

Zeitschrift: Cementbulletin
Herausgeber: Technische Forschung und Beratung für Zement und Beton (TFB AG)
Band: 26-27 (1958-1959)
Heft: 23

Artikel: Witterungseinfluss auf frischen Beton : der Frost
Autor: [s.n.]
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-153377>

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: 15.05.2025

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

CEMENTBULLETIN

NOVEMBER 1959

JAHRGANG 27

NUMMER 23

Witterungseinfluss auf frischen Beton: der Frost

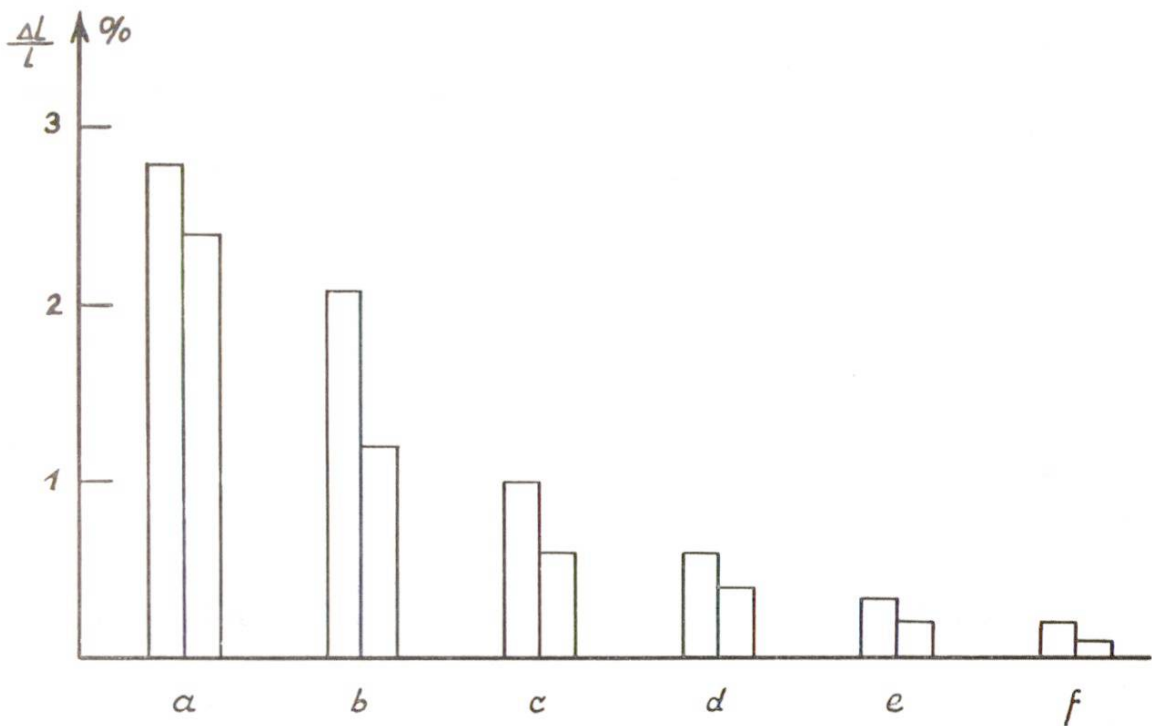
Einfluss tieferer Temperaturen auf den Abbinde- und Erhärtungsprozess.
Schädigung von eingefrorenem Frischbeton. Grenzen der Frostgefährdung.
Praktische Massnahmen.

Tiefere Temperaturen wirken auf zwei Arten auf den frischen Beton ein:

1. Durch das Gefrieren des Anmachwassers im Beton erfährt die Masse eine **Volumenvergrößerung** (Abb. 1).
2. Die chemischen Reaktionen, welche zum Abbinden und Erhärten des Cementes führen, erfahren durch tiefere Temperaturen eine **Verlangsamung** (Abb. 2).

