

**Zeitschrift:** Cementbulletin  
**Herausgeber:** Technische Forschung und Beratung für Zement und Beton (TFB AG)  
**Band:** 42-43 (1974-1975)  
**Heft:** 22

**Artikel:** Betonieren bei Frostgefahr  
**Autor:** [s.n.]  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-153569>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

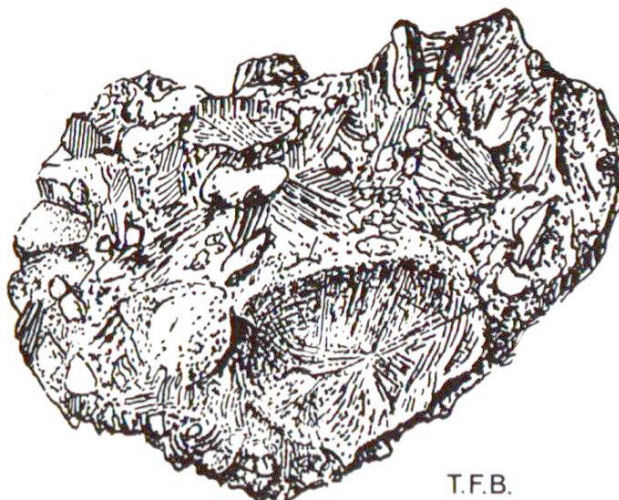
**Download PDF:** 05.02.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## Betonieren bei Frostgefahr

**Frosteinwirkungen, Gefrierfestigkeit und entsprechende Reifezahlen, Ermittlung des Eintrittes der Gefrierfestigkeit. Praktische Massnahmen.**

Es ist bekannt, dass Wasser, wenn es gefriert, eine Volumenvergrösserung erfährt, die grosse Kräfte erzeugen und sprengende Wirkung haben kann. Da frischer Beton gefrierbares Wasser enthält, erhebt sich die Frage, ob dadurch Schäden entstehen. Beobachtungen zeigen, dass dies der Fall ist, indem Frischbeton beim Gefrieren entsprechend aufgetrieben wird und bei der Bildung von Eiskristallen eine gewisse Entmischung zwischen Wasser und Zementteilchen eintritt (Abb. 1). Verbleibt die Masse in diesem Zustand, so wird sie auch nach einer später eintretenden Erhärtung des Zementes keine gute Festigkeit erhalten.



T.F.B.

2 Die chemische Funktion des Zementes wird durch den Frost nicht beeinträchtigt, sondern für diese Dauer nur stark eingeschränkt. Der Festigkeitsverlust beruht deshalb lediglich auf der räumlichen Störung und könnte vermieden werden, wenn man die Betonmasse unmittelbar nach ihrem Auftauen ordentlich verdichten (vibrieren) würde. Über die Temperaturabhängigkeit der Festigkeitsentwicklung haben wir im «CB» Nr. 20/1973 berichtet.

Tritt die Gefriertemperatur erst ein, wenn der Beton schon eine gewisse Festigkeit erreicht hat, so entsteht dadurch kein Schaden mehr. Diese kritische Festigkeitsschwelle nennt man «Gefrierfestigkeit». Sie liegt bei PZ-Beton bei ungefähr 100 kg/cm<sup>2</sup>. In diesem Stadium der Erhärtung ist das Betonwasser bereits so fein verteilt und zum grössten Teil chemisch oder oberflächenaktiv gebunden, dass es nicht mehr zur Bildung von treibenden Eiskristallen kommen kann.

Damit ist praktisch noch nichts anzufangen, denn die Frage, wann jeweils die Gefrierfestigkeit erreicht ist, bleibt offen. Tatsächlich liegt hier das grundlegende Problem. Dieser Zeitpunkt lässt sich ohne grossen Aufwand nicht bestimmen, und man ist auf Schätzungen angewiesen.

Die Schwierigkeit entsteht, weil zwei wenig genau definierbare Vorgänge einander die Waage halten. Es handelt sich um die vorausgesetzte **Abkühlung** einerseits und die **Erwärmung** infolge der Erhärtungsreaktion andererseits. Neigt die Waage zugunsten der Abkühlung, so verstärkt sich der Ausschlag sofort, weil dadurch die chemische Umsetzung und die Wärmeproduktion vermindert wird\*. Neigt die Waage zugunsten der Erwärmung, so wird diese sich beschleunigen. Das System hat die Tendenz, in seine Extreme auszuschielen und ist das Gegenteil eines sich selbst ins Gleichgewicht bringenden komplexen Vorganges.

