

## Betonieren bei kühler Witterung und bei Frost



Dipl.- Ing.  
**Birgit Westermann,**  
Bauberaterin  
VKR Südwest,  
Leimen

Für das Betonieren im Winter müssen besondere Maßnahmen sowohl bei der Herstellung im Transportbetonwerk als auch bei der Verarbeitung und Nachbehandlung auf der Baustelle getroffen werden, damit Frost, Schnee, Regen und Wind den Beton bzw. die Bauteilqualität nicht negativ beeinflussen.

Unter winterlichen Wetterbedingungen sind Umgebungstemperaturen unter +5 °C zu verstehen, wobei auch Schnee, Eis und starker Wind auftreten können.

Bei Betonierarbeiten im Winter ist sicherzustellen, dass der Beton die Gefrierbeständigkeit erreicht hat, bevor die Betontemperatur das erste Mal auf unter Null Grad absinkt. Gefrierbeständig ist junger Beton, wenn er durch wenige Frost-Tau-Wechsel nicht geschädigt werden kann.

Wertvolle Hinweise für das Betonieren in der kalten Jahreszeit gibt das DBV-Merkblatt „Betonieren im Winter“ aus dem Jahr 2004 [2]. Einige der in diesem Artikel genannten Punkte wurden diesem entnommen.

### Auswirkungen tiefer Temperaturen

Das Betonieren in der kalten Jahreszeit ist mit folgenden Risiken verbunden:

- Verzögerung des Erstarrens und der Festigkeitsentwicklung des Betons durch niedrige Betontemperaturen. Daraus resultieren längere Ausschallfristen und eine längere Nachbehandlungsdauer, d. h. der junge Beton muss länger geschützt werden.

- Wirkung von Betonzusatzmitteln: bei tiefen Temperaturen kann sich die Wirkung von z. B. Fließmitteln oder LP-Bildnern verändern.
- Gefügeschäden durch zu frühes Durchfrieren: gefriert junger Beton bevor die Gefrierbeständigkeit erreicht ist, kann das Betongefüge aufgrund der Volumenvergrößerung des im Beton enthaltenen gefrierenden Wassers gestört und dauerhaft geschädigt werden.
- Verringerung des Haftverbunds zwischen Beton und Bewehrung bzw. Ober- und Unterbeton durch Eis- und Schneeablagerungen an Schalung oder Bewehrung. Auch können lokal erhöhte w/z-Werte in den betroffenen Bereichen die Festigkeit, Dichtigkeit, Gefrierbeständigkeit und Dauerhaftigkeit des Betons beeinträchtigen.
- Gefahr von Frostschäden beim Betonieren gegen gefrorenen Boden, Schalung oder Bauteile, wenn deren Temperatur so niedrig ist, dass der Beton vor Erreichen seiner Gefrierbeständigkeit durchfriert.
- Gefahr der Rissbildung wenn aufgrund von höheren Temperaturdifferenzen im Bauteil zwischen Rand- und Kernzone, insbesondere nach dem Ausschalen bzw. Entfernen wärmedämmender Abdeckungen hohe Eigenspannungen entstehen. Dies gilt besonders für massive Bauteile. Ebenso kann kalte trockene Luft – auch in Verbindung mit Wind – im Winter zu verstärktem Austrocknen des Betons und damit zu verstärkter Rissbildung führen. Deshalb ist eine ausreichende Nachbehandlung auch im Winter sicherzustellen.



► BETONIEREN BEI KÜHLER WITTERUNG UND BEI FROST

## Wann darf junger Beton gefrieren?

Junger Beton übersteht ein einmaliges Durchfrieren ohne dauerhafte Gefügeschäden, wenn er eine bestimmte Reife erreicht hat (Gefrierbeständigkeit). Diese ist nach DIN 1045-3 erreicht, wenn der Beton eine Druckfestigkeit von mindestens 5 N/mm<sup>2</sup> aufweist oder seine Temperatur wenigstens 3 Tage +10 °C nicht unterschritten hat.

So erhärteter Beton entwickelt seine Festigkeit nach Durchfrieren und Auftauen normal weiter, wenn die erforderliche Nachbehandlung sachgerecht durchgeführt wird.

