

Leitfaden für Glättbetone

Tipps aus der Praxis für die Planung und Herstellung von Glättbetonen

Holcim (Deutschland) GmbH



Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	3
<hr/>		
2.	Hinweise für Planer und Ausschreiber	4
<hr/>		
2.1	Frischbetontemperatur	4
2.2	Wind	4
2.3	Luftporen	4
2.4	Hartstoff	4
2.5	Zwischen-Nachbehandlung	5
2.6	Oberflächenbeschaffenheit	6
<hr/>		
3.	Hinweise für Bauunternehmer und Glätter	7
<hr/>		
3.1	Verantwortlichkeiten	7
3.2	Einbauleistung	7
3.3	Betonkonsistenz	8
3.4	Wassermenge (w/z-Wert)	8
3.5	Zementart und Zementgehalt	9
3.6	Zusatzstoffe des Typs II	9
3.7	Einfluss der Betontemperatur	10
3.8	Lufttemperatur	10
3.9	Luftporen	13
3.10	Hartstoff	14
3.11	Zwischen-Nachbehandlung	14
3.12	Nachbehandlung	15
<hr/>		
4.	Frisch- und Festbetoneigenschaften	16
<hr/>		
4.1	Sommer	16
4.2	Winter	17
<hr/>		
5.	Zusammenfassung	18
<hr/>		
6.	Literaturhinweise	19
<hr/>		

3. Auflage 2019

Verkaufspreis: € 15,-

Copyright

Holcim (Deutschland) GmbH

Verfasser

Produktmanagement
Horst Erler

Haftungsausschluss

Die Hinweise und Empfehlungen der Holcim (Deutschland) GmbH berücksichtigen die derzeit gültigen Normen, Merkblätter und Praxiserfahrungen.

Die Informationen sind jedoch unverbindlich und werden unter Ausschluss jeglicher Haftung oder Gewährleistung abgegeben.

1. Einleitung

Im Industrie- und Gewerbebau, aber auch im Wohnungsbau werden die Betonplatten vermehrt in monolithischer Bauweise oberflächenfertig hergestellt. Um den unterschiedlichsten, teils extremen Beanspruchungen gerecht zu werden, wird die Betonoberfläche dabei maschinell geglättet. Diese Bauweise wird allgemein als Glättbeton bezeichnet.

Die Abwesenheit eines eigenen Normenwerks führt oft zu Unsicherheiten bei Planern, Ausführenden und Nutzern. Der vorliegende Leitfaden soll Möglichkeiten aufzeigen, wie Glättbetone zielsicher geplant, hergestellt und dauerhaft genutzt werden können.

Witterung, Betonzusammensetzung und die Abstimmung sowie Organisation aller Beteiligten üben einen wesentlichen Einfluss auf die Bauweise aus. Termindruck führt jedoch immer häufiger dazu, dass die Witterungsverhältnisse kaum noch berücksichtigt werden, obwohl es ratsam ist, Glättarbeiten bei Temperaturen von über +30°C oder unter +5°C zu vermeiden.



Abb. 1.1
Maschinelles Glätten eines Industriebodens
– geschlossene Halle



Abb. 1.2
Maschinelles Glätten einer Freifläche

Typische Beton- und Stahlbetonbauteile, deren Oberflächen maschinell geglättet werden:

- Industriebau (Böden, Decken, Rampen, Freiflächen)
- Wohnungsbau (Böden, Decken)
- Stellplätze allgemein (Parkhäuser, Tiefgaragen, Freiflächen)

In der Regel weisen Glättbetone w/z-Werte von unter 0,50 auf, so dass für die Betonherstellung ein Fließmittel erforderlich ist. Dessen Menge hängt vom w/z-Wert und der Frischbetonkonsistenz ab. Außerdem wird der Beton, wenn er mit der Betonpumpe gefördert wird, in der Regel in einer höheren Konsistenzklasse verarbeitet als beim Einbau mit dem Kran. Führt nicht dasselbe Unternehmen den Betoneinbau und die nachfolgenden Glättarbeiten aus, sind gegebenenfalls Konflikte zu erwarten. Denn der Betoneinbauer wird, wenn er nicht für die Glättarbeiten verantwortlich ist, immer eine höhere Betonkonsistenz verarbeiten. Derzeit werden Ausbreitmaße von 520 mm bis 580 mm bevorzugt verarbeitet. Der nachfolgende Glätter wiederum möchte die Betonoberfläche möglichst schnell glätten, damit er seine Arbeit im vorgesehenen Zeitfenster ausführen kann. Dies erfordert jedoch ein rasches Rücksteifen des Betons. Eine gemeinsame Absprache der Betonrezeptur in Abhängigkeit der zu erwartenden Witterungsverhältnisse ist in jedem Fall sinnvoll. Wirksame Möglichkeiten zur Steuerung der Betoneigenschaften sind z.B. die Festigkeitsentwicklung des Betons und die richtige Wahl des Fließmittels (siehe 3.3 Betonkonsistenz).



Abb. 1.3
Maschinell geglättete Verkehrsflächen in einem Parkhaus

2. Hinweise für Planer und Ausschreiber

Es sei ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die Anforderungen an Glättbeton je nach Jahreszeit sehr unterschiedlich sind. Es ist empfehlenswert, diese Unterschiede möglichst bei der Planung zu berücksichtigen. Ebenso empfiehlt sich, dass der Planer außer der Betonfestigkeits-, der Expositions- und der Nutzungsklasse auch detailliert und jahreszeitgerecht die Maßnahmen für die häufig erforderliche Zwischen-Nachbehandlung und die stets notwendige Nachbehandlung vorgibt. Außerdem sollten die Maßnahmen für Zwischen-Nachbehandlung und Nachbehandlung als Position im Leistungsverzeichnis aufgeführt werden. Geeignete Maßnahmen, besonders bei kühlen Temperaturen, sind zum Teil sehr aufwendig und teuer und gehen über den üblichen Umfang einer Nachbehandlung hinaus.

Bei extremer Witterung, sowohl im Sommer als auch im Winter, sollte auf den Einbau von Glättbeton verzichtet werden.

Eine Glättbetonmaßnahme kann nur gelingen, wenn die Regeln der Bautechnik und Betontechnologie eingehalten werden. Deshalb finden sich die wesentlichen Einflüsse nochmals kurz aufgeführt.

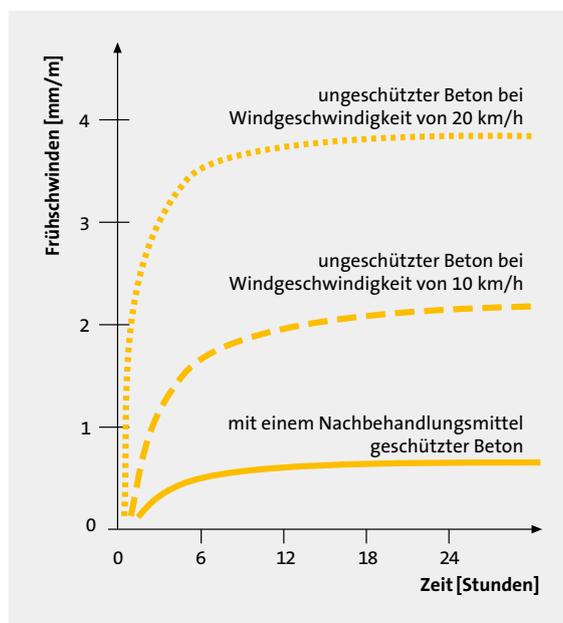


Abb. 2.1
Frühschwinden als Folge mangelhafter Nachbehandlung bei extremen Witterungsbedingungen

2.1 Frischbetontemperatur

Die Frischbetontemperatur hat erheblichen Einfluss auf die Frisch- und Festbetoneigenschaften des Betons. Hohe Temperaturen führen zu einem früheren Erstarrungsbeginn des Zementleims und somit zu einem raschen Ansteifen des Betons. Tiefe Temperaturen verzögern den Erstarrungsbeginn des Zementleims. Außerdem kühlt der Beton ungeschützt sehr rasch aus und erhärtet langsam. Dies hat zur Folge, dass der Beton erst zu einem späteren Zeitpunkt maschinell geglättet werden kann. Eine schadfreie Oberfläche ist dadurch nicht immer sichergestellt.

