zur Verfügung zu stellenden Unterlagen bei HeidelbergCement herunterladen können.

Den zweiten Beitrag hat Herr Peter Löschnig, Sika Deutschland beigegeben. In diesem geht es um die Anwendung von PCE-Fließmitteln im Industriebodenbau. Basis für seinen Artikel ist die von der Deutschen Bauchemie zum Thema veröffentlichte Informationsschrift.

Ich wünsche Ihnen auch heute viel Spaß beim Lesen.

Dagmar Küchlin

Bauberatung Zement,
Entwicklung und Anwendung, Leimen

Gleichmäßige Frischbetoneigenschaften unter schwierigen Randbedingungen – sind „moderne“ Betone zu empfindlich für die Praxis?

Einführung

Beim Betonieren von Sichtbetonbauteilen mit hohen Anforderungen sind erhebliche und vor allem unbeherrschbare Schwankungen im Konsistenzverhalten aufgetreten. Diese führten zu erheblichen Problemen bei der Betonage bis hin zum Zurückschicken von Fahrzeugen. Die Betonagen liefen über mehrere Monate, d.h. sowohl in der kalten als auch in der warmen Jahreszeit. Eine eindeutige Ursache für die hohen Konsistenzschwankungen konnte trotz intensiver Bemühungen nicht gefunden werden. Als eine mögliche Ursache wurde die Zementtemperatur vermutet, diese lag im gesamten Lieferzeitraum im Bereich von 60 und 80 °C; dies sind praxisübliche Liefertemperaturen.

Bei dem Beton handelte es sich um einen Beton mit folgenden Anforderungen:

- Festigkeitsklasse C35/45
- Sichtbetonklasse SB 4
- Zement: CEM II/B-S 42,5 N (aus Farbgründen)
- Konsistenzklasse bei Übergabe: F4
- Fahrzeit zur Baustelle: 60 min
- Nachdosierung von FM auf der Baustelle nicht erlaubt

Die Auswertung der Eigenüberwachungsdaten von Transportbetonwerk und Baustelle ergab folgendes Bild:

- die Betontemperaturen lagen zwischen 17 und 30°C
- die Anfangsausbreitmaße differierten um bis zu 220 mm
- die Konsistenzentwicklung bis zur Übergabe schwankte von starkem Ansteifen bis hin zu einer Nachverflüssi-

gung, wobei der Beton bei Frischbetontemperaturen < 20 °C nachverflüssigte und ab Frischbetontemperaturen von 24 °C und höher ansteifte.

- Differenzen im Wassergehalt (gedarrt) innerhalb der zulässigen Dosiergenauigkeit von 3 % schienen bereits einen Einfluss auf die Frischbetonkonsistenz zu haben.

Aus diesen Informationen wurde in Abstimmung mit dem Transportbetonlieferanten ein umfangreiches Versuchsprogramm zur Ursachenklärung erarbeitet und im Labor von Entwicklung und Anwendung, Leimen durchgeführt.

Die wichtigsten Ergebnisse daraus werden in diesem Beitrag vorgestellt.

Versuchsprogramm

Verwendete Ausgangsstoffe:

- Zement: CEM II/B-S 42,5 N
- Gesteinskörnungen: Rheinsand und Rheinkies, Sieblinie AB, D_{max} : 16 mm
- FM: PCE
- Leitungswasser

Untersuchte Einflussgrößen:

- Betonzusammensetzung (s. Tabelle 1): Überprüfung des Einflusses des Leimgehaltes auf die Gleichmäßigkeit der Betonkonsistenz. Referenz war die vor Ort verwendete Rezeptur (= Beton 1), mit der die genannten Konsistenzprobleme aufgetreten waren.
- Mischregime (s. Tabelle 2): Überprüfung der Auswirkung des Mischregimes auf die Gleichmäßigkeit der Betonkonsistenz.
- Frischbetontemperatur (10, 20, 25 und 30 °C): Diese wurden aufgrund der Auswertung der Eigenüberwachungsdaten des Transportbetonwerkes gewählt. In dieser hatte sich, wie oben beschrieben, gezeigt, dass die Konsistenz nur bei Betontemperaturen zwischen 20 und 24 °C „relativ“ stabil war.
- Zementtemperaturen (60 und 80 °C): Überprüfung des Einflusses der vor Ort gemessenen Zementtemperaturen bei Lieferung auf die Gleichmäßigkeit der Betonkonsistenz zu untersuchen.

	Beton 1 (B1) (Referenzrezeptur)	Beton 2 (B2)	Beton 3 (B3)
CEM II/B-S 42,5 N [kg/m ³]	390	420	420
Gesteinskörnungen	Rheinsand und Rheinkies, D_{max} 16 mm		
w/z-Wert	0,44	0,44	0,46
Wassergehalt [kg/m ³]	172	185	195
FM: PCE [M.-%]	0,70	0,30 ¹	0,20 ¹
Leimgehalt [l/m ³]	300	322	331

Tabelle 1: Verwendete Betonrezepturen

¹ Die angegebenen FM-Dosierungen für die Betone 2 bis 3 wurden benötigt für ein Zielausbreitmaß nach 60 min von 510 ± 20 mm nach Herstellung, Frischbetontemperatur 20°C

► GLEICHMÄSSIGE FRISCHBETONEIGENSCHAFTEN UNTER SCHWIERIGEN RANDBEDINGUNGEN – SIND „MODERNE“ BETONE ZU EMPFINDLICH FÜR DIE PRAXIS?

Durchgeführte Betonuntersuchungen

Tabelle 3 enthält die Übersicht der durchgeführten Betonversuche. Die Betonversuche wurden so geplant, dass nicht jede der möglichen Kombinationen geprüft werden musste. Daher wurde zunächst der Einfluss des Mischregimes (M1 bis M4) an Beton 1 (Referenzrezeptur) bei einer Frischbetontemperatur von 20 °C untersucht. Anschließend wurden die Betone B2 und B3 mit den beiden Mischregimes hergestellt, die mit Betonrezeptur B1 die größten Unterschiede aufwiesen; dies waren die Mischregimes M2 und M4.

Die Untersuchung des Einflusses von Beton- und Zementtemperaturen wurde ebenfalls mit diesen beiden Mischregimes durchgeführt.

Mischregime M5 wurde erst zum Ende der Versuchsreihen auf Wunsch des Betonherstellers einbezogen, um zu prüfen, ob sich mit diesem ähnliche Ergebnisse erzielen lassen wie mit M4. M4 und M5 unterscheiden sich nur dadurch, dass bei M5 auf die Zwischennassmischzeit von 50 s verzichtet wird. Da sich bereits in den ersten Versuchen zeigte, dass die Ergebnisse von M4 und M5 nicht vergleichbar waren, wurden nur Versuche bei 20°C mit B1 und B3 durchgeführt.

Prüfumfang

- Ausbreitmaße nach Herstellung, 15, 45, 60 und 90 min nach Wasserzugabe
- Frischbetontemperatur
- Frischbetonrohddichte
- LP-Gehalt im Frischbeton
- Druckfestigkeiten nach 28 Tagen

Mischregime 1	Mischregime 2	Mischregime 3	Mischregime 4	Mischregime 5 ¹
Gesteinskörnungen 20 s		Zement + Gesteinskörnungen: 20 s		
Wasser: 10 s	Wasser inkl. FM: 10 s		Wasser: 10 s	
Zement: 30 s		-	Nassmischzeit: 50 s	-
FM: 10 s	-		FM: 10 s	
Nassmischzeit: 120 s				
Gesamt: 190 s	Gesamt: 180 s	Gesamt: 150 s	Gesamt: 210 s	Gesamt: 160 s

Tabelle 2: Verwendete Mischregimes

¹ Mischregime 5 wurde erst später und nur für einzelne Versuche einbezogen

		Beton 1 (B1)	Beton 2 (B2)	Beton 3 (B3)
Mischregime (nur bei Frischbetontemperatur 20 °C)	Mischregime 1	x		
	Mischregime 2	x	x	x
	Mischregime 3	x		
	Mischregime 4	x	x	x
	Mischregime 5	x		x
Betontemperatur (Mischregime 2/4)	10 °C	x	x	x
	20 °C ¹	x	x	x
	25 °C	x	x	x
	30 °C	x	x	x
Zementtemperatur (Mischregime 2/4)	60 °C	x		x
	80 °C	x		x

Tabelle 3: Übersicht der durchgeführten Betonuntersuchungen

¹ Die Versuche bei einer Frischbetontemperatur von 20 °C sind bereits mit den 20°- Versuchen zum Einfluss des Mischregimes abgedeckt

► GLEICHMÄSSIGE FRISCHBETONEIGENSCHAFTEN UNTER SCHWIERIGEN RANDBEDINGUNGEN – SIND „MODERNE“ BETONE ZU EMPFINDLICH FÜR DIE PRAXIS?