Welches sind die Konsequenzen dieser Vorgänge?

Die Volumenvergrößerung durch das Gefrieren zeitigt die bekannte sprengende Wirkung. Sie zerstört den inneren Zusammenhalt des Betons. Mit der Menge des vorhandenen, zum Gefrieren fähigen Wassers, steigert sich die Volumenvergrößerung.



T.F.B.

Abb. 1 Volumenvergrößerung von frischen Betonkörpern durch Einfrieren bei verschiedenen Erhärtungsstadien (lineare Ausdehnung in %).

Linke Säule: Wasser-Cementverhältnis = 0.8

Rechte Säule: Wasser-Cementverhältnis = 0.65

Vorangehende Lagerung bei 18 ° C. während: a) 0 Std., b) 2 1/2 Std., c) 5 Std., d) 7 1/2 Std., e) 10 Std., f) 12 1/2 Std. (N. Nykanen, Rilem-Bulletin Nr. 33).

Daraus ergibt sich:

- a) Gefriert ein frischer Beton kurze Zeit nach seinem Anmachen und Einbringen, bevor der Abbindeprozess richtig eingesetzt hat, so kann die eintretende Volumenvergrößerung keine sprengende Wirkung haben, weil sich eben noch kein innerer Zusammenhang gebildet hat. Durch das Gefrieren kommt der Abbindeprozess zum Stillstand. Taut ein solcher Beton nach einiger Zeit wieder auf, und wird nochmals vibriert, so erfährt er gegebenenfalls keine Festigkeitseinbussen.
- b) Gefriert ein frischer Beton, bei dem sich der Abbinde- und Erhärtungsprozess in einem gewissen Anfangsstadium befindet,

