

Zeitschrift: Cementbulletin
Band: 56-57 (1988-1989)
Heft: 16

Artikel: Betonieren bei warmer Witterung
Autor: B.M.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-153731>

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: 22.11.2024

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

CEMENTBULLETIN

April 1989

JAHRGANG 57

NUMMER 16

Betonieren bei warmer Witterung

Einflüsse auf Frisch- und Festbeton. Empfehlungen zu Planung und Ausführung.

Bauarbeiten sind witterungsabhängig, weil sie im Freien ausgeführt werden. Dabei empfindet man die kalte Jahreszeit als Engpass, sorgt vor und richtet sich darauf ein. Sollen die Arbeiten vom Herbst in den Winter hinein unvermindert fortgesetzt werden, so ist ein zusätzlicher Aufwand selbstverständlich. Anders der Übergang zur warmen Jahreszeit: Er wirkt als Erleichterung, man kann wieder auf zusätzliche Massnahmen verzichten und die Bauleistung scheinbar unbehindert steigern. Nun ist es eine Besonderheit der Betonarbeiten, dass hier auch die warme Jahreszeit zu einem Engpass führt. Erhöhte Temperaturen reduzieren bekanntlich die Verarbeitungszeit. Ausserdem gibt es weitere Umstände, die bei der Arbeitsvorbereitung berücksichtigt werden müssen. Werden sie missachtet oder überschätzt, zeigen sie sich als grössere oder kleinere Mängel am Bauwerk. Im Zusammenhang mit der Fehleinschätzung des warmen Wetters treten dann *Vorurteile* zutage wie etwa:

- Kritische Wetterlagen kommen nur im Hochsommer vor.
- Im Sommer genügt eine gute Verzögerung mit Betonzusatzmitteln.
- Im Sommer gibt es naturgemäss mehr Risse als sonst.
- Im Sommer herrscht Nachfrageüberhang. Man bekommt eine andere Zementqualität, weil die inländische Produktion nicht ausreicht.
- Probleme mit der Temperatur ergeben sich nur bei Bauteilen mit grossen Abmessungen.

- 2 Nachfolgende Ausführungen gelten für Bauten in Ortbeton, wie sie im Hoch- und Tiefbau üblicherweise vorkommen. Bei massigen Bauteilen oder bei besonderen Verfahren berücksichtigt man noch andere Bedingungen.

Witterungseinflüsse

Um die Witterungseinflüsse auf Betonarbeiten abschätzen zu können, sind folgende Merkmale massgebend:

- Lufttemperatur
- Luftfeuchtigkeit
- Windgeschwindigkeit
- Sonneneinstrahlung

Man berücksichtigt sie nicht einzeln, sondern in ihrem Zusammenwirken. Deshalb verfolgt man auch die Wetterentwicklung. Besonders wichtig sind Wetterumstürze wie plötzlich einsetzender Föhn oder Gewitterneigung mit nachfolgender merklicher Abkühlung. Kritische Wetterlagen können in den Monaten Juni bis September immer vorkommen. Man kann also keine jahreszeitlichen Regeln aufstellen und etwa in Abhängigkeit der Lufttemperatur für jeden Monat ein bestimmtes Betonrezept angeben. Die Massnahmen sind auf die besonderen Umstände der Baustelle und auf die aktuelle Wetterlage abzustimmen. Witterungseinflüsse wirken auf Frischbeton und auf Festbeton. Von daher bestimmen sie den Betoniervorgang.

Auswirkungen auf den Frischbeton

Bei warmer Witterung werden folgende Frischbetoneigenschaften massgebend:

1. *Die Frischbetontemperatur:* In erster Näherung folgt sie der Lufttemperatur. Genauer berechnen lässt sie sich als Summe von Temperaturbeiträgen der einzelnen Betonkomponenten. Zu einem kleineren Teil hängt sie noch von der Zementdosierung ab. Zwei Zahlenbeispiele zeigen die Grössenordnungen, vgl. Tabelle 1.