Versuchsergebnisse

Nachfolgend sind nur die für die Beurteilung der Problemstellung maßgeblichen Versuchsergebnisse dargestellt. Einzelne Versuche wurden zweimal durchgeführt, um ein Maß für die Wiederholbarkeit der Ergebnisse zu erhalten; diese sind mit „Wdh.“ gekennzeichnet.

Die Versuchsbezeichnungen in den Tabellen und Abbildungen setzen sich wie folgt zusammen:

- B1, B2, B3: Betonrezeptur 1, 2 oder 3
- M1, M2 etc.: Mischregime 1, 2 etc.
- 10 °C, 20 °C etc.: Soll-Temperaturen des Frischbetons
- Z60, Z80: Soll-Temperatur des Zements von 60 oder 80 °C

Einfluss des Mischregimes bei unterschiedlichen Betonzusammensetzungen

Die Ergebnisse für die Referenzrezeptur B1 mit allen Mischregimes ist in Abb. 1 dargestellt, die Ergebnisse für Beton B3 in Abb. 2. Die Ergebnisse von Beton B2 (hier aus Platzgründen nicht abgebildet) waren tendenziell vergleichbar mit Beton B3.

Wie aus Abb. 1 ersichtlich wird, wirkt sich das Mischregime bei Referenzrezeptur B1 sehr deutlich auf die Ausbreitmaße aus: allein durch Variation des Mischregimes liegen die Anfangsausbreitmaße bereits um bis zu 100 mm und 90 min nach Herstellung um bis zu 150 mm auseinander.

Mit Betonrezeptur B3 wurden nur die Mischregimes M2, M4 und – nachträglich – M5 geprüft (s. Tab. 3). Aus den in Abb. 2 dargestellten Ergebnissen kann entnommen werden, dass eine Erhöhung des Leimgehaltes um ca. 30 l/m³, mit daraus resultierendem deutlich niedrigerem FM-Bedarf, den Beton gegenüber dem Einfluss des

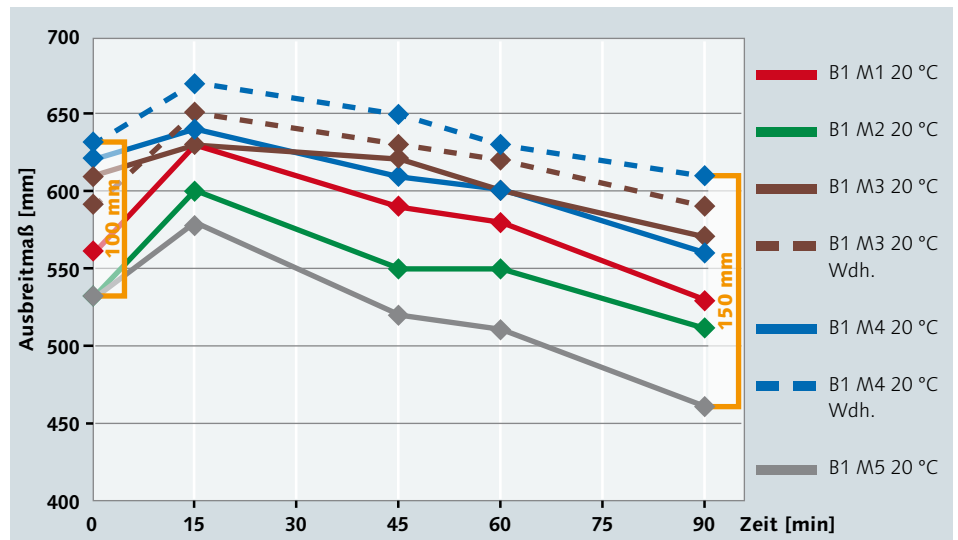


Abb. 1.: Einfluss des Mischregimes auf Anfangskonsistenz und Ansteifen bei Beton 1 (Referenzzusammensetzung) und einer Frischbetontemperatur von 20 °C

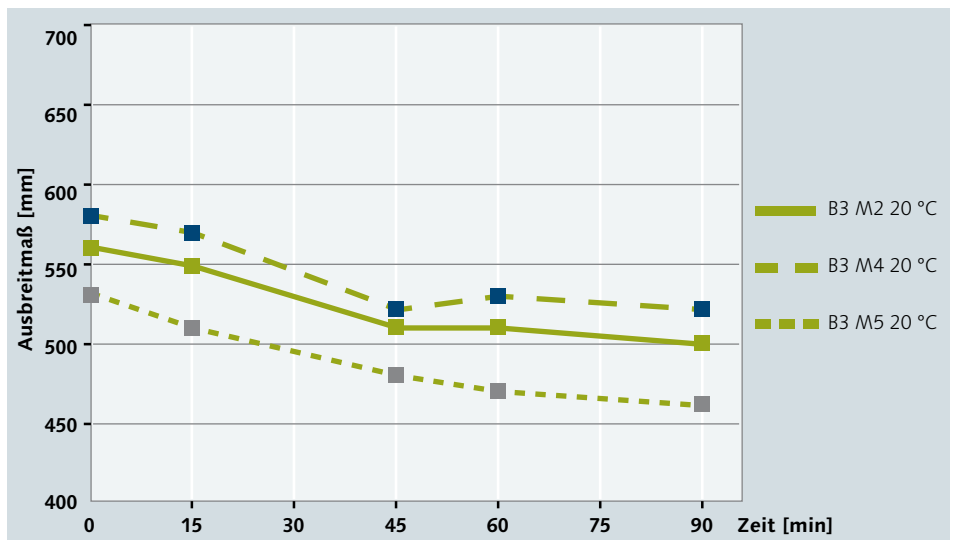


Abb. 2: Einfluss des Mischregimes auf Anfangskonsistenz und Ansteifen bei Beton 3 (Referenzzusammensetzung) und einer Frischbetontemperatur von 20°C

Mischregimes deutlich robuster macht: Anfangs- und Endausbreitmaß lagen um maximal 70 mm auseinander. Ein weiterer Effekt der Erhöhung des Leimgehaltes und Verringerung des FM-Gehaltes war, dass die Betone B3 nicht mehr nachverflüssigten, wohingegen

alle Betone mit der Referenzrezeptur B1 innerhalb der ersten 15 min nachverflüssigten.

In der Praxis ist eine Nachverflüssigung eher problematisch, da dieser Effekt häufig temperaturabhängig auftritt.

► GLEICHMÄSSIGE FRISCHBETONEIGENSCHAFTEN UNTER SCHWIERIGEN RANDBEDINGUNGEN – SIND „MODERNE“ BETONE ZU EMPFINDLICH FÜR DIE PRAXIS?

Einfluss der Frischbetontemperatur bei unterschiedlichen Betonzusammensetzungen

Die Ergebnisse für verschiedene Frischbetontemperaturen mit Referenzrezeptur B1 für Mischregime M2 sind in Abb. 3, für Mischregime M4 in Abb. 4 dargestellt.