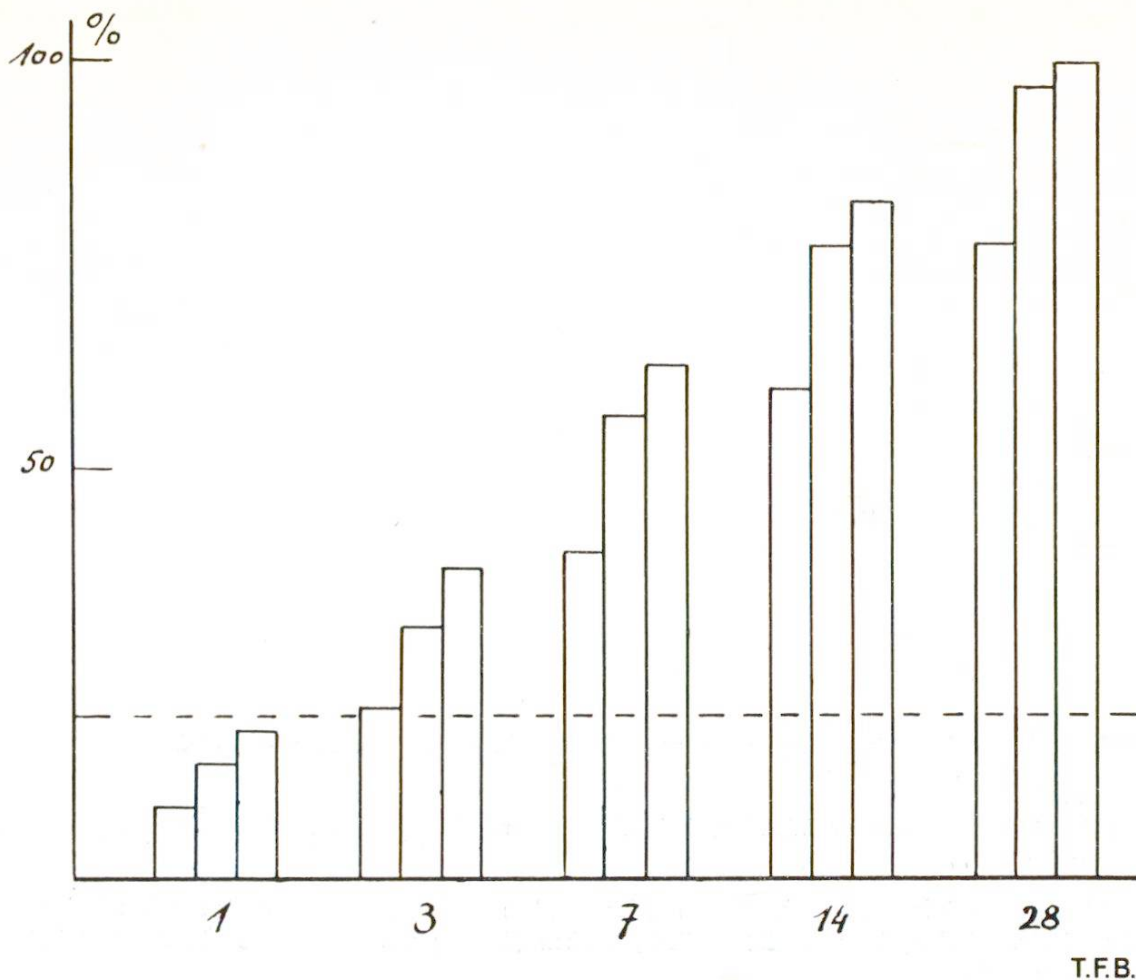


Abb. 2 Druckfestigkeiten nach 1, 3, 7, 14 und 28 Tagen bei Lagerungstemperaturen von 4,5 ° C (links), 13 ° C (Mitte) und 21 ° C (rechts). (M. Bernhardt, Rilem-Bulletin Nr. 33). Die kritische Festigkeitsgrenze ist bei 20 % der 28tägigen Druckfestigkeit eingezeichnet.

wird durch die Volumenvergrößerung das Gefüge dauernd zerstört. An einem solchen Beton sind später beträchtliche Festigkeitseinbussen festzustellen, die ihn zumeist unbrauchbar machen (Abb. 3).

- c) Gefriert ein frischer Beton, nachdem der Erhärtungsprozess bereits eine gewisse Stufe erreicht hat, so übersteht er die Frostperiode, ohne Schaden zu nehmen. Bei fortgeschrittener Erhärtung ist ein grosser Teil des Anmachwassers gebunden und kann nicht mehr gefrieren. Die Volumenvergrößerung ist entsprechend kleiner. Ferner hat sich die Festigkeit so weit entwickelt, dass das Gefüge der inneren Druckwirkung durch die kleinen Reste noch einfrierenden Wassers widerstehen kann.

- 4 Daraus ist ersichtlich, dass der junge Beton nur in einem gewissen frühen Abschnitt seiner Festigkeitsentwicklung durch das Einfrieren gefährdet ist. Wie stellen sich diese kritischen Grenzen?

Es wäre naheliegend und sehr einfach, wenn man eine diesbezügliche allgemeingültige Regel zeitlich festlegen könnte, in dem Sinne etwa, dass ein Beton während den ersten 20 Stunden nicht einfrieren darf. Dies ist aber nicht möglich, denn die Verhältnisse sind viel zu wenig übersichtlich. Insbesondere besteht, wie eingangs erwähnt, die Tatsache, dass durch die erniedrigten Temperaturen der Abbinde- und Erhärtungsprozess verlangsamt wird. Wenn bei 20°C das Abbinden z. B. nach 2 Stunden einsetzt, so beträgt diese Zeitspanne bei 10°C ungefähr 3—5 Stunden, bei 5°C 6—9 Stunden und bei 2°C 15—20 Stunden. Der Fortschritt der Erhärtung wird zeitlich stark in die Länge gezogen und zugleich sehr ungewiss (Abb. 4).