Die Werte sind dem Diagramm zur Bestimmung der Frischbetontemperatur entnommen (Abb. 1), vgl. [1]. Das Zuschlagsmaterial liefert den grössten Beitrag. Erwärmt es sich beispielsweise um 10°C , so erhöht sich die Frischbetontemperatur um 7°C . Meist ist es etwas weniger warm als die Luft, sofern es nicht der direkten Sonneneinstrahlung ausgesetzt ist. Um einige Grade geringer ist der Beitrag des Zements, obwohl er verhältnismässig warm angeliefert wird. Ein um 10°C wärmerer Zement erhöht die Frischbetontemperatur um 1°C .

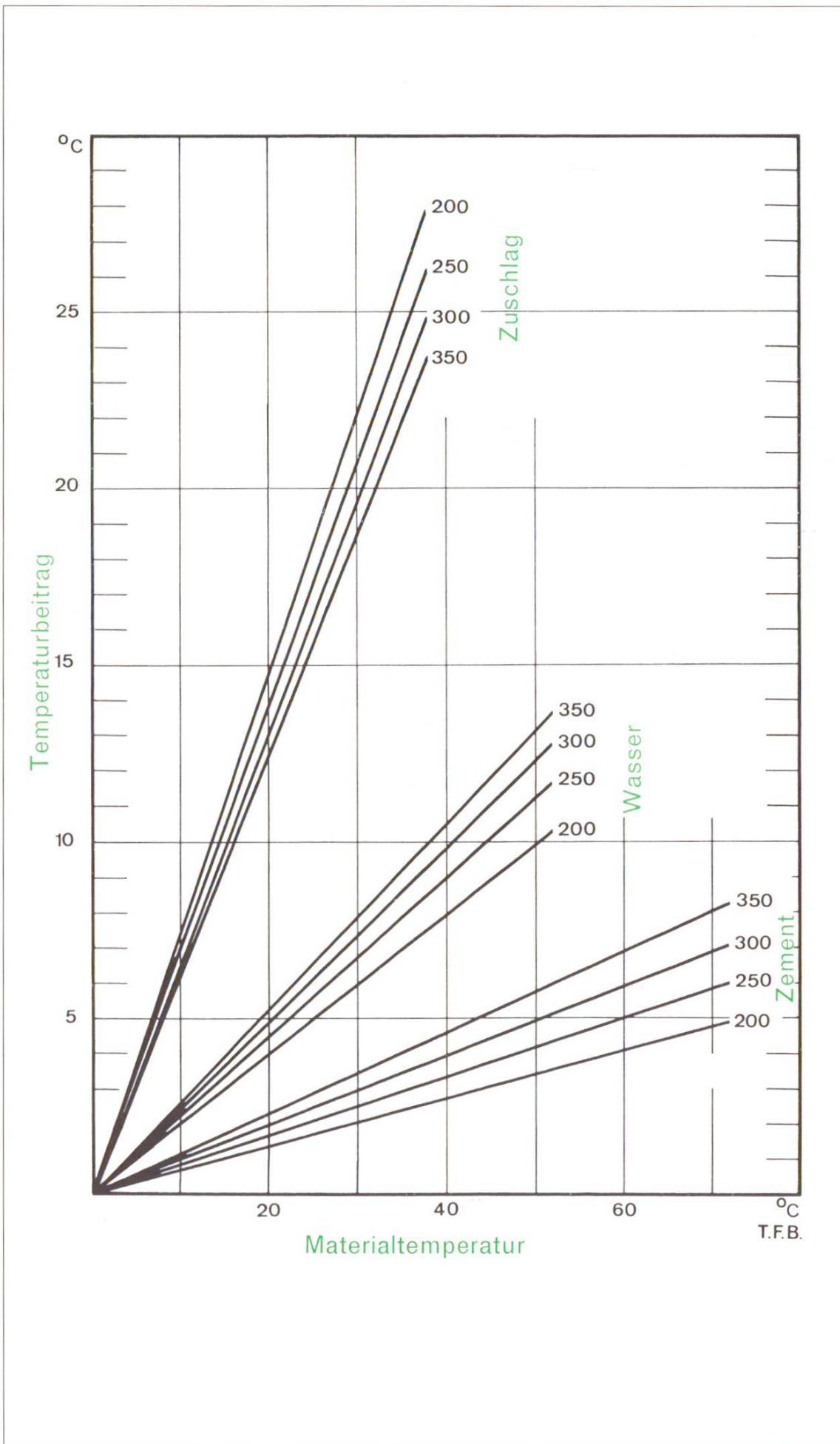


Abb. 1 Diagramm zur Bestimmung der Frischbetontemperatur aus den Temperaturen von Zuschlag, Zement und Anmachwasser bei Zementdosierungen von 200, 250, 300 und 350 kg/m³. Die an der Ordinate herausgelesenen Temperaturbeiträge ergeben zusammengezählt die Temperatur des Frischbetons.

4 Tabelle 1. Berechnung der Frischbetontemperatur aus der Materialtemperatur der Komponenten. Zwei Beispiele:

Dosierung: PC 300 kg/m ³		Zuschlag	Zement	Wasser	Frischbeton- temperatur
①	Materialtemperatur Temperaturbeitrag	22° 14,3°	75° 7,3°	15° 3,7°	25,3°C
②	Materialtemperatur Temperaturbeitrag	18° 11,7°	60° 5,8°	12° 3,0°	20,5°C

2. *Die Konsistenz:* Die Betonkonsistenz ist abhängig vom Wassergehalt, von der Zeit und von der Temperatur, sofern andere Größen wie Zusatzmittel oder Mehlkorngesamtgehalt konstant gehalten werden. Von Interesse ist ihr Verlauf vom Zeitpunkt des Mischens bis zum Einbringen in Abhängigkeit der Temperatur. Als Beispiel diene ein Intervall von 45 Minuten nach dem Mischen, vgl. Tabelle 2 und [2]. Variiert wird in diesem Fall nur der Wassergehalt, und zwar so, dass die anfängliche Konsistenz beibehalten wird (plastisch, gemessen mit dem Setzmass $s = 2,5$ cm).