Daraus wird ersichtlich, dass sich die Frischbetontemperatur mit Referenzrezeptur B1 bei beiden Mischregimes sehr deutlich auf die Konsistenzigenschaften auswirkt und die Laborergebnisse die Probleme auf der Baustelle sehr gut widerspiegeln:

- Bei einer Frischbetontemperatur von 10 und 20 °C verflüssigte der Beton nach, wobei bei 20 °C dies mit M2 deutlich ausgeprägter war als mit M4, mit dem das Anfangsausbreitmaß bereits höher lag. Bei 10 °C war die Nachverflüssigung mit M4 ebenfalls etwas geringer.
- Bei Frischbetontemperaturen von 25 und 30 °C war mit beiden Mischregimes der Nachverflüssigungseffekt nicht mehr vorhanden. Mit M4 lagen die Anfangsausbreitmaße tendenziell (noch innerhalb des Streubereichs der Ausbreitmaßprüfung) etwas höher als mit M2. Das Ansteifverhalten mit beiden Mischregimes war bei 30 °C noch etwas höher als bei einer Frischbetontemperatur von 25 °C.
- Die Veränderung der Frischbetontemperatur von 10 bis 30 °C führte in der Laborprüfung nach 90 min zu Unterschieden im Ausbreitmaß von bis zu 210 mm.

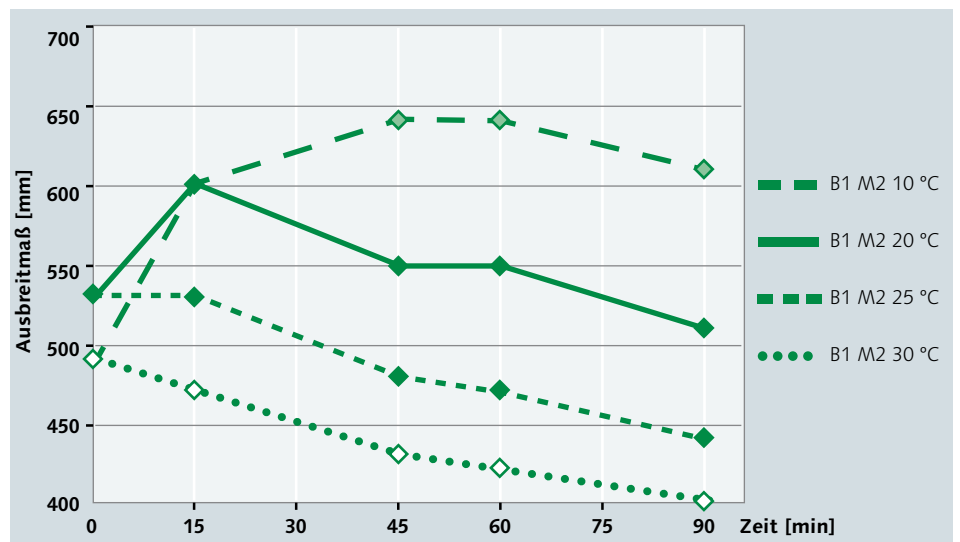


Abb. 3: Ausbreitmaße mit Betonrezeptur 1 (Referenz) und Mischregime 2 in Abhängigkeit der Frischbetontemperatur

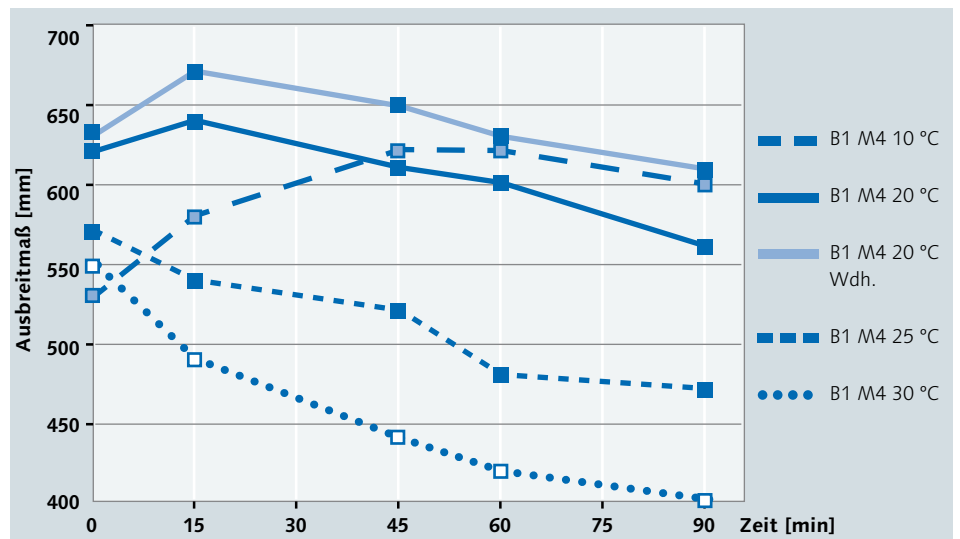


Abb. 4: Ausbreitmaße mit Betonrezeptur 1 (Referenz) und Mischregime 4 in Abhängigkeit der Frischbetontemperatur

► GLEICHMÄSSIGE FRISCHBETONEIGENSCHAFTEN UNTER SCHWIERIGEN RANDBEDINGUNGEN – SIND „MODERNE“ BETONE ZU EMPFINDLICH FÜR DIE PRAXIS?

Die Ergebnisse mit Betonrezeptur B3 und beiden Mischregimes sind in Abb. 5 dargestellt. Daraus wird ersichtlich, wie deutlich die Erhöhung des Leimgehaltes um ca. 30 l/m³ mit Verringerung des FM-Gehaltes von 0,7 auf 0,2 M.-% v. Z. das temperaturabhängige Verhalten der Betonkonsistenz beeinflusste:

- Weder bei einer Frischbetontemperatur von 10 °C noch bei 20 °C war mit beiden Mischregimes eine Nachverflüssigung festzustellen. Die Betone zeigten über 90 min eine praxisübliche gute Konsistenzhaltung mit geringen Schwankungen innerhalb der Streubreite der Ausbreitmaßprüfung.
- Bei Frischbetontemperaturen von 25 und 30 °C hatten die Betone mit beiden Mischregimes etwas geringere Anfangsausbreitmaße und steiften etwas stärker an als bei 10 und 20 °C. Beides im praxisüblichen Bereich und über eine geringfügige Anpassung der Fließmitteldosierung in der Praxis beherrschbar.

Einfluss der Zementtemperatur bei unterschiedlichen Betonzusammensetzungen

In Tab. 4 sind beispielhaft für Beton B1 die gemessenen Temperaturen aller Ausgangsstoffe sowie die damit erreichten Frischbetontemperaturen dargestellt. Daraus wird der Effekt der Zementtemperatur auf die Frischbetontemperatur ersichtlich. In der rechten Tabellenspalte sind zusätzlich die rechnerisch ermittelten Frischbetontemperaturen dargestellt. Bis auf wenige Ausnahmen stimmen diese sehr gut mit den gemessenen überein (Messgenauigkeit, Wärmeeintrag durch Mischvorgang).

In den Abbildungen 6 und 7 sind die Ausbreitmaße mit den auf ca. 60 und 80 °C erwärmten Zementen für die Betonrezepturen B1 und B3 mit den Misch-

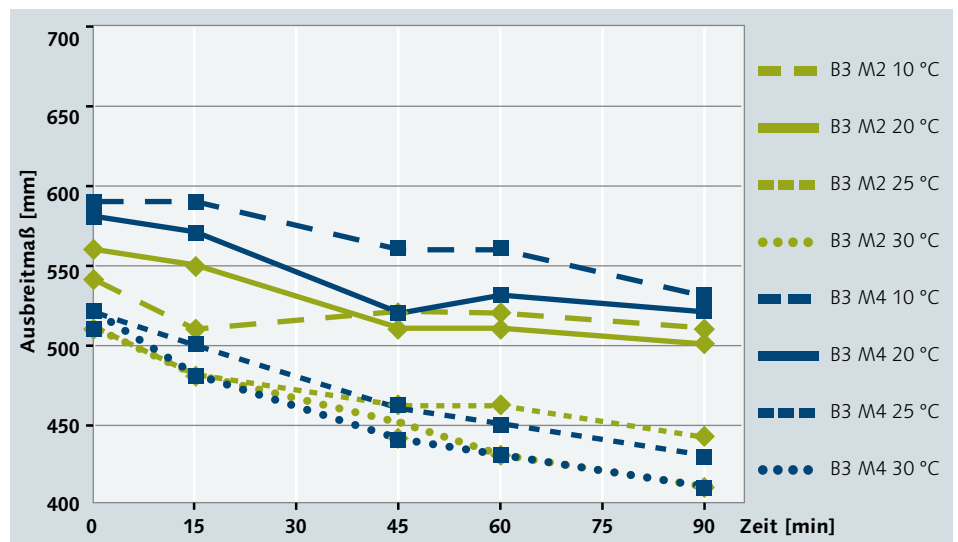


Abb. 5: Ausbreitmaße mit Betonrezeptur 3, Mischregime 2 und 4 in Abhängigkeit der Frischbetontemperatur