## Maßnahmen für das Betonieren im Winter im Transportbetonwerk

Damit auch bei niedrigen Umgebungstemperaturen die in Tabelle 1 genannten Mindesttemperaturen des Frischbetons eingehalten werden, muss das Transportbetonwerk über entsprechende Einrichtungen zur Herstellung des Betons verfügen sowie bei der Herstellung weitere Maßnahmen ergreifen.

### Erforderliche Einrichtungen im TBW

Zur Sicherstellung der Mindestbetontemperaturen sind im Lieferwerk folgende Einrichtungen vorzuhalten:

- geeignete Lagerungs- und Beheizmöglichkeiten (z. B. Dampf-



düsung, Warmluft, Heizschlangen) insbesondere für die Gesteinskörnungen und Zusatzmittel

- ausreichend dimensionierte Warmwassererzeuger
- Ggf. Möglichkeit der Dampfzufuhr sowie Berücksichtigung des mit dem Dampf eingebrachten Wassers
- Messeinrichtung zur Bestimmung der Feuchte der Gesteinskörnung
- Messeinrichtung zur Bestimmung der Temperaturen der Ausgangsstoffe und der Frischbetontemperatur

### Winterrezepturen

Unter „Winterrezepturen“ werden Betonzusammensetzungen mit höherer Hydratationswärmeentwicklung und schneller Festigkeitsentwicklung verstanden. Diese werden erreicht über:

- Verwendung von Zementen mit höherer Hydratationswärmeentwicklung und schnellerer Festigkeitsentwicklung
- Erhöhung der Zementgehalte auf mindestens 300 kg/m<sup>3</sup> bzw. kein Ersatz von Zement durch Flugasche
- Verringerung des w/z-Wertes (z. B. durch Einsatz von Betonverflüssigern oder Fließmitteln)

### Beheizen der Ausgangsstoffe

Im Freien gelagerte Gesteinskörnungen nehmen i. d. R. die Außentemperaturen an, Leitungswasser hat ca. +6 bis +8 °C.

In Abhängigkeit der Außentemperaturen kann die Frischbetontemperatur über die in Tabelle 2 empfohlene Erwärmung der Ausgangsstoffe eingestellt werden [1].

Lufttemperatur [°C]	Mindesttemperatur des Frischbetons beim Einbau [°C]
+5 bis -3	+5 allgemein +10 bei Zement < 240 kg/m <sup>3</sup> oder bei LH-Zementen
< -3	+10 sollte mindestens 3 Tage gehalten werden <sup>1)</sup>

1) Wird diese Anforderung nicht erfüllt, ist der Beton solange zu schützen, bis eine ausreichende Festigkeit erreicht ist.

Tab. 1: erforderliche Frischbetontemperaturen bei niedrigen Außentemperaturen

► **BETONIEREN BEI KÜHLER WITTERUNG UND BEI FROST**

Bei der Einstellung der Frischbetontemperatur ist auf ein ausreichend großes Vorhaltemaß zu achten, in dem Temperaturabsenkungen während des Transportes, der Wartezeiten, der Förderung und des Einbaus berücksichtigt werden.

**Weitere Maßnahmen bei der Betonherstellung:**

- Sorgfältiges Mischen, um trotz unterschiedlich temperierter Ausgangsstoffe eine gleichmäßige Temperaturverteilung im Frischbeton zu erhalten
- Kontinuierliche Überwachung des Feuchtegehaltes der Gesteinskörnungen und Temperaturen der Ausgangsstoffe
- Keine Zugabe von gefrorenen Ausgangsstoffen
- Zugabe von Betonzusatzmitteln möglichst spät und ausreichend lange und intensiv einmischen

**Transport**

Für den Transport zur Baustelle sollten möglichst kurze Transportzeiten angestrebt werden, da der Beton während des Transportes vom Herstellwerk zur Baustelle je nach Frischbeton- und Außentemperatur, Transportart, Füllmenge und Fahrgeschwindigkeit pro 15 min um ca. 0,5 K bis 3 K abkühlt.