Unmittelbar nach dem Mischen zeigt die Betonkonsistenz keinen wesentlichen Unterschied zwischen Sommer und Winter. Einige Zeit nach dem Mischen fällt sie aber je nach Temperatur verschieden stark ab. Soll sie auch nach 45 Minuten noch gleich sein wie unmittelbar nach dem Mischen, sind hier im Winter 9 Liter Wasser zusätzlich notwendig. Im Sommer sind es aber 18 Liter je m³ Beton.

Höhere Temperaturen verkürzen die Verarbeitungszeit, d. h. jenen Zeitabschnitt, der für das Mischen, Transportieren, Einbringen und Verdichten zur Verfügung steht. Bei gleichbleibendem Wassergehalt zwischen Mischen und Verdichten betragen die Richtwerte:

- weniger als eine Stunde bei 30 °C Frischbetontemperatur,
- weniger als zwei Stunden bei 20 °C Frischbetontemperatur.

Praktisch wird aber der Beton während der Verarbeitung noch austrocknen, so dass sich die Verarbeitungszeit zusätzlich verkürzt.

Auswirkungen auf den Festbeton

Auf den Festbeton hat die warme Witterung folgende Auswirkungen:

1. Wird der Verlust an Betonkonsistenz durch einen anfänglich höheren W/Z-Wert kompensiert, nimmt die Festigkeit ab. Als Faust-

5 Tabelle 2. Konsistenzverlust infolge Temperatur, gezeigt anhand des nachträglichen Wasseranspruchs [2].

Zeit nach dem Mischen in Minuten	Bereich des W/Z-Werts	Wasseranspruch in l/m ³ bei PC 300 kg/m ³	
		Winter	Sommer
T = 0'	0,53–0,54	0	< 3
T = 45'	0,56–0,59	9	18

regel gilt: 10 Liter Zugabewasser vermindern die Festigkeit um 10%. Ein höherer Gehalt an Anmachwasser verstärkt zudem die Schwindneigung.