Mischung	Temperatur Gesteinskörnungen [°C]	Temperatur Zement [°C]	Temperatur Wasser [°C]	Temperatur Frischbeton [°C]	Rechnerische Frischbetontemperatur [°C]
B1 M2 20°C	19,1	20,4	18,4	21,3	19,1
B1 M2 25°C	24,6	25	23,9	26,1	24,5
B1 M2 Z60	18,7	56	18	24	23,3
B1 M2 Z80	18,8	79	18	26,1	26,3
B1 M4 20°C	18,7	18,7	18	20,6	18,5
B1 M4 25°C	24,3	24,7	24	26,3	24,3
B1 M4 Z60	20,7	59,4	16,7	25,8	24,5
B1 M4 Z80	20,6	79,4	17	26,7	27,1

Tab. 4: Temperaturen der Ausgangsstoffe und die damit erzielte Frischbetontemperaturen

regimes M2 und M4 dargestellt. Zementtemperaturen zwischen 60 und 80 °C sind der Temperaturbereich, in dem Zemente üblicherweise ausgeliefert werden.

Aus den Versuchsergebnissen mit den beiden gewählten Zementtemperaturen lassen sich folgende Schlussfolgerungen ableiten:

- Die Erhöhung der Zementtemperatur von 60 °C auf 80 °C wirkt sich weder auf das Anfangsausbreitmaß noch auf das Ansteifen über 90 min aus; die Ergebnisse liegen mit beiden Betonrezepturen B1 und B3 mit beiden Mischregimes im Streubereich der Ausbreitmaßprüfung.

► GLEICHMÄSSIGE FRISCHBETONEIGENSCHAFTEN UNTER SCHWIERIGEN RANDBEDINGUNGEN – SIND „MODERNE“ BETONE ZU EMPFINDLICH FÜR DIE PRAXIS?

■ Vergleicht man die Ergebnisse mit denen der Betone, bei denen die Frischbetontemperatur von ca. 25 °C über die Vorlagerung aller Ausgangsstoffe (inkl. Zement) bei 25 °C eingestellt wurde, zeigt sich, dass die Ergebnisse mit beiden Betonrezepturen für jedes der beiden Mischregimes im Streubereich der Ausbreitmaßprüfung liegen. Damit wurde bestätigt, dass für das Konsistenzverhalten die Frischbetontemperatur ausschlaggebend ist und nicht die Temperatur des verwendeten Zements.

Zusammenfassung

In den bei Entwicklung und Anwendung in Leimen durchgeführten Laborversuchen konnte das bemängelte stark schwankende Konsistenzverhalten sehr gut nachgestellt werden. Als Auslöser wurde die verwendete Betonrezeptur B1 in Verbindung mit dem verwendeten Mischregime gefunden. Die Erhöhung des Leimgehaltes um ca. 30 l/m³ in Verbindung mit einem deutlich niedrigeren PCE-Gehalt bei Betonrezeptur B3 führte zu einer erheblichen Verbesserung der Gleichmäßigkeit der Konsistenzigenschaften auf einen in der Praxis üblichen Bereich. Über die Veränderung der Betonrezeptur konnte sowohl der Einfluss der Frischbetontemperatur als auch des Mischregimes auf die Konsistenzigenschaften erheblich reduziert werden.

Der erhebliche Einfluss der Frischbetontemperatur auf die Konsistenzigenschaften der verwendeten Betonrezeptur B1 resultierte daraus, dass bei Verwendung von konsistenzhaltenden Transportbeton-PCE in höheren Dosierungen ein Nachverflüssigungseffekt auftreten kann. Dieser tritt häufig nur bei niedrigeren Frischbetontemperaturen auf. Solche Betone sind insgesamt schwieriger einstellbar, da die Betontemperaturen bereits im Tagesverlauf so stark variieren können, dass sowohl Nachverflüssigungseffekte als auch starkes Ansteifen

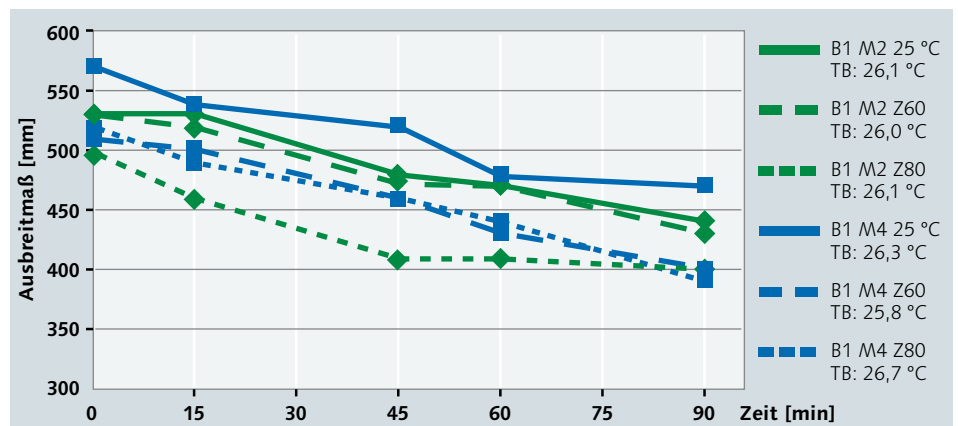


Abb. 6: Ausbreitmaße bei Zementtemperaturen von 60 und 80 °C im Vergleich zu Betonen gleicher Frischbetontemperatur mit Betonrezeptur 1 (Referenz), Mischregime 2 und 4

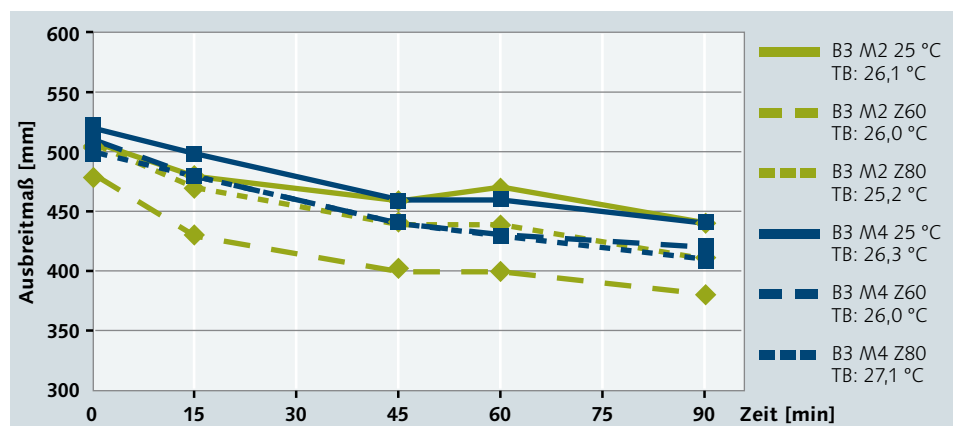


Abb. 7: Ausbreitmaße bei Zementtemperaturen von 60 und 80 °C im Vergleich zu Betonen gleicher Frischbetontemperatur mit Betonrezeptur 3, Mischregime 2 und 4

auftreten können. Hinzu kommt, dass sich bei solchen „sensiblen“ Rezepturen noch das verwendete Mischregime sowie die Wasserdosierung innerhalb der zul. Dosiergenauigkeit auswirken können.