Aus diesem Grunde kann die Gefährlichkeitsgrenze beim Einfrieren von jungem Beton nur durch den bestehenden Erhärtungsgrad festgelegt werden: Ein junger Beton, der 20 % seiner, unter normalen Verhältnissen nach 28 Tagen erreichten Druckfestigkeit bereits aufweist, wird durch Frosttemperaturen in der Regel nicht mehr gefährdet.

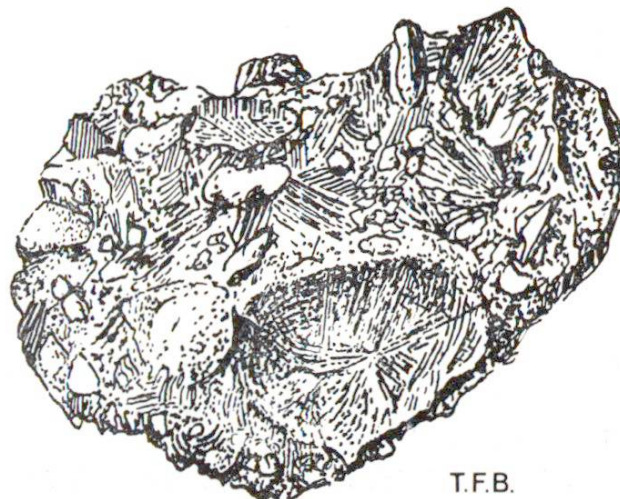


Abb. 3 Betonstück das eingefroren war und in welchem sich Eisnadeln abgezeichnet haben.

T.F.B.

5 In der Baupraxis ist es meistens sehr schwierig, festzustellen, wann ein Beton die Gefährlichkeitsgrenze überschreitet oder zu beurteilen, ob er sich so rasch abkühlt, dass er einfriert, bevor er die kritische Festigkeit erreicht hat. Es sind hierbei sehr viele Einflüsse wirksam, und es seien deshalb nachfolgend und in den Abbildungen nur einige wichtige Anhaltspunkte gegeben.

Es wird sich einmal darum handeln:

- a) die Temperatur des einzubringenden Frischbetons zu erhöhen,
- b) Massnahmen zu treffen, die das Abkühlen des eingebrachten Betons verzögern, und
- c) den Beton so zusammzusetzen, dass er gegen ein eintreten-
des Gefrieren möglichst rasch gefeit ist.

Eine Erhöhung der Frischbeton-Temperatur kann durch Vorwärmen des Anmachwassers und gegebenenfalls der Zuschlagsstoffe erreicht werden. Das Wasser soll bei der Zugabe nicht wärmer als 75°C , der Zuschlagsstoff nicht wärmer als 30°C sein. Die Temperatur der Betonmischung sollte 25°C nicht übersteigen, da ansonst mit allzu raschem Abbinden gerechnet werden müsste (siehe Abb. 5).

Beispiel: Ein Beton P 300 für eine 15 cm starke Decke kann bei einer Lufttemperatur von -5°C die kritische Festigkeitsgrenze überschreiten, bevor er sich auf 0°C abkühlt, **sofern** seine Temperatur beim Einbringen mindestens 15°C betrug und seine Oberseite ebenfalls mit trockenen Schalungsbrettern abgedeckt wurde. Die Dimensionen der Betonkörper spielen bei diesem Vorgang auch eine sehr grosse Rolle. Ist in dem genannten Beispiel die Betondecke nur wenige cm weniger stark, so kann sie unter denselben Bedingungen schon frostgefährdet sein (Abb. 6).

Durch Isolationsmassnahmen soll die Abkühlung des Frischbetons verzögert werden. Mit möglichst dicken und trockenen Schalungsbrettern ist hierzu schon viel gewonnen. Eine ungefähr doppelt so gute Isolationswirkung wird durch Abdecken mit Strohmatte, welche ihrerseits mit windschützenden Bahnen aus Kraftpapier, Kunststoff oder Segeltuch überzogen sind, erzielt.