2. Die Gefahr des Austrocknens besteht nicht nur während der Verarbeitung, sondern auch unmittelbar nach dem Einbringen. Dies betrifft vor allem die freien Oberflächen von Platten und Decken. Hat der Beton noch keine Zugfestigkeit entwickelt, neigt er zu Fröhschwindrissen. Man nimmt an, dass solche Risse bei einer Austrocknungsrate von 1000 g je m² und Stunde entstehen. Die Werte können dem Diagramm zur Ermittlung der Austrocknungsrate entnommen werden, vgl. [3]. Beispiel: Lufttemperatur und Frischbetontemperatur: 22 °C; trockene Luft mit einer relativen Feuchtigkeit von 20%; Windgeschwindigkeit: 8 m/sec. In diesem Fall beträgt die Austrocknungsrate 1300 g/m²/Std. Wird die Oberfläche nicht geschützt, werden Fröhschwindrisse entstehen.

3. Bei höheren Temperaturen nimmt die Festigkeit rascher zu. Nach 28 Tagen aber und bei Lagerungstemperaturen über 20 °C, wie sie im Sommer im Freien herrschen können, erreicht sie nicht mehr jene Werte von Beton, der bei niedrigerer Temperatur erhärten kann. Höhere Temperaturen bedeuten niedrigere Endfestigkeit.

4. Bei Sichtflächen führt unterschiedliches Austrocknen zu lokalen Veränderungen des W/Z-Wertes, was sich als Farbunterschiede in den Grautönen auswirkt.

5. Die Probekörper weisen eine erheblich kleinere Betonmenge auf als der zugehörige Bauteil. Sie haben deshalb eine andere Verarbeitbarkeit und werden auch anders verarbeitet als die grösseren Mengen des Bauwerks. Dies verstärkt Abweichungen zwischen Würfeldruckfestigkeit und Bauwerksfestigkeit, wie sie sich bereits aus den unterschiedlichen Lagerungsbedingungen ergeben [4].

6 Empfehlung zur Planung

Die Massnahmen für die Betonarbeiten im Sommer sind bei der Ausschreibung ebenso zu beachten und zu vereinbaren wie jene im Winter. Entweder werden sie in die Einheitspreise eingerechnet oder als separate Positionen ausgeschrieben. Die Bauleitung überprüft das Betonierprogramm und genehmigt die Verwendung von Beton-zusätzen.

Die Verzögerung des Abbindens mittels Beigabe eines Zusatzmittels (BV) und der Verlust an Verarbeitbarkeit sind getrennt zu beachten. Eine Verzögerung allein schiebt nur den Abbindebeginn hinaus. Sie bewirkt noch nicht, dass auch die Verarbeitbarkeit gewährleistet bleibt, weil sie die Austrocknung nicht verhindert.

Im Sommer werden die Festigkeiten im allgemeinen etwas tiefer liegen als im Frühling oder im Herbst. Hochwertiger Zement (HPC) sollte wegen seines rascheren Abbindeverhaltens nicht verwendet werden. Wird Schlackenzement verwendet, ist der Beton besonders anfällig auf Wasserverlust infolge Verdunstung.

Empfehlungen zur Ausführung

Das Betonrezept muss an die Witterungsverhältnisse angepasst werden. Die Frischbetontemperatur darf 30 °C nicht übersteigen. Wirksamste Massnahme ist die Kühlung des Zuschlags oder des Anmachwassers. Im Betonwerk oder auf der Baustelle kann fabrikwarm gelieferter Zement praktisch kaum gekühlt werden. Sein Temperaturbeitrag ist deshalb bei der Berechnung der Frischbetontemperatur als gegeben zu betrachten. Als obere Grenze der Zementtemperatur werden 70 °C empfohlen, gemessen bei der Zugabe zum Mischer [2]; in amerikanischen Richtlinien finden sich 77 °C [5]. Wird ausnahmsweise wärmerer Zement verwendet, ist auf sorgfältiges Mischen und genügend Mischzeit besonders zu achten.