Darüber hinaus zeigten die Versuche, dass die Ursache für die beanstandeten Konsistenzprobleme nicht in der Temperatur des verwendeten Zementes zu suchen ist: die Konsistenzigenschaften sind abhängig von der erreichten Frischbetontemperatur, unabhängig davon, ob diese über wärmere Gesteinskörnungen, Wasser oder Zement erreicht wird.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die genannten Zusammenhänge bereits bei der Betonprojektierung und der Erstprüfung berücksichtigt werden sollten, damit Betone auch bei niedrigen w/z-Werten und sehr weichen Konsistenzen in Verbindung mit langer Konsistenzhaltung in der Praxis beherrschbar sind. Robuste Konsistenzigenschaften lassen sich über einen ausreichend hohen Leimgehalt mit entsprechend angepasstem PCE-Gehalt einstellen.

[zurück ...]

Leistungserklärung im Downloadcenter von HeidelbergCement



Zum 01.07.2013 ist die europäische Bauproduktenverordnung BauPVO vollständig in Kraft getreten. Diese gilt für alle Produkte nach europäisch harmonisierten Normen, d.h. Produkte mit CE-Kennzeichnung wie beispielsweise Zement, Gesteinskörnungen, Estrich etc. (s. dazu auch unseren Bericht in unserem letzten Newsletter Technik, Ausgabe Juni 2013).

Gemäß den neuen Vorgaben ist der Lieferant/Hersteller verpflichtet, „Leistungserklärungen“ (früher: Konformitätserklärungen) und „Zertifikate der Leistungsbeständigkeit“ zu erstellen und diese dem Abnehmer kostenlos zur Verfügung zu stellen.

Seit dem 01.07.2013 können diese immer aktuell in elektronischer Form als

PDF-Datei aus unserem Downloadcenter im Internet heruntergeladen werden.

Sie finden das Downloadcenter von HeidelbergCement Deutschland unter folgendem link: http://www.heidelberg-cement.com/de/de/country/zement/publikationen/downloadcenter_zement.htm

[zurück ...]

PCE im Industriebodenbeton



Peter Löschnig,
Sika Deutschland GmbH,
Geschäftsbereich Beton,
Marktfeldmanagement

Einführung

Industrieböden aus Beton für Lager- bzw. Produktionshallen sind ein fester Bestandteil des Industriebaus. Da diese Böden langfristig hohen mechanischen Beanspruchungen standhalten sollen, muss der Beton besonders leistungsfähig sein, um diese hohen Anforderungen zu erfüllen.

In den letzten Jahren wurden einige Schäden an Industrieböden der Verwendung PCE-basierter Fließmittel bei der Betonherstellung zugeschrieben. Daraufhin wurden PCE-Fließmittel in vielen Ausschreibungen pauschal vom Einsatz im Industriebodenbau ausgeschlossen. Allerdings haben sich PCE-Fließmittel in den vergangenen Jahren in nahezu allen Anwendungen des Betonbaus als anwendungssicheres Produkt bewährt und sind bei richtiger Auswahl auch für

die Verwendung im Industriebodenbau geeignet. Über die richtige Fließmittelauswahl hinaus sind jedoch eine Reihe weiterer Punkte für die Herstellung eines schadensfreien Industriebodens zu berücksichtigen, die neben Planung und Ausschreibung auch den Betoneinbau und die Nachbehandlung der Betonfläche betreffen.

Eine ausführliche Zusammenstellung über die Anwendung von PCE-Fließmitteln im Industriebodenbau wurde mit Ausgabedatum Dezember 2011 als Informationsschrift der Deutschen Bauchemie veröffentlicht. An dieser orientiert sich dieser Artikel.

Die Informationsschrift kann unter folgendem Link im Internet heruntergeladen werden: http://www.deutsche-bauchemie.de/publikationen/deutsch/beschreibung/?tt_products%5BbackPID%5D=293&tt_products%5Bproduct%5D=149&cHash=964651e15e20283769ca486277476ad3

PCE Fließmittel

Fließmittel werden auf Basis von Melamin, Naphthalin oder Polycarboxylat-

ether (PCE) hergestellt. Im Vergleich zu Melamin- und Naphthalinsulfonaten verfügen PCE über vielfältige Variationsmöglichkeiten in ihrer chemischen Struktur, wodurch Fließmittel gezielt für unterschiedliche Einsatzzwecke hergestellt werden können. Innerhalb der PCE-Fließmittel gibt es verschiedene Kategorien und anwendungsbezogene Produkttypen, die bei der Auswahl des geeigneten Zusatzmittels im Industriebodenbau berücksichtigt werden sollten. Sie werden nach ihrem Anwendungsbereich in die zwei Produktkategorien Transportbeton und Fertigteile eingeteilt. Im Transportbetonbereich werden überwiegend Fließmittel eingesetzt, die eine signifikant verlängerte Konsistenzhaltung bewirken und die Verarbeitungszeit des Betons verlängern. Fließmittel, die die „Offenzeit“ des Betons nur moderat verlängern und innerhalb der gewohnten Zeitspanne ansteifen, sind ebenfalls in dieser Kategorie zu finden. Im Fertigteilebereich ist die Wirkungsweise der Fließmittel insbesondere auf eine gute Verflüssigung des Betons und der Bildung hoher Frühfestigkeiten abgestimmt.

► PCE IM INDUSTRIEBODENBETON

Allgemein sind für den Industriebodenbau besonders PCE-Fließmittel geeignet, die eine gute Verarbeitungszeit ermöglichen, gleichzeitig die „Offenzeit“ des Betons aber nur moderat verlängern und nach kurzer Zeit ein Rücksteifen des Betons bewirken. Die Zeitspanne des Ansteifens des Betons erfolgt so in einem vergleichbaren Rahmen wie bei der Herstellung mit konventionellen Fließmitteln. Fehleinschätzungen über die Ausbildung der „Trittfestigkeit“, dem Zeitpunkt für das Glätten und der Aufbringung der Hartstoffschicht können so vermieden werden.

Ebenfalls sollten die Witterungsverhältnisse im Zeitraum der Betonage bei der Auswahl des Fließmittels berücksichtigt werden. Da die Umgebungstemperatur einen Einfluss auf den Hydratationsprozess hat, können hohe Temperaturen das Ansteifen des Betons beschleunigen, während kalte Witterungsverhältnisse diesen Prozess eher verlangsamen. Die Eigenschaften des Fließmittels sollten auf diese Einflüsse abgestimmt sein (Sommer/Winter PCE).

Hinweise zur Planung und Ausführung

Grundlage für die Planung und Ausschreibung ist es, die geplante Nutzung möglichst genau zu erfassen und die daraus folgenden Anforderungen hinsichtlich der Expositions- und Nutzungsklassen an den Industriebodenbeton zu definieren. Zur Sicherstellung des Erfolges von Baumaßnahmen ist es sinnvoll, schon bei der Ausschreibung grundlegende Anforderungen an die Bauausführung zu stellen, die den vielfältigen betontechnologischen Einflüssen von Frischbetontemperatur, Windverhältnissen an der Einbaustelle, Luftporengehalt und Hartstoffeinstreuung auf die Bauausführung Rechnung tragen.

Besondere Berücksichtigung als gesonderte Position sollte die Zwischennachbehandlung und Nachbehandlung der Oberflächen in Abhängigkeit von den oben genannten Parametern im Leistungsverzeichnis finden. Es ist darauf hinzuweisen, dass die Nachbehandlungsmaßnahmen auf die zu erwartenden Witterungsverhältnisse abgestimmt sein

und entsprechend angepasst werden müssen. Bei extremen Umgebungs- und Bauteiltemperaturen im Sommer und Winter sollte auf den Einbau von Glättbetonen verzichtet werden. Falls dies nicht gewünscht ist, sollten die erforderlichen Maßnahmen in der Ausschreibung als gesonderte Position aufgeführt werden.