Die Gefrierfestigkeit verschiedener Betonmischungen kann in **Reifezahlen** (s. «CB» Nr. 20/1973) ausgedrückt werden:

**Tabelle 1 : Reifezahlen entsprechend der Gefrierfestigkeit**

		Wasserzementwert:			°C · Std.
		0.4	0.5	0.6	
Zementsorte:	<b>PC</b>	450	700	1000	
	<b>HPC</b>	350	450	600	

\* Beim Abbinden und Erhärten des Portlandzementes entsteht Reaktionswärme

Reifezahl  $R = (t + 10) \cdot h$

$t$  = Erhartungstemperatur

$h$  = Erhartungszeit in Std.

Mit der Reifezahl lässt sich die zur Erreichung der Gefrierfestigkeit notwendige Erhartungszeit berechnen:

$$\text{Erhartungszeit } h \text{ (Std.)} = \frac{R}{t + 10}$$

Wenn für  $t$  die niedrigste beobachtete Betontemperatur eingesetzt ist, so liegt man mit dieser Rechnung in jedem Falle auf der sicheren Seite. Bei stärker bewegten Temperaturen während der ersten Erhartungszeit kann der kritische Zeitpunkt mit Hilfe des graphisch dargestellten Temperaturverlaufes ermittelt werden (Abb. 2).