2.2 Wind

Spürbare Luftbewegung verursacht in der Regel ein rasches Austrocknen der Betonoberfläche. Davor muss der Beton unbedingt geschützt werden, ansonsten ist mit Schäden, wie z.B. Abplatzungen, Hohlstellen, Rissen usw., zu rechnen. Die Wirkung des Windes, ein deutlicher Wasserverlust an der Oberfläche, wird oft unterschätzt.

2.3 Luftporen

Grundsätzlich ist mit Luftporenbeton ein Glättbeton nicht sicher realisierbar. Betone mit künstlichen Luftporen sollten, wenn überhaupt, nur kurz abgesciebt oder abgerieben werden. Eine Vielzahl der Luftporenbetone hat Anforderungen an die Rutschsicherheit zu erfüllen. Bei einigen Rutschhemmungsklassen ist das maschinelle Glätten nicht zulässig (TBG-Merkblatt für Fußböden in Arbeitsräumen und Arbeitsbereichen mit Rutschgefahr). Beim Glätten der Oberfläche mit Flügelglättern werden die Luftporen an der Betonoberfläche zerstört oder verschoben, so dass ihre Funktion bei Frosteinwirkung nicht mehr gewährleistet ist.

2.4 Hartstoff

Bei Betonen mit Wasserzementwerten $\leq 0,45$ ist die Hartstoffeinstreuung besonders bei hohen Temperaturen problematisch. In den meisten Fällen ist zum Zeitpunkt der Hartstoffeinstreuung bzw. -einarbeitung die Betonoberfläche zu trocken, d.h. ein Verbund kann nicht immer

sichergestellt werden. Die Gefahr, dass Hohlstellen und Abplatzungen auftreten, ist groß. In diesen Fällen ist von einer Hartstoffeinstreuung abzuraten. Es empfehlen sich Hartstoffeinstreuungen bis zur Betongüteklasse C30/37. Diese Betone bringen ausreichende Sicherheit, haben sich in der Praxis bewährt und verfügen im Normalfall über einen ausreichenden Wassergehalt.



Abb. 2.4.1
Hartstoffstreuwagen

Die Hartstoffanbieter empfehlen eine Hartstoffeinstreuung nur in zugluftfreier Umgebung. Als Alternative könnte ein Hartstoffestrich in dünner Schichtstärke Anwendung finden. Er bietet den Vorteil, nicht vom Anmachwasser des Tragbetons abhängig zu sein. Hartkorn in Verbindung mit Luftporenbetonen kann zu massiven Irritationen in der Kontaktzone führen. Das gilt sowohl für Hartstoffeinstreuungen als auch für Hartstoffestriche. Vor der Verwendung von Hartstoffen und Luftporen ist abzuraten.

2.5 Zwischen-Nachbehandlung

In den Normen wird nur die Nachbehandlung beschrieben. Die Nachbehandlungsmaßnahmen beginnen entweder nach Abschluss des Verdichtens oder der Oberflächenbearbeitung. Gerade bei Glättbetonmaßnahmen muss der Beton jedoch zwischen Einbau und Glättbeginn vor Austrocknung und Temperaturverlust durch eine Zwischen-Nachbehandlung geschützt werden. Bei Punkt 2.1 bis 2.3 ist eine den Witterungsverhältnissen angepasste Zwischen-Nachbehandlungsmaßnahme zwingend erforderlich, um die Wasserverdunstung an der Betonoberfläche gering zu halten. Die Zwischen-Nachbehandlung schützt das im Beton enthaltene Wasser vor Verdunstung. Nur so ist ausreichend Wasser vorhanden, damit der Zement vollständig hydratisieren kann.

Mögliche Zwischen-Nachbehandlungsmaßnahmen:

- Aufsprühen von geeigneten Curings
- Besprühen mit Wassernebel
- Abdecken mit Folie
- Abdecken mit Wärmedämmmatten
- Einhausung



Abb. 2.5.1
Aufsprühen von Curing



Abb. 2.5.2
Besprühen mit Wassernebel



Abb. 2.5.3
Abdecken mit Folien

Hinweise für Planer und Ausschreiber



Abb. 2.5.4
Abdecken mit Wärmedämmmatten



Abb. 2.5.5
Einhausung

Optische Unregelmäßigkeiten, Schwankungen in Farbgebung und Struktur, vor allem in Randbereichen, aber auch Porigkeiten (Lunkerbildung) und Feinrissbildungen sowie Ausblühungen sind baustoff- und herstellungsbedingt nicht zu vermeiden und deshalb nicht zu beanstanden.

2.6 Oberflächenbeschaffenheit

Maschinell geglättete Betonoberflächen erreichen in der Regel eine Rutschhemmung im Bereich der Bewertungsgruppen R9 bis R10. Durch Abreiben lassen sich griffigere Oberflächen erzielen (R11 bis R12). In Bereichen mit hoher Anforderung an die Rutschhemmung, z.B. bewitterten Außenflächen, Rampen und Ähnlichem, haben sich Oberflächen mit Besenstrich bewährt (R12 bis R13). Bei der Festlegung der Anforderungen ist zu berücksichtigen, dass die Herstellung von Glättbetonen mit definierter Rutschhemmung baustoff- und handwerklich

bedingt nicht möglich ist. Durch vielfältige Einflüsse (z.B. Konsistenzschwankungen, Erstarrungsunterschiede, Witterungseinflüsse, Bearbeitungsart- und -zeitpunkt usw.) sind Strukturunterschiede innerhalb der Fläche unvermeidbar. Nötigenfalls sollte die gewünschte Oberflächenstruktur deshalb anhand von Probe- oder Referenzflächen festgelegt werden. Für die Prüfung der Rutschsicherheit am fertigen Bauteil ist die Gleitreibmessung nach DIN 51131 geeignet.



Abb. 2.6.1
Aufbringen eines Besenstrichs



Abb. 2.6.2
Nahaufnahme eines Besenstrichs

Neigungswinkel	Haftreibungswert	Bewertungsgruppe
>35°	sehr groß	R13
> 27° bis ≤ 35°	groß	R12
> 19° bis ≤ 27°	erhöht	R11
> 10° bis ≤ 19°	normal	R10
≥ 6° bis ≤ 10°	gering	R9

3. Hinweise für Bauunternehmer und Glätter

3.1 Verantwortlichkeiten

Die folgenden Tätigkeiten fallen in die Verantwortung von Bauunternehmern und Glättern:

- Terminplanung und Koordination für Beratung, Gespräche, Betoneinbau und Glätтарbeiten
- Abstimmung der Betonrezeptur mit dem zuständigen Betontechnologen
- Weiterleiten von Informationen an Beteiligte (Transportbetonwerk, Einbaukolonne, Glätter)
- Regelung und Durchführung der Zwischen-Nachbehandlungsmaßnahme
- Regelung und Durchführung der Nachbehandlungsmaßnahme. Bei Expositionsklasse XM wird die doppelte Nachbehandlungsdauer gefordert (DIN EN 206-1 und DIN 1045-2)
- Ausführung der vom Planer vorgegebenen Fugen.