Eine Hartstoffeinstreuung ist bis zur Betonfestigkeitsklasse C30/37 zielsicher umsetzbar, da der Wassergehalt in diesen Betonen ausreichend hoch ist, um den Hartstoff ohne Verbundschwächung sicher in die Oberfläche einzureiben. Sofern die erforderliche Festigkeitsklasse höher ist, sollte auf die Einstreuung zugunsten des Einbaus eines Hartstoffestrichs verzichtet werden.

Um Anforderungen an die Oberflächenbeschaffenheit zweifelsfrei für alle Vertragspartner festzulegen, ist die Vereinbarung von Referenzflächen oder Proben für die zu erzielende Oberflächenstruktur und Rutschfestigkeitsklasse zu empfehlen. Solche Vereinbarungen haben sich insbesondere bei bewitterten Außenflächen bewährt.

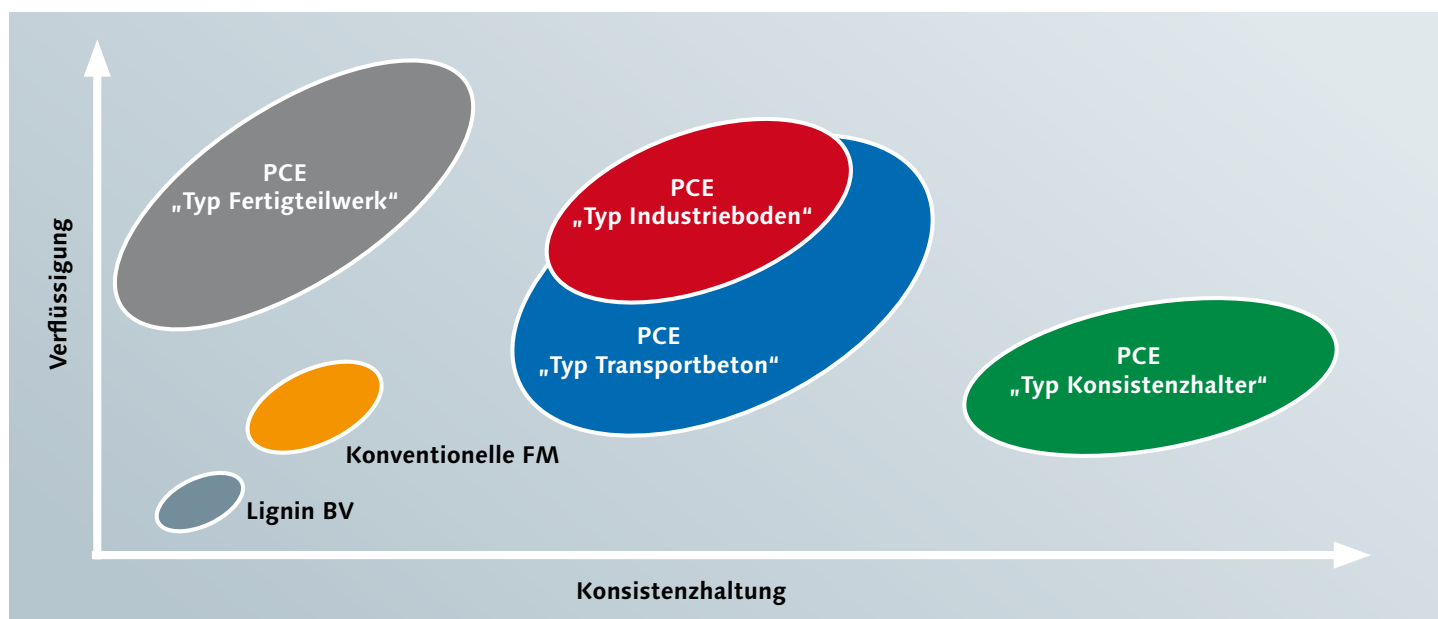


Abb. 1: Übersicht über den Leistungscharakter von Fließmitteln

► PCE IM INDUSTRIEBODENBETON

Hinweise zur Betonherstellung

Allgemeine betontechnologische Planungsgrundsätze

Die speziellen betontechnologischen Aspekte erfordern wesentliche Kenntnisse von Bauunternehmer, Planer und Ausführendem gleichermaßen. Alle notwendigen Planungs- und Ausführungsanforderungen sollten mit den jeweilig zuständigen Verantwortlichen im Vorfeld geklärt werden.

Zu betrachtende Grundsätze sind:

- Festlegung, ob Beton nach Eigenschaften oder nach Zusammensetzung eingebaut werden soll
- Festlegung der Anforderungen und Eigenschaften wie z. B. Druckfestigkeit, Expositionsclassen, Einbaukonsistenz und Verschleiß (Hartstoffe)

- Festlegung der gewählten Ausgangsstoffe wie z. B. Zementart, Zusatzstoffe, Gesteinskörnung und Zusatzmittel
- Eingrenzung von Luftporengehalt und Betontemperatur
- Art und Durchführung der Zwischenbehandlung und der Nachbehandlung
- Festlegung der Art des Einbaus und der Einbauleistung
- Eingrenzung der Umgebungsbedingungen wie z. B. Zugluft, Frost oder Erschütterungen

Empfehlungen zur Rezepturplanung

Bei der Betonzusammensetzung sind durch betontechnologische Maßnahmen die Zwangsspannungen im jungen und im erhärteten Beton möglichst gering und die Liegezeit (Wartezeit bis zur Nachbearbeitung) möglichst kurz zu halten. Bei der Rezepturplanung sollten

folgende Punkte beachtet werden:

- Zielwert der Einbaukonsistenz $52 \text{ cm} \pm 2 \text{ cm}$
- Bewährt haben sich Zementgehalte zwischen 320 und 340 kg/m^3 .
- Flugasche kann zum Herabsetzen der Hydratationswärmeentwicklung und zur Verbesserung der Verarbeitbarkeit eingesetzt werden.
- Mehlkorngelalt $0/0,125 \text{ mm} \leq 370 \text{ kg/m}^3$
- Mehlkorn- und Feinstsandgehalt $0/0,250 \text{ mm} \leq 430 \text{ kg/m}^3$
- Bei w/z-Werten $\leq 0,45$ sind Hartstofffeinstreuungen nicht zielsicher herzustellen.
- Bei Verwendung von PCE-Fließmitteln solche auswählen, die bei guter Verarbeitungszeit die Liegezeit nur moderat verlängern (s. Abb. 2).