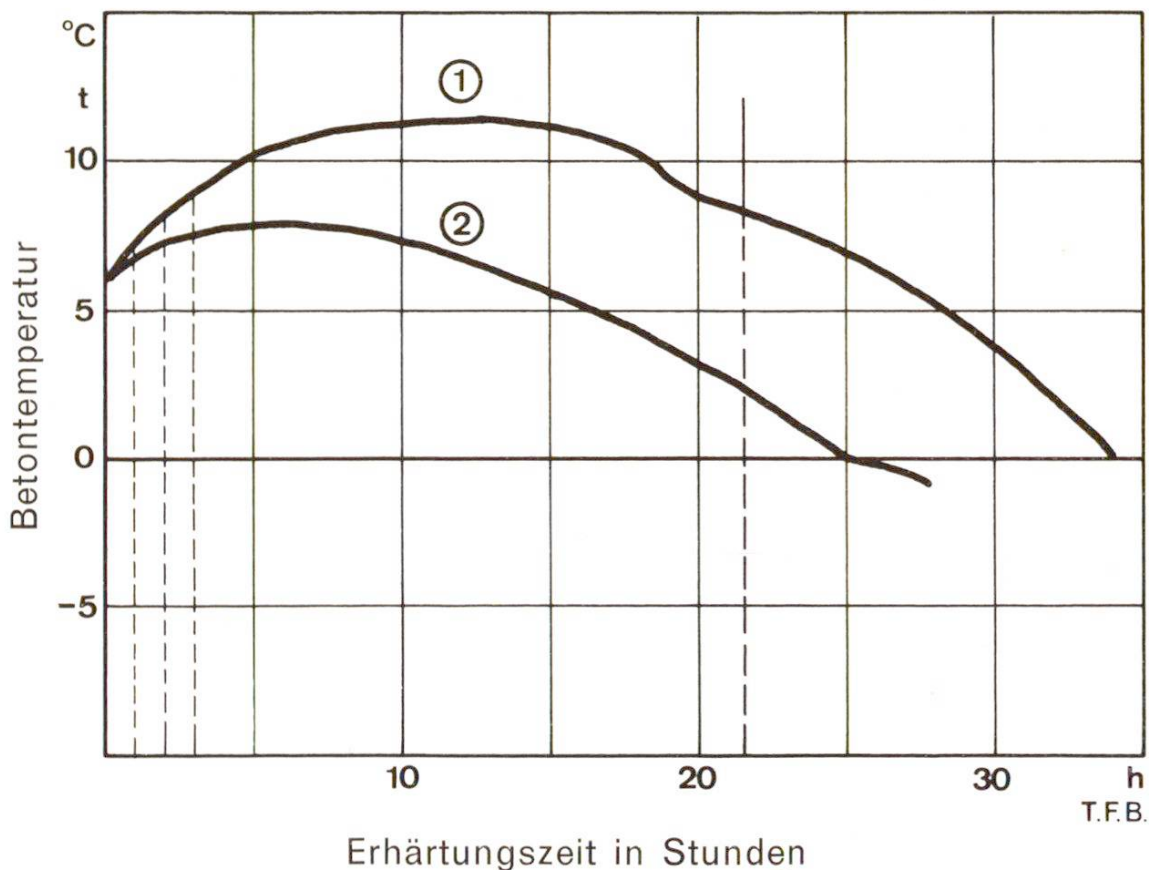


Abb. 2 Aus dem Temperaturverlauf des eingebrachten Betons lässt sich der Zeitpunkt der Erlangung der Gefrierfestigkeit ermitteln. Man berechnet die Fläche unter der Kurve bis hinab auf  $-10^\circ\text{C}$  von Stunde zu Stunde. Die Summe dieser senkrechten Streifen ergibt die Reifezahl.

Beispiel: Beton HPC-300, Wasserzementwert = 0.48

Anfangstemperatur =  $6^\circ\text{C}$

Reifezahl für Gefrierfestigkeit =  $430^\circ\text{C} \cdot \text{h}$  (Tabelle 1)

Umgebungstemperatur:  $-8$  bis  $-12^\circ\text{C}$

Der Beton mit der Temperaturkurve (1) (isoliert) erreicht die Gefrierfestigkeit nach 21,5 Std. ( $R = 430$ ) einige Zeit bevor er sich auf  $0^\circ\text{C}$  abgekühlt hat.

Der Beton mit der Temperaturkurve (2) (nicht isoliert) erreicht den Gefrierpunkt nach 25 Std. bei einer Reifezahl von 390. Er hat zu diesem Zeitpunkt die Gefrierfestigkeit noch nicht erreicht.

4 In der Praxis zeigen sich vier Möglichkeiten, einer Frostschädigung entgegenzuwirken:

1. Wahl einer geeigneten Betonmischung;
2. Anregung des Abbindevorganges und der Produktion von Eigenwärme;
3. Verminderung des Wärmeverlustes;
4. Herabsetzung des Gefrierpunktes des Betonwassers durch Frostschutzmittel.

Für die **Betonmischung** empfiehlt sich folgendes:

- Anwendung von hochwertigem Portlandzement (HPC);
- möglichst hohe Zementdosierung;
- möglichst niedriger Wasserzementwert;
- möglichst kleines Grösstkorn.