Hinweis

Die Besonderheit der Bauweise, die betontechnologischen Aspekte und die Witterungseinflüsse erfordern ein hohes Maß an Wissen und Sorgfalt. Bauunternehmer sind deshalb, genauso wie Planende und Ausschreibende, gut beraten, in kritischen Situationen betontechnologischen Rat einzuholen.



Abb. 3.1.1
Die Verantwortlichkeiten müssen geregelt sein

3.2 Einbauleistung

Häufig wird die Einbauleistung bei der Planung zu hoch angesetzt, was zu langen Wartezeiten der Betonfahrzeuge führen und damit die Qualität des Betons negativ beeinflussen kann. Bei warmer Witterung erhöhen sich die Frischbetontemperaturen, was in der Regel einen nicht eingeplanten Konsistenzverlust bewirkt, der durch nochmalige Zugabe von Fließmittel vor dem Betoneinbau korrigiert wird. Dies erfordert jedoch die Anwesenheit eines erfahrenen Betontechnologen. Kühle Witterung lässt die Frischbetontemperatur absinken. Auch dies kann sich negativ auf das Erstarrungsverhalten und auf die Festigkeitsentwicklung des Zementleims auswirken.



Abb. 3.2.1
Betoneinbau mit Pumpe

Durchschnittliche Einbauleistungen bei Bodenplatten betragen:

- Plattenstärke 20 cm: ca. 35 m³ Beton pro Stunde
- Plattenstärke 25 cm: ca. 40 m³ Beton pro Stunde
- Plattenstärke 30 cm: ca. 50 m³ Beton pro Stunde

Höhere Einbauleistungen erfordern zusätzliche Maßnahmen. Meist ist eine zweite Kolonne erforderlich.

3.3 Betonkonsistenz

Bislang werden Glättbetone überwiegend in der Konsistenzklasse F3 angeboten. Diese Konsistenzklasse ist für die nachfolgende Glättmaßnahme ideal. In der Praxis werden jedoch erfahrungsgemäß höhere Konsistenzklassen verarbeitet, hauptsächlich dann, wenn der Beton einbau und die Glättarbeiten nicht von derselben Firma ausgeführt werden.

Sehr weiche, insbesondere fließfähige Konsistenzen im Bereich von F5 und F6 sind bei der Herstellung von Glättbetonen grundsätzlich zu vermeiden, um Grobkornsedimentationen sowie Anreicherungen von Feinmörtel und Zementleim an der Betonoberfläche vorzubeugen, die die Oberflächenqualität beeinträchtigen und die Entstehung von Oberflächenrissen begünstigen.

Bei der Wahl des richtigen Fließmittels (FM) oder Betonverflüssigers (BV) sollte darauf geachtet werden, dass das Verarbeitungsfenster des Betons dem Betonbau und dem Glätten angepasst wird. Man unterscheidet bei den FM normale Fließmittel und solche mit verzögernder Wirkung. Verzögernde FM sind beim Glätten in den meisten Fällen nicht geeignet. Die Wahl des optimalen FM oder BV für den jeweiligen Einbau sollte mit einem Betontechnologen oder dem Fließmittelhersteller abgesprochen werden.



Abb. 3.3.1
Ausbreitmaß

Konsistenzklasse	Ausbreitmaß	Konsistenzbezeichnung
F1	< 350 mm	steif
F2	350–410 mm	plastisch
F3	420–480 mm	weich
F4	490–550 mm	sehr weich
F5	560–620 mm	fließfähig
F6	630–700 mm	sehr fließfähig

Abb. 3.3.2
Konsistenzklassen

FM oder BV dürfen keine ungewollten Luftporen in den Beton einführen.

3.4 Wasserzementwert (w/z-Wert)

Die DIN EN 206-1 gibt in Abhängigkeit der Expositionsklassen die maximalen w/z-Werte vor. Gut zu verarbeitende Betone benötigen einen ausreichenden Gesamtwassergehalt. Unter Berücksichtigung der regionalen Unterschiede empfiehlt sich für die Betonfestigkeitsklassen C25/30 und C30/37 ein maximaler w/z-Wert von 0,55. Für die Festigkeitsklasse C35/45 gibt die Norm einen maximalen w/z-Wert von $\leq 0,45$ vor.

Tiefe w/z-Werte beeinflussen die Verarbeitbarkeit der Betone negativ. Solche Betone benötigen eine hohe Dosierung von Zusatzmitteln (Fließmittel). Dies beeinflusst die Verarbeitungszeit, die Verarbeitbarkeit und den Glättbeginn. Bei Betonen mit einem maximalen w/z-Wert von 0,45 (C35/45; XM2, XM3, XD3) ist das Einarbeiten einer Hartstoffschiicht beinahe unmöglich. Der Beton ist in der Kontaktzone zum Zeitpunkt der Hartstoffeinstreuung in der Regel zu trocken, ein Verbund ist nicht sichergestellt. Hier empfiehlt es sich, Bedenken anzumelden und gegebenenfalls die Zustimmung für die Betonfestigkeitsklasse C30/37 einzuholen. Dies funktioniert mit ausreichender Sicherheit und hat sich auch in der Praxis bewährt.

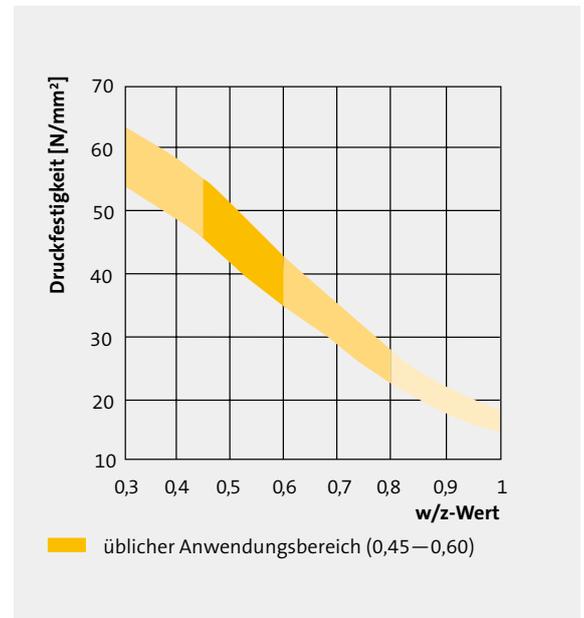


Abb. 3.4.1
Betondruckfestigkeit (mit CEM I 42,5 N)
in Abhängigkeit des w/z-Werts

3.5 Zementart und Zementgehalt

Der Zement hat keinen wesentlichen Einfluss auf die Glättarbeiten, auch wenn in der Regel Zemente mit gutem Wasserrückhaltevermögen (CEM I und CEM II) bevorzugt werden. Maßgebend ist vielmehr die Betonzusammensetzung. Sie übt den größten Einfluss auf die Verarbeitbarkeit des Betons aus. CEM-III-Zemente werden nur in Einzelfällen, z.B. bei massigen Bauteilen oder hohen Sulfatgehalten, eingesetzt. Da diese Zemente in der Regel eine sehr langsame Festigkeitsentwicklung haben und dies den Glättbeginn wesentlich verzögert, werden sie sehr selten verwendet. Bei Betonen mit langsamer Festigkeitsentwicklung sind Art, Zeitpunkt und Dauer der Nachbehandlung noch entscheidender als bei Betonen mittlerer oder schneller Festigkeitsentwicklung.