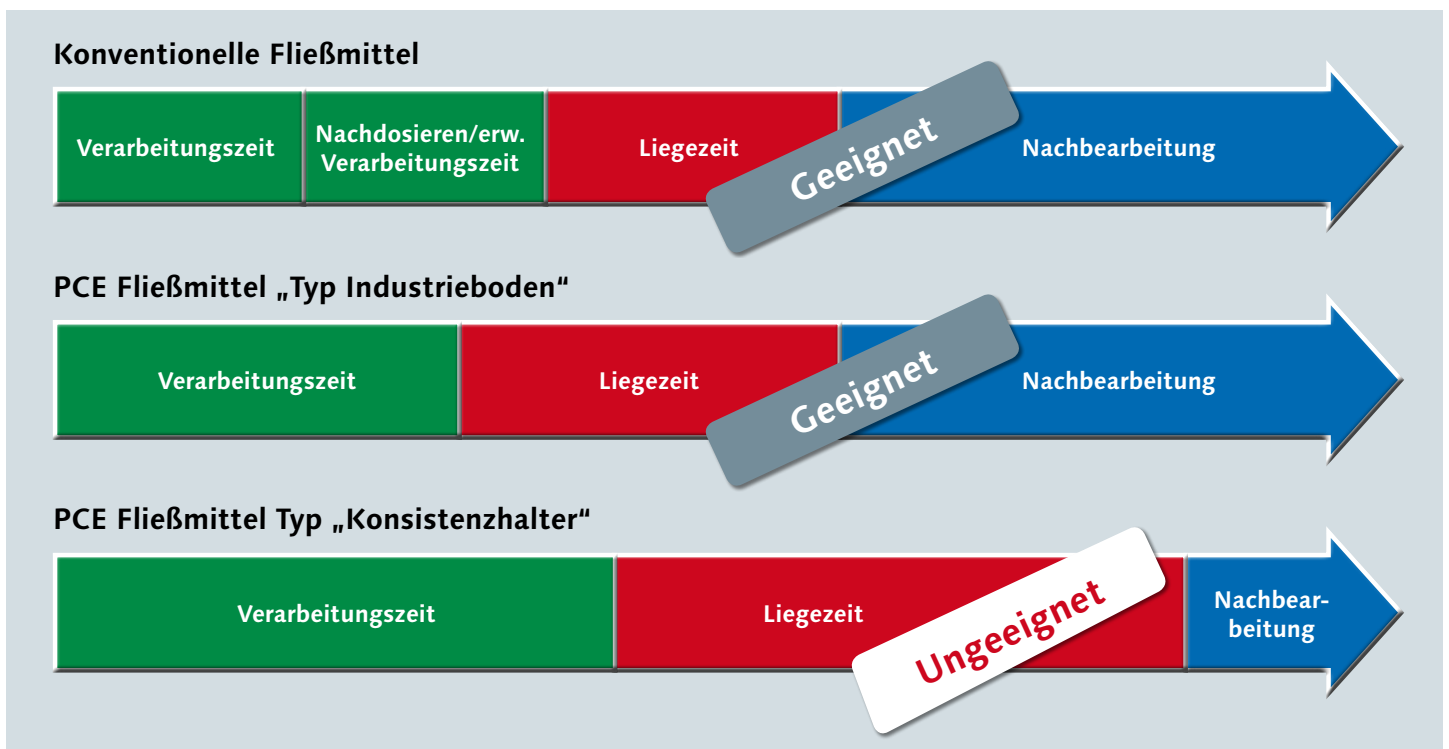


Abb. 2: Charakteristik der für die Herstellung von Industrieböden geeigneten Fließmittel

► PCE IM INDUSTRIEBODENBETON

- Eine Kombination von XF4 und XM3 ist technisch nicht ausführbar.
- Bei der Verwendung von LP-Betonen und frisch aufgetragenen Hartstoffeinstreuungen kann es zwischen Beton und Hartstoffschicht zu Verbundstörungen kommen (Abplatzungen der Verschleißschicht).
- Bewertung des Erstarrungsverhaltens mit geeigneten Prüfverfahren wie z. B. Knetbeutel, um eine Einschätzung der zu erwartenden Liegezeiten zu erhalten.
- Bewertung des Blutverhaltens des Betons, um ggf. Maßnahmen zu ergreifen bzw. auf die Planung der Zwischennachbehandlung einzuwirken.
- Dosierung von PCE-Fließmittel auf 1,0 M.-% v. Z. in der Rezepturplanung begrenzen.
- Bei der Verwendung von Fasern den möglichen Lufteintrag beachten.

Hinweise zum Betoneinbau

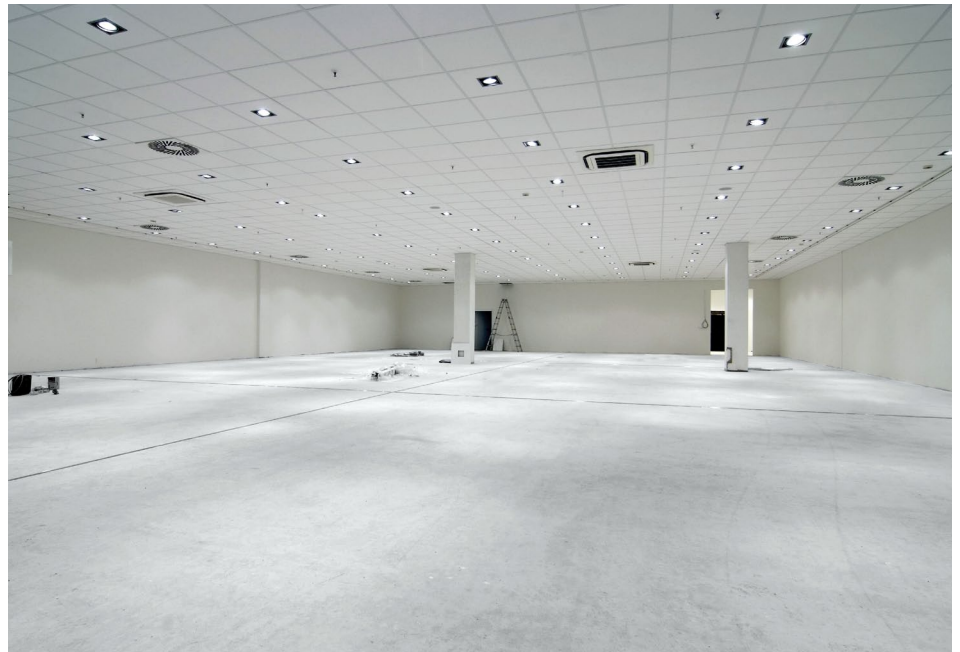
Betonabnahme

Bei der Anlieferung muss der Beton die vereinbarte Konsistenz aufweisen. Die Nachdosierung von Fließmittel auf der Baustelle ist durch die Zugabe eines geeigneten Fließmittels im Transportbetonwerk möglichst zu vermeiden. Die Zugabe von Wasser auf der Baustelle ist untersagt.

Ein unplanmäßiger Luftporengehalt im Beton kann sich beim Glätten der Oberfläche negativ auswirken. Daher wird die stichprobenartige Prüfung des Luftporengehalts empfohlen. Luftporengehalte unterhalb von 3,5 % gelten hierbei als unkritisch.

Einbaubedingungen

Die Austrocknung der Oberfläche eines frisch eingebauten Industrie-



bodens wird vor allem durch die Luftgeschwindigkeit und die Oberflächentemperatur bestimmt. Vom Einbau bis zum Beginn der Nachbehandlung muss deshalb darauf geachtet werden, dass keine Zugluft auftritt und die Bodenplatte nicht – auch nicht partiell – von direkter Sonneneinstrahlung betroffen ist.

Einbringen des Betons

Einen wesentlichen Anteil an der erfolgreichen Herstellung eines Industriebodens hat das Betonierkonzept mit Ablauf- und Personalplanung sowie der Schnittstellenkoordination. Besonders wichtige Punkte sind hierbei:

- Abstimmung der Betoneinbauleistung und der Einstreu- und Glättleistung:
Es muss sichergestellt sein, dass die Oberfläche der eingebauten Betonflächen innerhalb der zur Verfügung stehenden Zeit fertig gestellt werden kann. Bei Tagesleistungen von mehr als 1000 m² sind in der Regel zusätzliche Maßnahmen erforderlich, z. B. zweite Kolonne.

- Festlegung der Betonierreihenfolge:

Es ist darauf zu achten, dass die Oberfläche in derselben Reihenfolge bearbeitet werden kann, in der der Beton eingebaut wurde und keine stark unterschiedlich alten Betonflächen aneinander stoßen.

- Schnittstellenkoordination:

Lückenlose Dokumentation und Information in der Kette Betonbesteller → Betoneinbauer → Glätter. Jedes Gewerk muss die erforderlichen Informationen (z. B. Betoneigenschaften, Einbauzeiten) zur Verfügung haben.

Betonverdichtung

Beton der Konsistenzklasse F4 muss immer vollständig entweder durch Innenrüttler oder Oberflächenrüttler (Rüttelbohle, Motorpatsche) verdichtet werden. Bei Innenrüttlern ist der Eintauchabstand so eng zu wählen, dass keine unverdichteten Zwischenräume bleiben. Bei Oberflächenrüttlern muss sichergestellt sein, dass der Beton über die gesamte Einbauhöhe vollständig verdichtet wird.