6 Hinsichtlich der Betonzusammensetzung wären, um möglichst günstige Bedingungen zu schaffen, etwa die folgenden Punkte zu beachten:

- möglichst hohe Cementdosierung
- möglichst kleiner Gehalt an Anmachwasser (kleiner W/C-Faktor)
- evtl. Verwendung von hochwertigem Portlandcement
- evtl. Verwendung von Frostschutzmitteln (gemäss Gebrauchsanweisung).

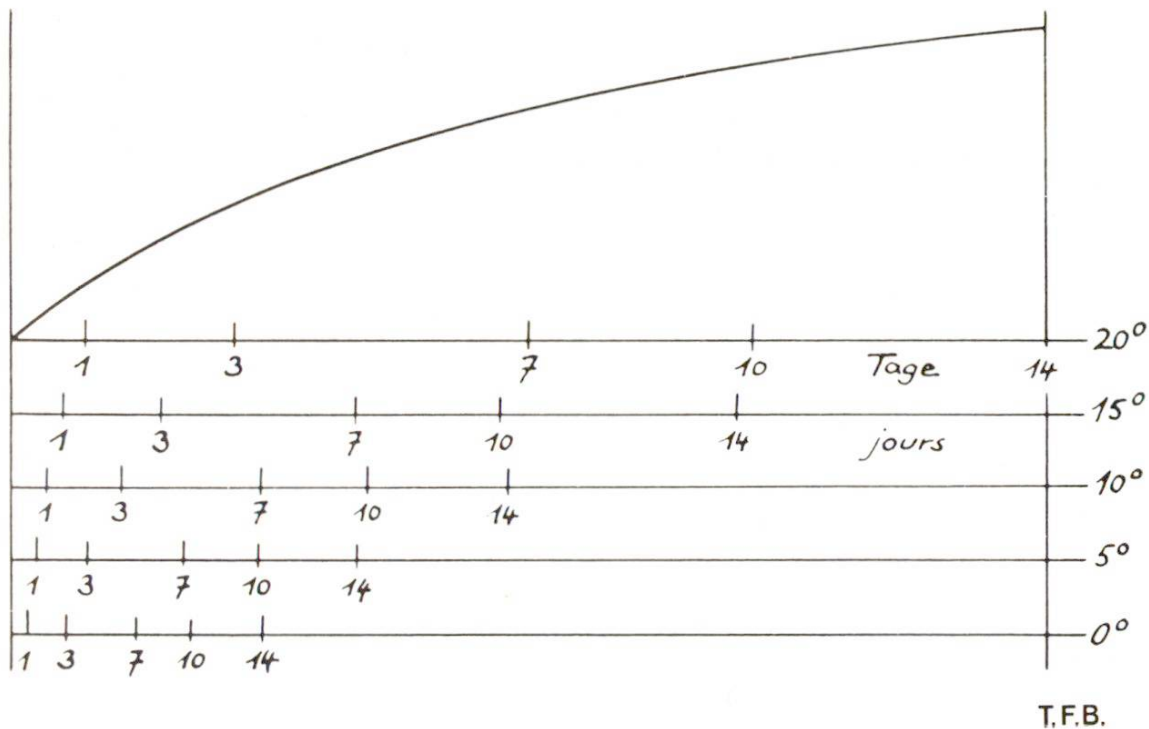


Abb. 4 Zeitlicher Fortschritt der Erhärtung (Hydratation) bei verschiedenen Temperaturen (E. Rastrup).