Bei normalen Anforderungen, abhängig von den Expositionsclassen, sollte ein Mindestbindemittelgehalt von 320 kg/m^3 ausreichen. Der jeweilige erforderliche Mindestzementgehalt ist in der DIN EN 206-1 und der DIN 1045-2 geregelt. Der Mehlkorngehalt sollte bei einem Größtkorn von 32 mm mindestens 360 kg/m^3 Beton betragen.

Bei kühlen Temperaturen ($< 10^\circ\text{C}$) bringt eine Erhöhung des Zementgehalts oder die Umstellung auf eine höhere Festigkeitsklasse keinen wesentlichen Vorteil. Die Erhöhung der Frischbetontemperatur bei der Betonherstellung ist wesentlich effektiver (siehe 3.7).



Abb. 3.5.2
Verladen von Sackware



Abb. 3.5.1
Zementtransport mit Silozug

3.6 Zusatzstoffe des Typs II

Für Glättbetone eignen sich latent hydraulische Zusatzstoffe des Typs II. In der Regel wird Flugasche verwendet. In besonderen Fällen, z.B. bei hochfesten Betonen, kann auch Silicastaub als Betonzusatzstoff zum Einsatz kommen. Flugasche verbessert im Allgemeinen die Frischbetoneigenschaften und reduziert durch die erhöhte Mehlkornzugabe die Blutneigung des Betons. Die Hydratationswärmeentwicklung des Betons kann durch Zugabe von Flugasche als Zementersatz reduziert werden. Bei der angestrebten Festigkeitsentwicklung des Glättbetons ist das Verhältnis von Flugasche zu Zement (f/z) entsprechend der Jahreszeit und den Witterungsbedingungen anzupassen, da flugaschereiche Betone eine langsamere Festigkeitsentwicklung aufweisen.

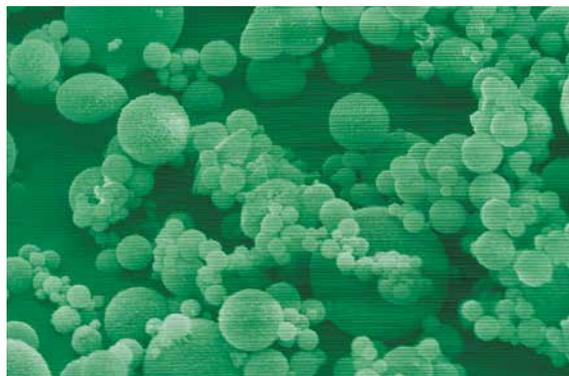


Abb. 3.6.1
Rasterelektronenmikroskop-Aufnahme von Steinkohlenflugasche

3.7 Einfluss der Betontemperatur

Die Frischbetontemperatur beeinflusst die Druckfestigkeitsentwicklung von Zementen sehr stark, insbesondere im frühen Stadium. Abb. 3.7.1 zeigt den Einfluss der Temperatur in Abhängigkeit der Zementfestigkeitsklasse in den ersten Stunden. Die im Diagramm dargestellte Frühfestigkeitsentwicklung wurde an CEM-I- und CEM-II-Zementen ermittelt. Folgende Festigkeitsklassen wurden beprobt: 32,5 R, 42,5 N, 42,5 R, 52,5 N und 52,5 R. Die Werte wurden an Mörtelprismen gemäß DIN EN 197 ermittelt. Alle Prüfkörper wurden bei +5°C und +20°C hergestellt, gelagert und geprüft. Bei Prüfungen an Betonprüfkörpern ließ sich eine ähnliche Festigkeitsentwicklung feststellen.

Beurteilung

Die Ergebnisse zeigen, dass z.B. bei +20°C Umgebungstemperatur die Zemente, abhängig von der Festigkeitsklasse, in den ersten 16 Stunden sehr unterschiedliche Festigkeiten erreichen. Das bedeutet, dass die Frühfestigkeitsentwicklung der Betone über die entsprechende Zementauswahl gut gesteuert werden kann. Im Gegensatz hierzu ist bei einer Umgebungstemperatur von z.B. +5°C die Festigkeitsentwicklung in den ersten 16 bis 20 Stunden bei allen Zementfestigkeitsklassen sehr gering. Das heißt, dass zwingend andere Maßnahmen getroffen werden müssen, weil die Umstellung auf eine höhere Zementfestigkeitsklasse nicht die alleinige Lösung ist. Das Halten der Betontemperatur im Bauteil, die Nachbehandlung mit Dämmmatten oder das Einhausen sind wesentlich effektiver.

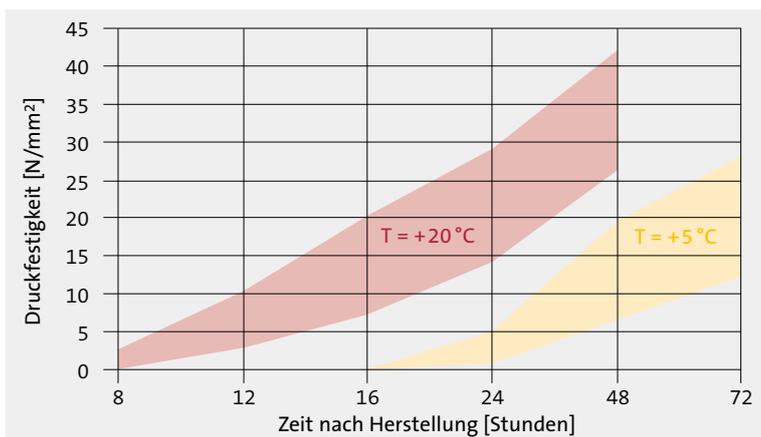


Abb. 3.7.1 Frühfestigkeitsentwicklung bei unterschiedlichen Zementen (CEM 32,5 R: untere Begrenzung, CEM 52,5 R: obere Begrenzung) und verschiedenen hohen Außentemperaturen (+5°C und +20°C)

Hinweis

Durch geeignete Maßnahmen sollte die Temperatur bei mindestens +10°C gehalten werden. Kann diese Temperatur nicht gehalten werden, sollte bei Temperaturen unter +5°C auf das Betonieren verzichtet werden.



Abb. 3.7.2 Messen der Frisch- (links) und Festbetontemperatur (rechts)

3.8 Lufttemperatur

Für ein schadenfreies Betonieren bei kühlen Temperaturen ist es ganz wichtig, dass die in den geltenden Normen festgelegten Mindesttemperaturen und Nachbehandlungsfristen eingehalten werden. Gegebenenfalls sind besondere Maßnahmen zu ergreifen. Es kann ausreichend sein, wenn die Frischbetontemperatur auf ca. +10 bis +20°C erhöht wird und nach dem Betoneinbau ein sofortiger Schutz gegen Temperaturverlust, z.B. durch Auflegen von Wärmedämmmatten, erfolgt.

Wichtig ist, dass bei Lufttemperaturen unter -3°C eine Frischbetontemperatur von mindestens +10°C über drei Tage gehalten wird. Dies erfordert eine wärmedämmende Nachbehandlungsmaßnahme. Eine Nachbehandlung durch Auflegen einer PE-Folie oder Aufsprühen eines flüssigen Nachbehandlungsmittels reicht bei den tiefen Lufttemperaturen nicht aus. Dementsprechend muss die Nachbehandlung mit Thermomatten oder Ähnlichem stattfinden. Einhausen ist auch möglich.