► PCE IM INDUSTRIEBODENBETON

Zwischennachbehandlung

Im Zeitraum zwischen dem Abziehen der Betonoberfläche nach dem Verdichten und dem Einstreuen bzw. Glätten, der sogenannten Liegezeit (siehe Abschnitt 4), darf die Betonoberfläche nicht austrocknen. Ein Austrocknung während der Liegezeit kann zu einer Verfestigung der oberflächlichen Zementleim-/Feinmörtelschicht führen, in der Praxis mit „Elefantenhaut“ bezeichnet. Diese „Elefantenhaut“ täuscht eine Tragfähigkeit des Betons vor, die in Wirklichkeit noch nicht vorhanden ist. Auch für die Hartstoffeinstreuung und das Glätten ist es zwingend erforderlich, dass die Betonoberfläche mattfeucht ist. Forschungsergebnisse von Prof. Freimann, Nürnberg zum Phänomen der Elefantenhautbildung bestätigen, dass diese durch Zwischennachbehandlung sicher vermieden wird. Trocknet die Betonoberfläche aus, ist die Gefahr einer Elefantenhautbildung unabhängig vom eingesetzten Fließmittel umso größer, je länger die Liegezeit ist. Ob die Betonoberfläche austrocknet, hängt nach Krell vom Verhältnis zwischen dem Wasserverlust an der Oberfläche durch Verdunstung und dem Wassernachschub an die Oberfläche durch das Bluten des Betons ab (s. Abb. 3).

Ist die erwartete Verdunstung größer als das erwartete Bluten, muss eine Zwischennachbehandlung vorgesehen werden. Die zu erwartende Verdunstung kann mit dem Verdunstungsdiagramm aus dem Zementmerkleblatt B8 abgeschätzt werden. Über das zu erwartende Bluten sollte der Transportbetonlieferant Auskunft geben können.

Geeignete Maßnahmen zur Zwischennachbehandlung sind entweder ein feiner Wassernebel (z. B. mit einem Hochdruckreiniger erzeugt) oder ein Nachbehandlungsmittel auf Basis einer Kunststoff-Dispersion. Übliche Nachbehandlungsmittel auf Basis von Paraffinwachs sind nicht geeignet.

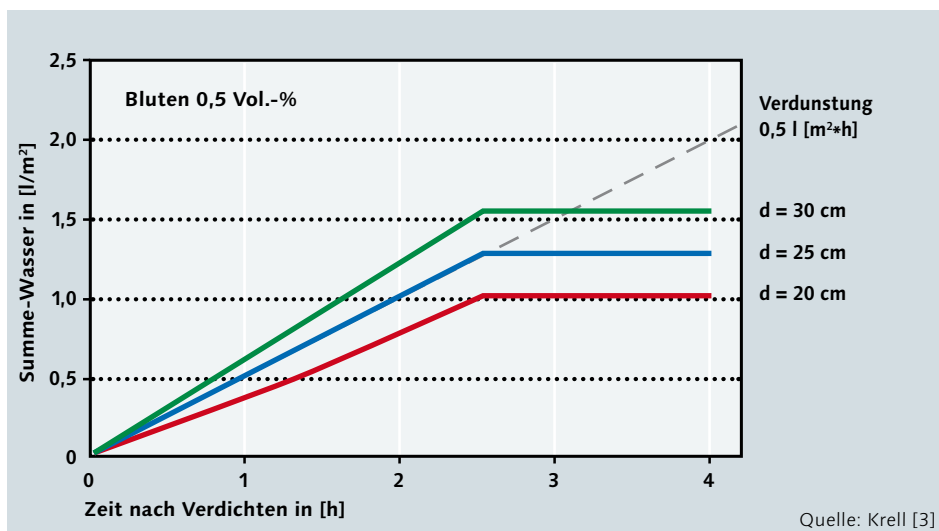


Abb. 3: Vergleich von Verdunstung und Bluten in Abhängigkeit von der Plattendicke

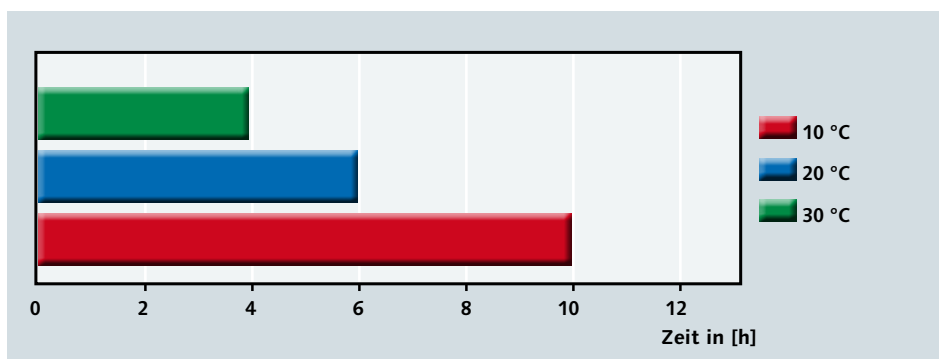


Abb. 4: Einfluss der Temperatur auf den Beginn der Nachbearbeitung

Hartstoffeinstreuung und Glätten

Das Einstreuen der Hartstoffe sollte so früh wie möglich erfolgen. Entweder direkt nach dem Abziehen der Betonoberfläche mit einer maschinengeführten Einstreuvorrichtung oder sobald der Beton begehbar ist mit einem handgeführten Einstreuwagen. Erfolgt das Einstreuen zu spät, können Hohlstellen und Abplatzungen die Folge sein.

Der Zeitpunkt der Begehbarkeit und damit der Beginn der Nachbearbeitung wird auf der Baustelle in der Regel mit dem „Stiefeltest“ bestimmt. Anhaltswerte hierfür sollte der Transportbetonlie-

ferant nennen können. Der Beginn der Nachbearbeitung ist für eine bestimmte Betonsorte vor allem abhängig von der Temperatur (Beispiel s. Abb. 4).

Das Einarbeiten der Hartstoffe erfolgt in der Regel mit einem Tellerklärter, das Fertigstellen der Oberfläche erfolgt danach in mehreren Übergängen mit einem Flügelklärter. Die Glättarbeiten müssen vor dem Erstarrungsende des Betons abgeschlossen sein. Anhaltswerte zum Erstarrungsende sollte der Transportbetonlieferant geben können.

► PCE IM INDUSTRIEBODENBETON

Zusammenfassung

Die vorgestellten vielfältigen Einflüsse und die daraus folgenden Maßnahmen, die den Erfolg bei der Ausführung von Industriefußböden entscheidend beeinflussen, belegen, dass eine frühzeitige und andauernde Zusammenarbeit der Beteiligten in allen Phasen des Ablaufs der Herstellung eines Industriebodens zwingend erforderlich ist.

Die beschriebenen Faktoren gelten grundsätzlich für alle Industriefußböden, unabhängig von der Art der verwendeten Betonzusatzmittel. Für einen Ausschluss der Verwendung bestimmter Betonzusatzmittelrohstoffe, wie dies vereinzelt für den Einsatz von Fließmitteln auf der PCE-Basis empfohlen wird, besteht bei Beachtung der beschriebenen Hinweise keine Begründung.

Quellen

[1] Deutsche Bauchemie e. V. (Hrsg.): Informationsschrift „Anwendung von Fließmitteln auf PCE-Basis im Industriebodenbau“. Frankfurt 2011. Kostenloser Download unter www.deutsche-bauchemie.de

[2] Freimann. Forschungsprojekt „PCE-basierte Fließmittel im Industriebodenbau“, Abschlussbericht 12/2011 (unveröffentlicht)

[3] Krell, J.: Oberfläche und Nachbehandlung von Betonböden, in: Industrieböden aus Beton, 4. Symposium Baustoffe und Bauwerkserhaltung, Müller, Nolting, Haist (Hrsg.), Karlsruhe 2009

[4] Verein Deutscher Zementwerke (Hrsg.): Nachbehandlung von Beton, Zementmerkblatt B8, Düsseldorf, 2009



Impressum: Schlussverantwortung Eckhard Bohlmann, Leiter Entwicklung und Anwendung, Deutschland.

Bilder: HeidelbergCement AG, Steffen Fuchs

[\[zurück ...\]](#)

Hinweis: Sollten Sie diesen Newsletter abbestellen wollen, schicken Sie uns bitte eine kurze E-Mail mit dem Betreff „Abbestellung Newsletter Technik“ an tecletter@heidelbergcement.com