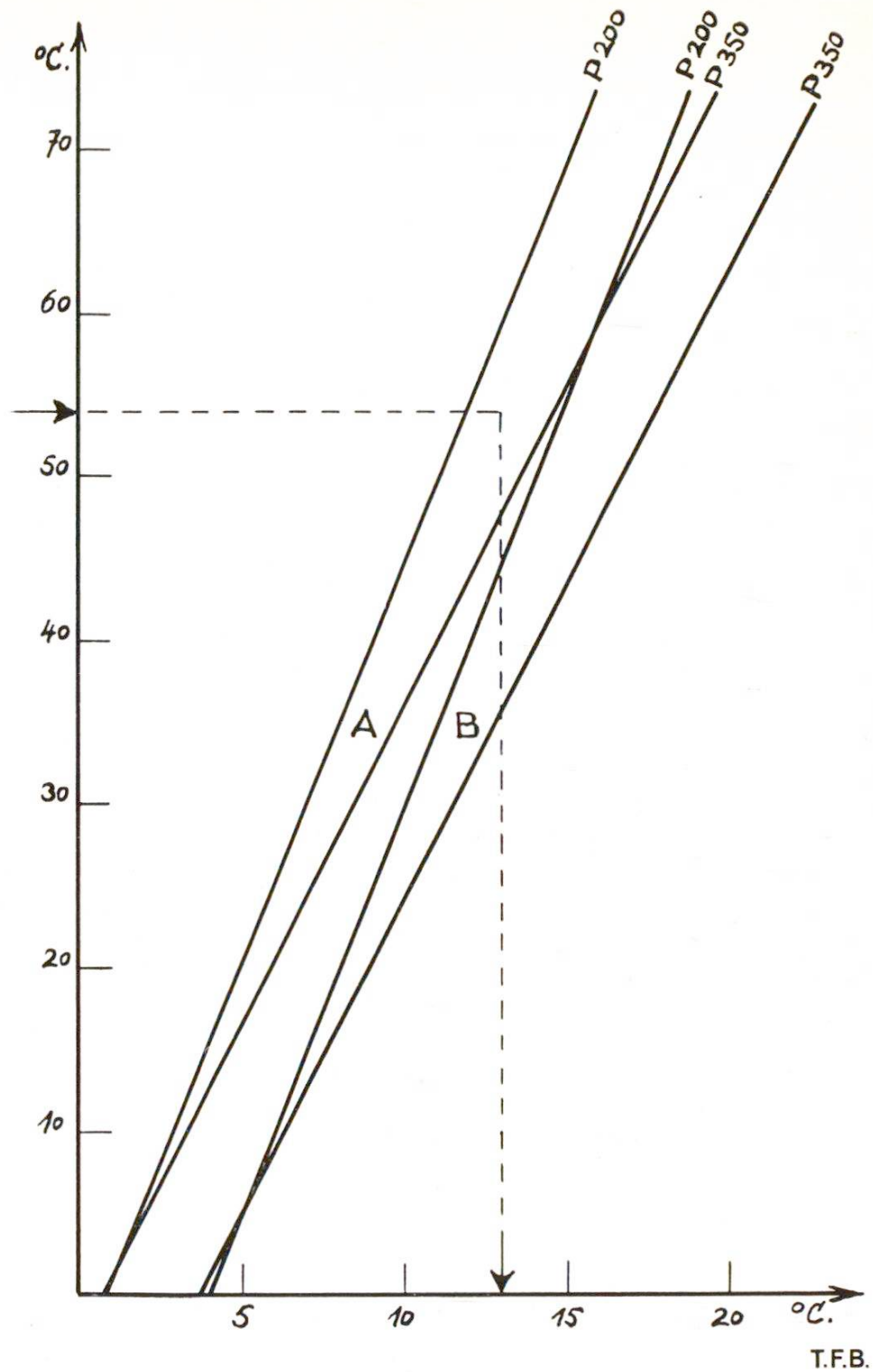


Abb. 5 Diagramm zur Bestimmung der Temperatur des Frischbetons bei Verwendung von erwärmtem Anmachwasser. Temperatur des Zuschlags, des Cementes und der Mischmaschine = 1 $^{\circ}\text{C}$ — Kurvenbereich A, = 5 $^{\circ}\text{C}$ — Kurvenbereich B. Konsistenz: steifplastisch.