Liegen die Temperaturen jedoch sehr tief und ist das Einhalten der geforderten Betontemperatur nicht gewährleistet, sollte das Betonieren auf wärmere Tage verschoben werden.

Auf gefrorene Untergründe oder gegen gefrorene Bauteile darf nicht betoniert werden.

Bei heißen Temperaturen neigt der Beton zu frühem Ansteifen, was das Verarbeitungsfenster deutlich verkürzt. Der Einfluss von Sonneneinstrahlung und Wind wird meist unterschätzt. Hier sollten die Betonrezeptur und die Zusatzmittel auf die Außentemperaturen abgestimmt und eingestellt werden. Erst dann kann ein problemloser Betoneinbau gewährleistet werden.

Durch frühzeitige und richtige Zwischen-Nachbehandlung kann das Wasser im Beton gehalten werden.

Hinweis

Die Frischbetontemperatur sollte im Sommer +25°C nicht wesentlich überschreiten, um eine ausreichende Bearbeitbarkeit der Oberfläche sicherzustellen. Außenflächen können bei hochsommerlichen Witterungsverhältnissen nicht vimmer zielsicher hergestellt werden. Bei Temperaturen $\geq +30^\circ\text{C}$, direkter Sonneneinstrahlung und starker Luftbewegung (Wind) sollten die Betonierarbeiten auf einen günstigeren Zeitpunkt verschoben werden.

Die fertigen Oberflächen sind möglichst frühzeitig vor starker Erwärmung (bei Sonneneinstrahlung) zu schützen, beispielsweise durch Abdecken mit Jutematten und Bewässern.

Lufttemperatur	Mindesttemperatur des Frischbetons beim Einbau
+5°C bis -3°C	+5°C im allgemeinen Fall +10°C bei < 240 kg/m ³ Zement und bei NW-Zementen
< -3°C	+10°C sollte mindestens 3 Tage lang gehalten werden

Abb. 3.8.1
Mindesttemperatur des Frischbetons gemäß DIN EN 206-1 und DIN 1045-2

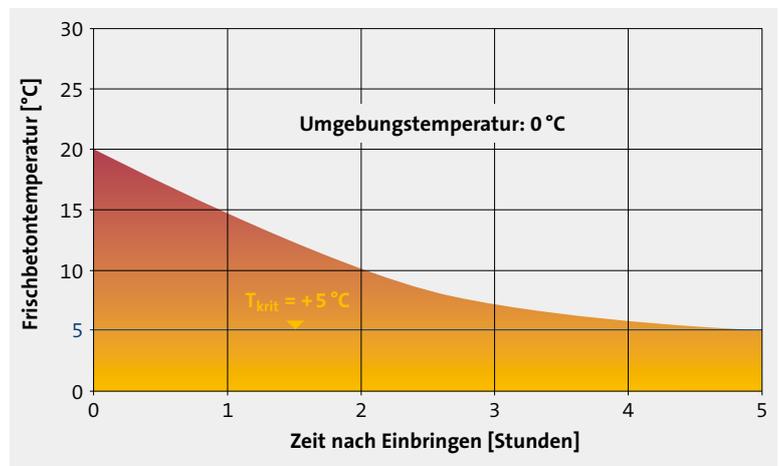


Abb. 3.8.2
Ungeschützter Frischbeton kühlt nach dem Einbau rasch aus. Der Temperaturverlust beträgt rund 3°C pro Stunde



Abb. 3.8.3
Mit PE-Folie eingehauste Winterbaustelle

Hinweise für Bauunternehmer und Glätter

Betonieren bei kühler Witterung

Werden die Vorgaben der Norm eingehalten, können Bauteile aus Beton im Bereich leichter Minustemperaturen eingebaut werden. Die DIN EN 206-1 bzw. DIN 1045-2 fordern bei Lufttemperaturen unter -3°C eine Frischbetontemperatur von mindestens $+10^{\circ}\text{C}$. Zusätzlich muss sichergestellt sein, dass diese Temperatur von $+10^{\circ}\text{C}$ auch mindestens drei Tage gehalten wird (Abb. 3.8.1). Dies können nur zusätzliche Maßnahmen wie Wärmedämmung oder Einhausung gewährleisten. Je schlanker das Bauteil ist, desto größer ist der Aufwand, um die Temperatur im Beton zu halten. Bei dickeren Bauteilen hilft die Hydratationswärme mit, die Betontemperatur zu halten.

In der Regel handelt es sich bei Glättbetonen aber um Bauteile mit relativ geringer Dicke. Daher ist ein Auskühlen der Betonoberfläche sehr wahrscheinlich. Bei kühlen Außentemperaturen reagiert der Beton sehr langsam und die Festigkeitsentwicklung in den ersten Stunden stagniert nahezu. Bis ein solcher Beton geglättet werden kann, vergehen sehr viele Stunden. In den meisten Fällen ist es nicht möglich, wärmedämmende Zwischen-Nachbehandlungsmaßnahmen durchzuführen. Somit ist die Betonoberfläche, die letztlich geglättet werden soll, dem Frost völlig schutzlos ausgesetzt. Deshalb können Glättbetone bei Frosteinwirkung nicht schadenfrei hergestellt werden. Ein wirksamer Schutz der Oberfläche ist damit nur bei Betonen sichergestellt, die nicht geglättet werden und direkt nach dem Betoneinbau geschützt werden können.

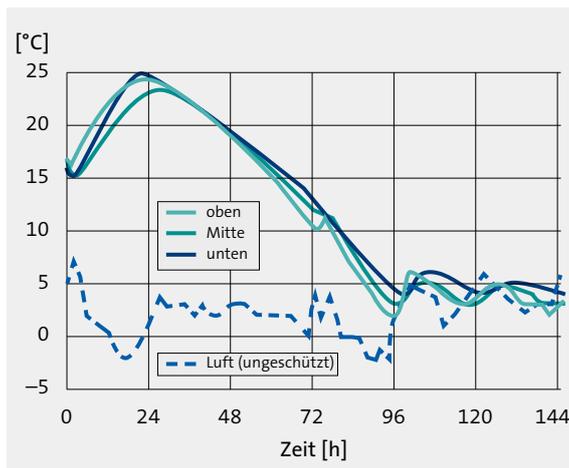


Abb. 3.8.4
Temperaturverlauf von Bodenplatte und Luft über die ersten sechs Tage

Abb. 3.8.4 zeigt den Wärmeverlauf in einer Bodenplatte bei sehr kühlen Außentemperaturen. Beim Einbau lag die Betontemperatur über $+15^{\circ}\text{C}$, aber nur der sofortige Schutz des Frischbetons mit Wärmedämmmatten ermöglichte es, die Temperatur im Beton zu halten. Hätte dieser Beton bei den gemessenen, sehr kühlen Außentemperaturen geglättet werden müssen, wäre die Betonoberfläche bis zum Glättzeitpunkt völlig ausgekühlt und ein Schaden somit unabwendbar gewesen.



Abb. 3.8.5
Frühzeitiger Beginn der wärmedämmenden Nachbehandlung

Vorsicht

Wenn eine angemessene Zwischen-Nachbehandlung bzw. Nachbehandlung oder Einhausung nicht durchführbar ist, sollte bei kühlen Außentemperaturen und bei Frostgefahr kein Glättbeton hergestellt werden!