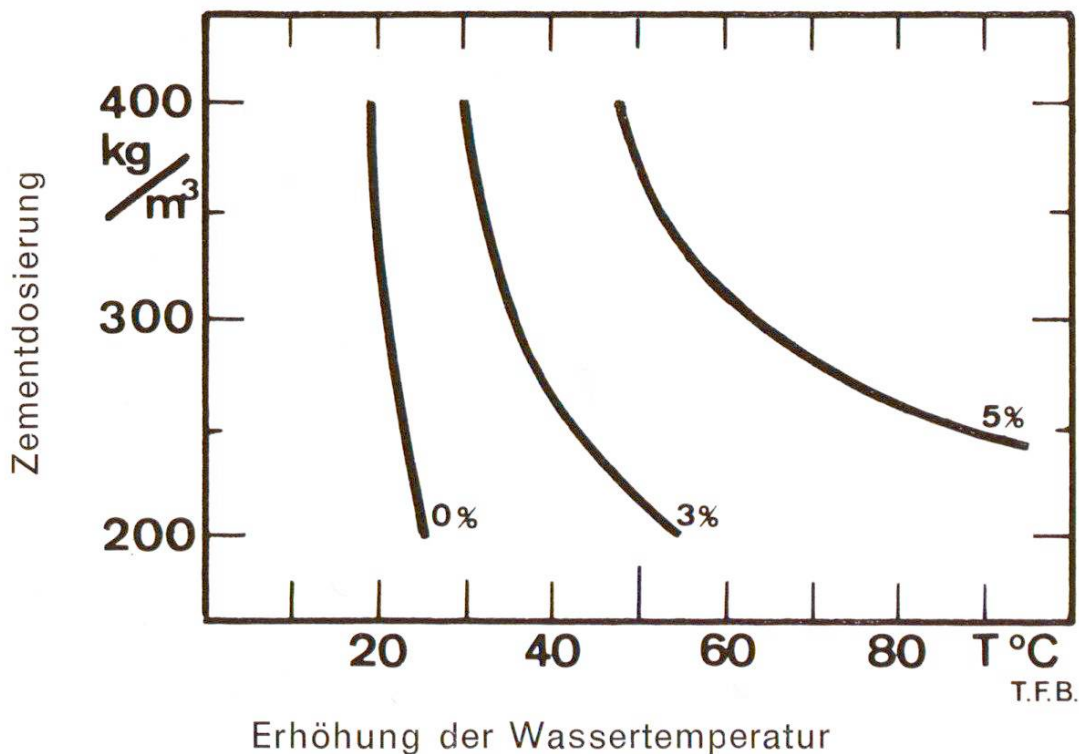


Abb. 3 Hebung der Frischbetontemperatur mit erwärmtem Anmachwasser. Aus dem Diagramm kann die Temperaturerhöhung T für das Anmachwasser entnommen werden, die notwendig ist, um die Frischbetontemperatur um 5 °C anzuheben.

Bedingungen:

- $T_0$  = Temperatur Zuschlag/Zement
- $T_0 + 5$  = angestrebte Frischbetontemperatur
- $T_0 + T$  = erforderliche Wassertemperatur
- $T_0 > 0^\circ$  (gilt nur für nichtgefrorenen Zuschlag)
- steifplastischer Beton

Bei gleichbleibender Betonkonsistenz ist die Wassertemperatur abhängig von der Zementdosierung (Ordinate) und vom Feuchtigkeitsgehalt des Zuschlages (Bezugskurven 0%, 3% und 5%).

5 Die **Anregung** geschieht am besten durch eine angemessen erhöhte Frischbetontemperatur. Diese sollte beim fertig eingebrachten Beton mindestens  $+5^{\circ}\text{C}$  und damit in der Mischmaschine mindestens  $+10^{\circ}\text{C}$  betragen. Die Frischbetontemperatur kann mit erwärmtem Anmachwasser, das zuerst nur mit dem Zuschlag vermischt wird, angehoben werden (Abb. 3). Enthält der Zuschlag jedoch gefrorenes Wasser, so reicht dies in der Regel nicht aus, und er muss z.B. mit Dampf vorerst aufgetaut werden. Bei starkem Dauerfrost wird auch elektrische Energie für die Aufwärmung in der Schalung eingesetzt (Elektrobeton).

Der **Wärmeverlust** wird durch Isolation des Betonkörpers mit Holz, Strohmatte, Schaumstoffplatten u.ä. eingedämmt. Bei bewegter Luft sollte noch eine abschliessende dünne Folie hinzukommen. Die Massnahmen gegen Wärmeverlust sind bei feingliedrigen Bauteilen (Säulen und dünne Wände) eher angezeigt als bei massigen Baukörpern (Decken, Beläge, Fundamente). Das Verhältnis Oberfläche zum Betonvolumen ist massgebend. Deshalb sind auch Kanten und andere vorspringende Teile stärker gefährdet.

Der Einsatz von **Frostschutzmitteln** bedingt die genaue Kenntnis der Dosierung und der möglichen Auswirkungen auf die Betonfestigkeit und Stahlarmierung. Man verwende nur Produkte, welchen eine ausführliche Gebrauchsanweisung beigegeben wird und deren Hersteller für auftauchende, besondere Fragen auch einen Beratungsdienst unterhalten. Die Frostschutzmittel wirken in der Regel auch im Sinne der «Anregung».

#### Literatur:

Cementbulletin Nr. 23/1959 und Nr. 11/1964  
RILEM, Richtlinien für das Betonieren im Winter, TFB Wildegg, 1972

---

**TFB**

Zu jeder weiteren Auskunft steht zur Verfügung die  
TECHNISCHE FORSCHUNGS- UND BERATUNGSSTELLE  
DER SCHWEIZERISCHEN ZEMENTINDUSTRIE  
5103 Wildegg                      Postfach                      Telephon (064) 53 17 71