Eingezeichnetes Beispiel: P 250, Temperatur 1 $^{\circ}\text{C}$, Anmachwasser 54 $^{\circ}\text{C}$, Betontemperatur 13 $^{\circ}\text{C}$.

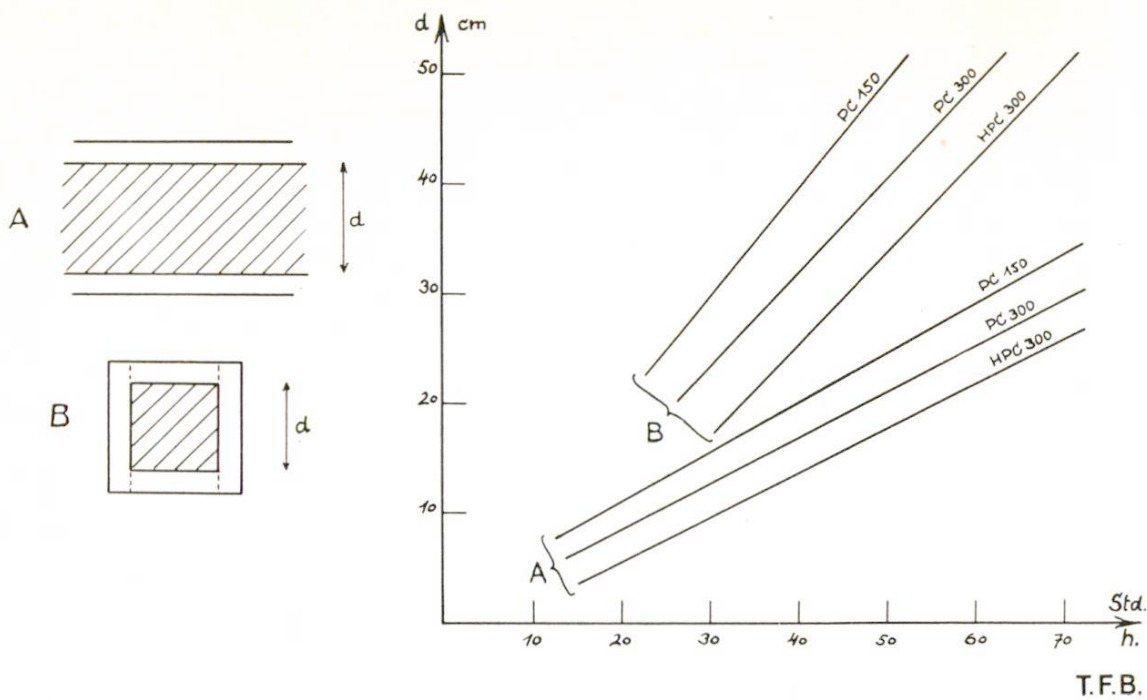


Abb. 6 Ungefähre Abkühlungszeiten von eingebrachtem Frischbeton von 13°C auf 0°C bei bewegter Luft von -5°C .

A: Beton in Decken oder Wänden, beidseitig mit mindestens 3 cm dicken Schalungsbrettern eingeschalt oder abgedeckt.

B: Beton in Säulen mit rechteckigem oder rundem Querschnitt, eingeschalt mit mindestens 3 cm Holz. Schalungsholz verhältnismässig trocken (Auszug aus Diagrammen in «Betonstobning om Vinteren»).

Literaturangaben:

Cementbulletin Nr. 1, 1946.

«Rilem»-Bulletin Nr. 32 und 33 (Paris 1956).

«Betonstobning om Vinteren», dänische Anweisung für das Betonieren im Winter (Kopenhagen, 1953).

Zu jeder weiteren Auskunft steht zur Verfügung die
TECHNISCHE FORSCHUNGS- UND BERATUNGSSTELLE DER E. G. PORTLAND
WILDEGG, Telephon (064) 8 43 71