Abb. 3.8.6
Nachbehandlung mit Wärmedämmmatten, um die Betontemperatur über $+10^{\circ}\text{C}$ zu halten

3.9 Luftporen

Grundsätzlich lassen sich Glättbetone mit Luftporenbeton nicht sicher realisieren. Durch das Glätten findet eine Mörtelanreicherung an der Betonoberfläche statt und es muss davon ausgegangen werden, dass das Luftporensystem an der Betonoberfläche verändert und gegebenenfalls gemindert wird. Eine Vielzahl der Luftporenbetone hat zudem Anforderungen an die Rutschsicherheit zu erfüllen. In solchen Fällen ist zu beachten, dass nicht bei allen Rutschhemmungsklassen ein maschinelles Glätten zulässig ist. Wenn die Luftporen durch das Glätten verschlossen oder zerstört werden, ist ihre Wirkung zum Druckausgleich nicht mehr gegeben, womit ihr positiver Effekt bei Frostausalzwechseln entfällt. Bei Bodenflächen, bei denen eine Austrocknung fast unmöglich ist (Waschplätze, Waschanlagen), sollte eine Beschichtung erwogen werden, um den Beton damit zu schützen (ZTV Beton-StB 01).

Hinweis

Bei der Herstellung eines frostausalz-standsfähigen Betons sollte darauf hingewiesen werden, dass der Beton erst mit Taumittel beaufschlagt werden darf, wenn er ausreichend erhärtet ist und einmal richtig austrocknen konnte. Sollte vorher Taumittel aufgebracht werden, ist mit starken Frostschäden zu rechnen. Das Aufsprühen einer Hydrophobierung kann in vielen Fällen eine Verbesserung bewirken.

Wirkungsweise von Luftporen im Beton

Um die Frostausalzbeständigkeit von Beton zu erhöhen, werden künstliche Luftporen eingefügt. Diese unterbrechen die Kapillarporen und reduzieren das Saugverhalten des Betons. Das in den Kapillarporen gefrierende und dabei an Volumen zunehmende Wasser kann sich zudem dank der eingeführten Luftporen ausdehnen, ohne Druck auf den Beton auszuüben. Diese beiden positiven Wirkungsweisen von Luftporen funktionieren aber nur, wenn das ganze Luftporensystem weder durch Glätten noch Verschließen der Oberfläche gestört wird.



Abb. 3.9.1
Ermittlung des Luftporengehalts mit dem Druckausgleichverfahren (Luftporentopf).
Oben im Feld, unten im Labor

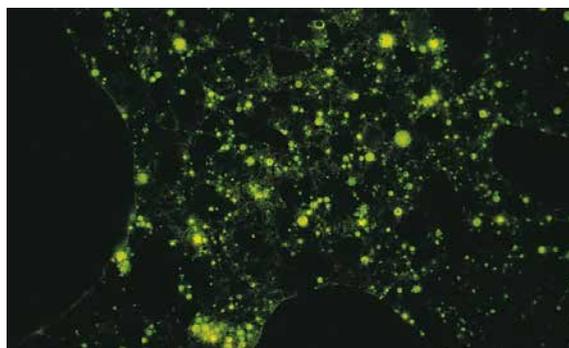


Abb. 3.9.2
Für Frost-Taumittelbeständigkeit erforderliche gleichmäßige Luftporenverteilung
(mikroskopische Dünnschliffaufnahme, 5x vergrößert)

3.10 Hartstoff

Soll der Verschleißwiderstand mit einem Hartstoff erhöht werden, muss dies gleichmäßig und je nach Anforderung als Hartstoffeinstreuung oder als Hartstoffestrich erfolgen. Hinsichtlich der genauen Anwendung sind die Angaben der Hersteller zu beachten. Insbesondere sollte die Verwendung in zugluftfreier Umgebung stattfinden, um die vorzeitige Austrocknung an der Oberfläche zu vermeiden. Der unplanmäßige Wasserverlust in der Oberfläche ist in der Regel Mitursache von:

- Hohlstellen
- Abplatzungen
- Rissen.

Anmerkung

Für einen sicheren Verbund von Hartstoff und Beton sollte der Wasserzementwert des Glättbetons im Bereich von 0,50 bis 0,55 liegen. Außerdem muss der Beton vor dem Austrocknen geschützt werden. Bei Wasserzementwerten unter 0,45 ist von einer Hartstoffeinstreuung abzuraten. Muss zwingend ein Beton mit einem w/z von 0,45 (C35/45) eingebaut werden, ist die Oberfläche sofort nach Betoneinbau durch eine geeignete Zwischen-Nachbehandlung vor Wasserverlust zu schützen.



Abb. 3.10.1
Einstreuen von Hartstoff mit dem Streuwagen

3.11 Zwischen-Nachbehandlung

In der Praxis wird zwischen Betoneinbau und Glättbeginn keine Schutzmaßnahme durchgeführt. Dies mindert gegebenenfalls die Betonqualität erheblich. Es wäre wichtig, wenn bereits in der Ausschreibung auf eine Zwischen-Nachbehandlungsmaßnahme hingewiesen würde. Diese müsste dann auch als Position ausgeschrieben und vergütet werden. Gut durchführbar ist das Aufsprühen von geeigneten flüssigen Nachbehandlungsmitteln (Curing als Glätthilfen) und/oder eines Wassernebels. Bei sachgerechter Anwendung lässt sich so ein Austrocknen der Betonoberfläche verhindern.



Abb. 3.11.1
Aufsprühen eines Curing-Produkts

Bei extremen Witterungsverhältnissen kann es jedoch von Vorteil sein, wenn anstelle des flüssigen Nachbehandlungsmittels eine PE-Folie ausgelegt wird. Bei kühlen Temperaturen reicht dieser Schutz jedoch nicht aus. Es sollte auf jeden Fall eine wärmedämmende Maßnahme durchgeführt werden. Außer dem Austrocknen der Oberfläche muss bei kühlen Temperaturen ($<+10^{\circ}\text{C}$) auch ein starkes, rasches Auskühlen des Betons verhindert werden.

Eine Zwischen-Nachbehandlung ersetzt die Nachbehandlung nicht!

3.12 Nachbehandlung

In der Regel erfolgt die zwingend erforderliche Nachbehandlung in der warmen Jahreszeit durch Auflegen von dampfdichten PE-Folien. Durch diese Nachbehandlungsmaßnahme soll sichergestellt werden, dass der Beton nicht austrocknet und das Wasser an der Betonoberfläche zur vollständigen Hydratation zur Verfügung steht.

Gegebenenfalls ist eine wärmedämmende Maßnahme auch bei höheren Temperaturen empfehlenswert. Dadurch kann das Temperaturgefälle zwischen Tag und Nacht gering gehalten werden, die Gefahr von Rissen wird dadurch minimiert. Bei niedrigen Temperaturen muss zwingend mit Wärmedämmmatten/Folien nachbehandelt werden. Diese Maßnahme ermöglicht es, die vorhandene Temperatur im Beton zu halten und nicht nach außen abfließen zu lassen. Liegt die Betontemperatur unter +5°C, ist mit einer erheblichen Verzögerung des Erhärtungsbeginns zu rechnen.

Bei Betonböden im Geltungsbereich der DIN 1045 mit Expositionsklassen XM müssen die üblichen Nachbehandlungszeiten nach DIN 1045-3 ohne genauen Festigkeitsnachweis verdoppelt werden, um in der Randzone mindestens 70 % der charakteristischen Druckfestigkeit zu erreichen.