**Maßnahmen für das Betonieren im Winter auf der Baustelle**

**Betonannahme**

Bei Anlieferung des Betons ist zu Beginn des Entladens zusätzlich zu den Prüfungen nach DIN 1045-3 die Frischbetontemperatur zu messen und zu protokollieren. Für die Erfüllung des Liefervertrages zwischen der Baustelle und dem Betonhersteller ist die vereinbarte Entladetemperatur unter Berücksichtigung der vereinbarten Lieferzeit und eventueller Wartezeiten maßgebend.

**Einbau des Betons**

Für einen reibungslosen Betonierablauf sollten folgende Hinweise beachtet werden:

- Transportwege, Arbeitsflächen und -gerüste etc. schnee- und eisfrei halten
- Wartezeiten auf der Baustelle möglichst auf maximal 15 Minuten begrenzen, nur bei schwierig einzuschätzenden Betonierbedingungen auch länger
- Förder- und Einbauzeit: Vorgewärmten Beton zügig einbringen und verdichten, bei Kübelförderung i. d. R. mind. 6 min/m<sup>3</sup> erforderlich

- Schalung und Bewehrung sowie Beton- und Bodenflächen, an die betoniert wird, müssen bei Betonieren schnee- und eisfrei sein
- Nicht gegen gefrorenen Baugrund, gefrorene Bauteile oder Bodenbereiche betonieren
- Temperaturverluste bei längeren Pumpleitungen berücksichtigen, ggf. durch Wärmedämmung, da die Betontemperatur um bis zu 3 K pro 100 Meter Förderweg sinken kann
- Von DIN 1045-3 abweichende Mindesteinbautemperaturen (Gleitschalung, Einhausung) sind zu vereinbaren
- Die vereinbarten Anforderungen an die Liefertemperatur sind zu Beginn der vereinbarten Entladezeit einzuhalten
- Besondere Bedingungen (z. B. für massige Bauteile) sind zu vereinbaren

**Schutz, Nachbehandlung und Ausschalen**

Maßnahmen zum Schutz des Betons sind bis zum Erreichen der Gefrierbeständigkeit durchzuführen. Eine Temperatur von +5 °C sollte i. d. R. dabei nicht unterschritten werden.

Nach dem Einbau ist ein entsprechender Wärmeschutz des jungen Betons notwendig, um den Wärmeabfluß möglichst

Außentemperatur	Maßnahme
bis -5 °C	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Erwärmung des Zugabewassers für die Temperaturerhöhung des Frischbetons normalerweise ausreichend</li> <li>■ Wassertemperatur bis 60 °C: i. d. R. direkte Zugabe in den Zwangsmischer möglich</li> <li>■ Wassertemperaturen &gt; 60 °C: Zugabewasser vor der Zementzugabe mit der Gesteinskörnung vermischen</li> </ul>
< -5 °C	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ggf. zusätzlich zum Anmachwasser Erwärmung der Gesteinskörnungen: zunächst nur des Sandes (bis ca. +40 °C); reicht dies nicht aus, Erwärmen der groben Gesteinskörnung</li> <li>■ Keine Korngruppe der Gesteinskörnung sollte auf Temperaturen über 100 °C erwärmt werden</li> </ul>

Tab. 2: Maßnahmen im Betonwerk zur Erhöhung der Frischbetontemperatur [1]

► BETONIEREN BEI KÜHLER WITTERUNG UND BEI FROST

gering und die Erhärtungstemperaturen auf dem normgerechten Niveau zu halten.

Erforderliche Schutzmaßnahmen sind rechtzeitig vorzubereiten und bleiben für den notwendigen Zeitraum in vollem Umfang erhalten. Diese richten sich insbesondere nach den Witterungsbedingungen, Art und Abmessungen der Bauteile und der Schalung.

In kurzen Frostperioden können wärmedämmende Abdeckungen (Thermofolien, Brettschalung, trockene Stroh- und

Schilfmatten, Leichtbauplatten oder Kunststoffmatten) ausreichend sein. Die Abdeckung wird zweckmäßig beidseitig mit Folie vor Durchfeuchtung geschützt.