Weil die Arbeiten unter erhöhtem Zeitdruck stehen, braucht es eine sorgfältige Arbeitsvorbereitung und Koordination. Polier und Mannschaft sollten mit den Besonderheiten der Betonmischung rechtzeitig vertraut gemacht werden. Betonierunterbrüche sind zu vermeiden, anzustreben ist ein rhythmischer Arbeitsablauf. Auf der Baustelle sind genügend Reservegeräte bereitzustellen, um bei Pannen rasch eingreifen zu können. Verwendet man Transportbeton, so kann sich in städtischen Verhältnissen die Transportzeit leicht verdoppeln, was bei der Arbeitsvorbereitung einzurechnen ist. Als letzte Ausweichmöglichkeit bleibt meist nur die Verschiebung der Betonierarbeit, z.B. auf die kühlere Tageszeit. Transportbeton muss in einer Konsistenz bestellt werden, dass er auf der Baustelle noch verarbeitbar

7 ist. Auf jeden Fall ist zu vermeiden, dass man bei seiner Ankunft auf der Baustelle noch Wasser zugibt.

Ist das Wetter angenehm warm und kommt man trotzdem nicht ins Schwitzen, so ist dies ein deutliches Anzeichen, dass der Beton rasch austrocknen kann. Wenn man in solchen Fällen an der Betonbestellung auch nichts mehr ändern kann, so ist es doch für eine wirksame Nachbehandlung noch nicht zu spät!

Bei der Nachbehandlung ist die Wirkung der ersten Stunden entscheidend, d.h., man muss sie unmittelbar nach dem Einbringen beginnen. Je nach Witterung soll sie drei bis sieben Tage dauern. Als Mittel sind empfohlen: Abdecken mit Bauplastik oder Thermo- matte bzw. die Behandlung mit Curing Compound (Angaben und Vorbehalte des Herstellers beachten!). Alternierendes Berieseln ist zu vermeiden.

Noch einige praktische Hinweise:

- Luftzug wo möglich vermeiden (z.B. in Türmen, Kaminen, Liftschächten);
- direkte Sonneneinstrahlung vermeiden und Schattenwirkungen ausnützen, sowohl an der Einbaustelle wie an den Geräten (Mischer, Umschlaggerät, Transportfahrzeuge);
- Wasseranschluss bereithalten (nicht für nachträgliche Wasserzugabe zum Frischbeton, sondern für das Besprühen von Schalungen, Geräten und allfälliges Feuchthalten des fertig eingebrachten Betons);
- verschüttete Kleinmengen nicht wieder begeben, da sie inzwischen ausgetrocknet sein können;
- besondere Massnahmen treffen bei Pumpbeton oder bei Beton mit besonderen Eigenschaften;
- Probekörper normgemäss herstellen und lagern;
- Wetterdaten im Arbeitsrapport täglich festhalten.

Betonarbeiten bei warmer Witterung erfordern meist einen Kompromiss, dem eine ingenieurmässige Beurteilung zugrunde liegt. Dabei wird abgewogen zwischen Qualität, Wirtschaftlichkeit und Ausführbarkeit. Einbezogen wird die Bedeutung des Bauteils sowie die Erfahrung des Bauunternehmers und des Betonwerks im Umgang mit der Witterung. Entscheide der letzten Minute sind selten erfolgreich. Besser ist das Einschätzen der Wetterentwicklung und die Bestellung am Vortag im Rahmen eines Betonkonzepts, das für die ganze Baustelle angelegt ist.

B. M.

8 Literaturhinweise

- [1] Cementbulletin Nr. 3/1976: «Betonieren bei Sommerhitze»
- [2] *Hoiler, G.* et al.: «La résistance des bétons fabriqués en été». Document établi par la SSE, Section de Genève, en collaboration avec la Société des chaux et ciments de la Suisse romande, l'Association genevoise des ingénieurs (AGI) et le laboratoire de S.A. C. Zschokke (o. Jg.)
- [3] Cementbulletin Nr. 23/1983: «Die Austrocknung des jungen Betons»
- [4] *Agthe, R.* (1974): «Vergleich der an Würfelproben ermittelten Festigkeiten mit der Qualität des Betons am Bauwerk». Schweiz. Bauzeitung, Heft 20, S. 490–492
- [5] ACI Committee 305 (1977): «Hot Weather Concreting». Revised 1982. Manual of Concrete Practice, p. 305R-1/17