Abb. 3.12.2 Nachbehandlung mit PE-Folie

Expositions-klasse	Erforderliche Festigkeit im oberflächennahen Bereich	Minstdauer der Nachbehandlung
X0, XC1	–	0,5 Tage (mindestens 12 Stunden)
Alle Klassen, außer X0, XC1, XM	0,5 · f _{ck}	Werte der Tabelle unten
XM	0,7 · f _{ck}	Werte der Tabelle unten verdoppeln



Abb. 3.12.1 Arbeiten unter der schützenden Einhausung

Oberflächen-temperatur T [°C] ²⁾	Festigkeitsentwicklung des Betons: $r = f_{cm2}/f_{cm28}$ ¹⁾			
	r ≥ 0,50 schnell	r ≥ 0,30 mittel	r ≥ 0,15 langsam	r < 0,15 sehr langsam
≥ 25	1	2	2	3
25 > T ≥ 15	1	2	4	5
15 > T ≥ 10	2	4	7	10
10 > T ≥ 5	3	6	10	15

¹⁾ f_{cm2} bzw. f_{cm28} bezeichnen die Mittelwerte der Druckfestigkeit nach 2 bzw. 28 Tagen.

²⁾ Statt der Oberflächentemperatur des Betons darf die Lufttemperatur angesetzt werden.

XC2 bis XC4, XF1: Frischbeton-temperatur T [°C] ¹⁾	Festigkeitsentwicklung des Betons: $r = f_{cm2}/f_{cm28}$			
	r ≥ 0,50 schnell	r ≥ 0,30 mittel	r ≥ 0,15 langsam	r < 0,15 sehr langsam
≥ 15	1	2	4	k.A.
15 > T ≥ 10	2	4	7	k.A.
10 > T ≥ 5	4	8	14	k.A.

¹⁾ Kann ein übermäßiges Auskühlen des Betons im Anfangsstadium ausgeschlossen werden, können für die Expositionsklassen XC2, XC3, XC4 und XF1 die erforderlichen Nachbehandlungsdauern auch über die Frischbetontemperatur zum Zeitpunkt des Betoneinbaus festgelegt werden.

Abb. 3.12.3 Minstdauer der Nachbehandlung nach DIN 1045-3

4. Frisch- und Festbetoneigenschaften

4.1 Sommer

In der warmen Jahreszeit sind verschiedene Phänomene zu beobachten, die unten mit ihren Einflussfaktoren einzeln aufgeführt werden.

Starkes, rasches Ansteifen/Konsistenzverlust, schnelle Festigkeitsentwicklung

- Zementart und -menge
- Zusatzstoffart und -menge
- Zusatzmittelart und -menge
- Temperaturen (Luft, Beton).

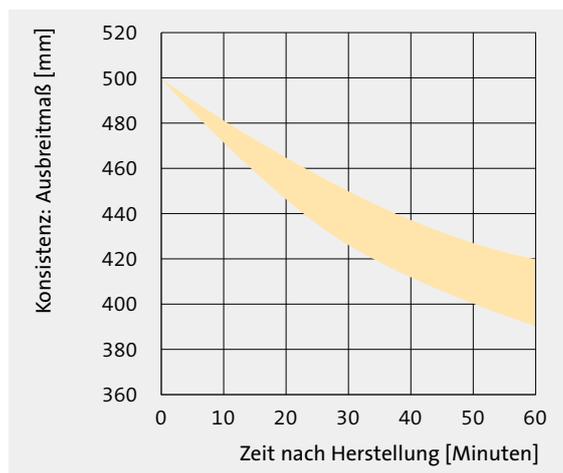


Abb. 4.1.1
Ansteifverhalten von Frischbeton. Der dunkle Bereich gilt für Fließmittel auf PCE-Basis, der helle für herkömmliche Fließmittel

Hohe Klebrigkeit

- Zementart und -menge
- Zusatzstoffart und -menge
- Zusatzmittelart und -menge
- hoher Feinststoffanteil im Beton
- Temperaturen (Luft, Beton).

Sedimentation/Bluten

- nicht optimale Betonzusammensetzung
- fehlender Mörtelgehalt
- falsches Zusatzmittel oder Überdosierung
- hohe Betonkonsistenzen
- Zementart und -menge.

Unkontrolliertes Erhärtungs- und Austrocknungsverhalten

- verzögernde Wirkung der Zusatzmittel
- Zementart und -menge
- unterschiedliche Wasserzementwerte
- unterschiedliche Konsistenzen
- unterschiedliche Frischbetontemperaturen
- wechselnde Witterungseinflüsse
- Nachbehandlungsart und Zeitpunkt.

Sinterhautbildung

Die Sinterhaut wird auch Elefanten Haut genannt, sie entsteht beim Austrocknungsprozess durch:

- Zusatzmittelart und -menge
- Zementart und -menge
- Zusatzstoffart und -menge
- Nachbehandlungsart und -zeitpunkt.

Vorsicht

Wird der Beton nicht unmittelbar nach Einbau vor Witterungseinflüssen geschützt, besteht immer die Gefahr der Sinterhautbildung. Langsame Festigkeitsentwicklung und verzögerndes Ansteifverhalten können das Gefahrenpotenzial bei Glättbeton durch lange Offenzeiten erhöhen.

Rissbildung (Schwind- und Setzrisse)

- 16hohe Zementgehalte
- hohe Wasserzementwerte
- hohe Konsistenzen.

Vorsicht

Bauteilabmessung, Temperaturen sowie Art und Zeitpunkt der Nachbehandlungsmaßnahme beeinflussen die Rissbildung stark.

4.2 Winter

Die kalte Jahreszeit führt zu teilweise gegenteiligen Effekten auf den Beton, die ebenfalls mit ihren Einflussfaktoren aufgeführt werden.

Lange Konsistenzhaltung/verzögerndes Ansteifen

- Fließmittel auf PCE-Basis
- Beton mit verlängerter Verarbeitungszeit
- Zementart
- niedrige Beton- und Lufttemperaturen.

Dies hat zur Folge, dass der Beton von oben nach unten austrocknet, d.h. die Oberfläche ist längst abgetrocknet, bevor der Beton begehrbar und somit zum Glätten geeignet ist. Dieses Verhalten bereitet den Glättfirmen große Probleme. Zum einen verzögert sich der Glättbeginn, gegebenenfalls um Stunden, zum anderen erfordert dies zwingend eine Zwischen-Nachbehandlung, d.h. der Beton muss zwischen erfolgtem Einbau und Glättbeginn vor Feuchtigkeitsentzug geschützt werden. Geeignete flüssige Nachbehandlungsmittel, die auf den mattfeuchten Beton aufgesprüht werden, verhindern bei sachgerechter Anwendung ein vollständiges Austrocknen der Oberfläche. Einige Produkte reduzieren die Klebrigkeit des Betons und verbessern das Anglätten der Oberfläche, man spricht hier von Glätthilfen.

Reduzierte Festigkeitsentwicklung

Diese unerwünschte Eigenschaft stellt sich verstärkt bei kühlen Temperaturen ein. Gründe dafür sind:

- Zementart und -menge
- Zusatzstoffart und -menge
- Zusatzmittelart und -menge
- hoher Wasserzementwert
- niedrige Betontemperaturen
- niedrige Bauteil- und Umgebungstemperaturen
- ungenügende Nachbehandlung (Temperaturverlust).

Hohe Klebrigkeit

- Fließmittelart und -menge
- Zusatzstoffart und -menge
- hohe Feinststoffanteile.