Bei strengem Frost oder bei längeren Frostperioden muss die den Frischbeton umgebende Luftschicht erwärmt werden (Heizen mit Infrarotlampen oder mit trockener Luft). Hierbei ist darauf zu achten, dass die Betonoberfläche nicht austrocknet.

Im Winter muss der junge Beton jedoch nicht nur vor Wärmeverlust, sondern

auch vor Feuchtigkeitsverlust geschützt werden, weil bei kaltem und/oder trockenem Wetter der Feuchtigkeitsgehalt der Luft sehr gering ist.

Über die Nachbehandlung wird ein übermäßiges Verdunsten von Wasser über die Betonoberfläche verhindert.

Die in Tabelle 3 genannte Mindestnachbehandlungsdauer ist um die Zeit zu verlängern, während der die Oberflächentemperatur unter +5 °C lag. Die Nachbehandlung mit Wasser ist bei Frost nicht erlaubt.

➔ Beim Betonieren im Winter sind wie beschrieben zusätzliche Maßnahmen erforderlich, die mit entsprechenden Mehrkosten verbunden sind. Diese zusätzlichen Kosten sind bereits in Ausschreibung zu berücksichtigen. Für das Betonieren im Winter gibt das DBV-Merkblatt „Betonieren im Winter“ aus dem Jahr 2004 wertvolle Hinweise [2].

Nr.	1	2	3	4	5
Oberflächentemperatur $\theta$ °C <sup>e</sup>	Mindestdauer der Nachbehandlung in Tagen <sup>a</sup>				
	Festigkeitsentwicklung des Betons <sup>c</sup> $r = f_{cm2} / f_{cm28}^d$				
	Schnell	mittel	langsam	sehr langsam	
	$r \geq 0,50$	$r \geq 0,30$	$r \geq 0,15$	$r < 0,15$	
1	$\theta \geq 25$	1	2	2	3
2	$25 > \theta \geq 15$	1	2	4	5
3	$15 > \theta \geq 10$	2	4	7	10
4	$10 > \theta \geq 5^b$	3	6	10	15

<sup>a</sup> Bei mehr als 5 h Verarbeitbarkeitszeit ist die Nachbehandlungsdauer angemessen zu verlängern.

<sup>b</sup> Bei Temperaturen unter 5 °C ist die Nachbehandlungsdauer um die Zeit zu verlängern, während der die Temperatur unter 5 °C lag.

<sup>c</sup> Die Festigkeitsentwicklung des Betons wird durch das Verhältnis der Mittelwerte der Druckfestigkeiten nach 2 Tagen und nach 28 Tagen (ermittelt nach DIN EN 12390-3) beschrieben, das bei der Eignungsprüfung oder auf der Grundlage eines bekannten Verhältnisses von Beton vergleichbarer Zusammensetzung (d. h. gleicher Zement, gleicher w/z-Wert) ermittelt wurde.

Wird bei besonderen Anwendungen die Druckfestigkeit zu einem späteren Zeitpunkt als 28 Tage bestimmt, ist für die Ermittlung der Nachbehandlungsdauer

- der Schätzwert des Festigkeitsverhältnisses aus dem Verhältnis der mittleren Druckfestigkeit nach 2 Tagen ( $f_{cm2}$ ) zur mittleren Druckfestigkeit zum Zeitpunkt der Bestimmung der Druckfestigkeit zu ermitteln oder

- eine Festigkeitsentwicklungskurve bei 20 °C zwischen 2 Tagen und dem Zeitpunkt der Bestimmung der Druckfestigkeit anzugeben.

<sup>d</sup> Zwischenwerte dürfen eingeschaltet werden.

<sup>e</sup> Anstelle der Oberflächentemperatur des Betons darf die Lufttemperatur angesetzt werden.

Tab. 3: Mindestnachbehandlungsdauer nach DIN 1045-3 für die Expositionsklassen nach DIN 1045-2 außer X0, XC1 und XM

Quellenangaben:

[1] DBV-Rundschreiben Nr. 211: Betonieren im Winter, Dezember 2006

[2] DBV-Merkblatt Betonieren im Winter, Fassung 1999, redaktionell überarbeitet 2004, Deutscher Beton- und Bautechnikverein e.V.