Sedimentation/Bluten

- nicht optimale Betonzusammensetzung
- fehlender Mörtelgehalt
- falsches Zusatzmittel oder Überdosierung
- hohe Betonkonsistenzen
- Zementart und -menge
- verzögerter Erstarrungsbeginn.

Vorsicht

Bei deutlichen Sedimentationserscheinungen besteht die Gefahr, dass durch verzögerte Eigenverdichtung (Nachsacken des Betons) Setzrisse auftreten. Des Weiteren wird die Güte der Betonoberfläche erheblich gemindert. Bei massigen Bauteilen ist eine Nachverdichtung vor dem Abziehen und der Zwischen-Nachbehandlung zwingend erforderlich.

Sinterhautbildung

Die Ursachen der Sinterhautbildung sind im Winter dieselben wie im Sommer (vgl. Kap. 4.1).

Frostschädigung

Frostschädigungen der frischen oder jungen Betonoberfläche müssen vermieden werden. Der Beton in der oberen gefrorenen Schicht ist unbrauchbar und sandet komplett ab oder muss entfernt werden. Dies kann durch Abdecken mit Thermomatten verhindert werden. Allerdings ist für eine ausreichende Betontemperatur während der Frosttage zu sorgen.

Auf gefrorene Untergründe oder gegen gefrorene Bauteile darf nicht betoniert werden.



Abb. 4.2.1
Gefrorene Betonoberfläche

5. Zusammenfassung

Der vorliegende Leitfaden für Glättbetone der Holcim (Süddeutschland) GmbH berücksichtigt sowohl die Forderungen der zurzeit gültigen Normen als auch die Praxiserfahrungen. Er enthält nach bestem Wissen und Gewissen zusammengetragene Empfehlungen und Ratschläge zur Herstellung eines Glättbetons. Die Informationen sind jedoch unverbindlich und werden unter Ausschluss jeglicher Haftung abgegeben. Das Gelingen oder Nichtgelingen eines Glättbetons ist davon unabhängig, vielmehr sind immer die konkreten Umstände des Einzelfalles zu berücksichtigen.

Bei richtiger Planung und Einhaltung der Bautechnik und Betontechnologie lassen sich die derzeit bekannten Probleme bei der Ausführung vermindern. Vorbedingung ist allerdings, dass die wesentlichen Einflussfaktoren beachtet und berücksichtigt werden.

Der Planer sollte folgende Punkte vorgeben:

- Expositionsklasse
- Betonfestigkeitsklasse
- Nutzungsklasse
- Oberflächenbeschaffenheit
- Zwischen-Nachbehandlungsmaßnahme
- Nachbehandlungsmaßnahme

Die Maßnahmen der Zwischen-Nachbehandlung und der abschließenden Nachbehandlung sollten im Leistungsverzeichnis als Position ausgeschrieben werden. Die Nachbehandlungsmaßnahmen müssen auf die zu erwartenden Witterungsverhältnisse abgestimmt sein und entsprechend angepasst werden.

Bei der Ausführung sollten diese wichtigen Einflussfaktoren beachtet und berücksichtigt werden:

Verantwortlichkeiten

- Zwischen-Nachbehandlung
- Nachbehandlung.

Einbauleistung

- Bauteilabmessung (Dicke) und Geometrie berücksichtigen.

Betonkonsistenz

- Bauteilabmessungen und die Witterungsverhältnisse berücksichtigen.

Temperaturen

- Bei Temperaturen unter +5°C und über +30°C nach Möglichkeit die Betonage verschieben. In geschlossenen Hallen/Gebäuden treten in der Regel keine Probleme auf.

Luftporen

- Maschinelles Glätten kann zu Veränderungen im Porensystem führen. Die geforderten Luftporengehalte sind dadurch nicht im gesamten oberflächennahen Bereich sicher realisierbar.
- Gefahr von Oberflächenschäden.

Hartstoff

- Die Verwendung von Hartstoffen ist bei niedrigen Wasserzementwerten und/oder bei warmen Temperaturen problematisch. Die Betonoberfläche ist zum Zeitpunkt der Hartstoffverwendung bzw. -einarbeitung ohne Zwischen-Nachbehandlung in der Regel zu trocken.
- Hartstoff darf nur in zugluftfreier Umgebung eingesetzt werden.
- Die gleichzeitige Verwendung von Luftporen-Betonen und Hartstoffen ist zu vermeiden.

Zwischen-Nachbehandlung

- Die Zwischen-Nachbehandlung muss – den Witterungsverhältnissen angepasst – unbedingt durchgeführt werden.
- Bei Luftfeuchten $\geq 85\%$ kann auf eine Zwischen-Nachbehandlung verzichtet werden.

Nachbehandlung

- Die Nachbehandlung hat unmittelbar nach Ende des Betoneinbaus oder der Oberflächengestaltung zu erfolgen. Ihre Mindestdauer ist in den Normen geregelt.

5. Literaturhinweise

Normen

DIN EN 197-1:2004-08 + Berichtigungen: Zement – Teil 1: Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Normalzement

DIN EN 206-1:2001-07 + Änderungen: Beton – Teil 1: Festlegungen, Eigenschaften, Herstellung und Konformität

DIN EN 450:2008-05: Flugasche für Beton – Definitionen, Anforderungen und Güteüberwachung

DIN EN 934-2:2002: Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel – Teil 2: Betonzusatzmittel – Definition, Anforderungen, Konformität, Kennzeichnung und Beschriftung

DIN EN 1008:2002: Zugabewasser für Beton – Festlegung für die Probenahme, Prüfung und Beurteilung der Eignung von Wasser, einschließlich bei der Betonherstellung anfallendem Wasser, als Zugabewasser für Beton

DIN 1045-1:2008-08: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 1: Bemessung und Konstruktion

DIN 1045-2:2008-08: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 2: Festlegungen, Eigenschaften, Herstellung und Konformität – Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1

DIN 1045-3:2008-08: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 3: Bauausführung

DIN 1045-4:2001-07: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 4: Ergänzende Regeln für Herstellung und Überwachung von Fertigteilen

DIN 1100:2004-05: Hartstoffe für zementgebundene Hartstoffestriche – Anforderungen und Prüfverfahren

DIN EN 12620:2008-07: Gesteinskörnungen für Beton

DIN 18202:2005-10: Toleranzen im Hochbau

DIN 51130:2004-06: Prüfung von Bodenbelägen – Bestimmung der rutschhemmenden Eigenschaft

DIN 51131:2008-08: Prüfung von Bodenbelägen – Bestimmung der rutschhemmenden Eigenschaft – Messung des Gleitreibungskoeffizienten

Weitere Literatur

Zementmerkblatt B1: Zemente und ihre Herstellung*

Zementmerkblatt T1: Industrieböden aus Beton*

Zementmerkblatt LB1: Fußböden für Lagerhallen*

Lohmeyer, Ebeling: «Betonböden für Produktions- und Lagerhallen», VBT Verlag Düsseldorf, 2. Auflage 2008

TBG-Merkblatt für Fußböden in Arbeitsräumen und Arbeitsbereichen mit Rutschgefahr, ZH 1/571, BGR 181

* zu beziehen unter www.beton.org



Holcim (Deutschland) GmbH
Technisches Marketing
Hannoversche Straße 28
31319 Sehnde-Höver
Telefon +49 (0) 5132 927-432
Telefax +49 (0) 5132 927-430
technisches-marketing@lafargeholcim.com
www.holcim.de