

# Die Beschleunigung der Betonhärtung

Autor(en): **[s.n.]**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Cementbulletin**

Band (Jahr): **48-49 (1980-1981)**

Heft 17

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-153636>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# CEMENTBULLETIN

MAI 1981

JAHRGANG 49

NUMMER 17

---

## Die Beschleunigung der Betonerhärtung

Wesen der Erhärtung von Portlandzement. Bedeutung der Zeit bei Bauarbeiten. Mittel zur Erhärtungsbeschleunigung. Erwägungen zum Einsatz von Wärmebehandlungen.

### Einführung

Das Erhärten des Zementleims zum Zementstein erfolgt in einem zeitlich gestreckten Ablauf. Es ist die Folge einer Reihe von chemischen Reaktionen zwischen den Zementmineralien und Wasser. Der stoffliche Umsatz, der dabei eintritt, entspricht ungefähr der Festigkeitszunahme.

Die Vorgänge folgen den Naturgesetzen. Wasser ist sehr begierig, sich mit den Zementmineralien zu vereinigen. Die Reaktion wird durch ein Energiegefälle angeregt, indem dabei Wärme freigesetzt wird. Ferner besteht grundsätzlich gesehen eine Reaktion zwischen einer flüssigen (Wasser) und einer festen (Zement) Substanz. Das bedeutet, dass das Wasser mit der Oberfläche der Zementmineralien in Berührung kommen muss. Anfänglich ist dies unmittelbar der Fall, doch die alsdann an Ort entstehenden Reaktionsprodukte behindern diesen Kontakt mehr und mehr (Abb. 1). Dadurch verringert sich der stoffliche Umsatz mit der Zeit (Abb. 2).

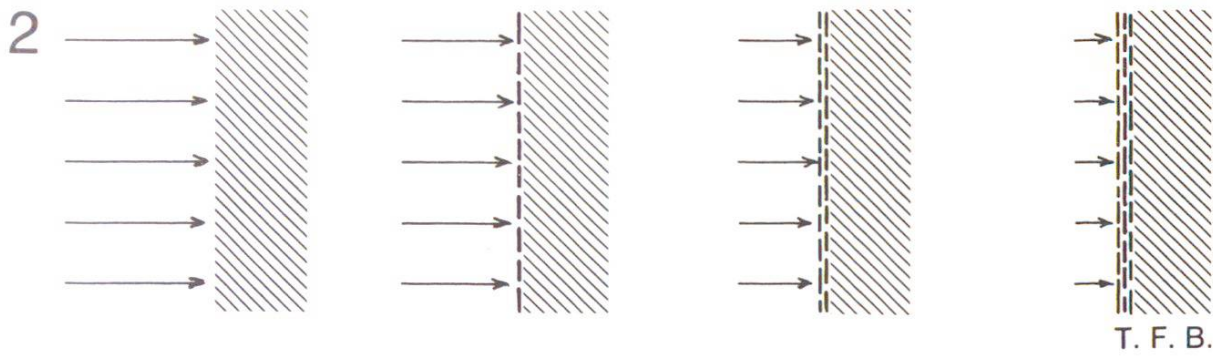


Abb. 1 Um die Erhärtungsreaktion herbeizuführen, muss Wasser mit den festen, unbeweglich bleibenden Zementmineralien in Berührung kommen. Die entstehenden Reaktionsprodukte versperren dem Wasser aber mehr und mehr den Zutritt, so dass sich der Reaktionsumsatz zunehmend verkleinert.

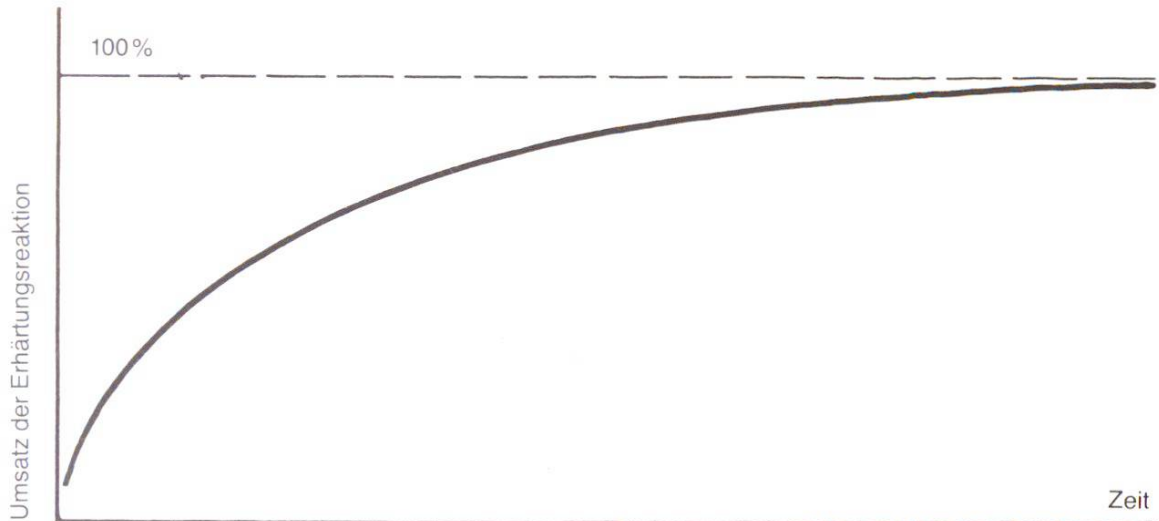


Abb. 2 Der zeitliche Verlauf des Umsatzes der Erhärtungsreaktion.

Den Naturgesetzen entspricht auch die Tatsache, dass der Umsatz der chemischen Reaktion durch Erhöhung der Temperatur beschleunigt wird. Höhere Temperatur bedeutet nichts anderes als Verstärkung der Bewegung der Moleküle und damit ein stärkeres Vordrängen des Wassers an die Reaktionsstellen. Die Darstellung von Abb. 2 kann somit ergänzt werden, indem für verschiedene Temperaturen verschiedene Kurven eingezeichnet werden (Abb. 3). In der gleichen Abbildung ist auch angedeutet, dass der Umsatz der chemischen Reaktion der Wärmeentwicklung und der Festigkeitszunahme entspricht.

Die Erhärtung des Betons ist von grosser wirtschaftlicher Bedeutung. Das zeigt sich an den Folgen, die bei einer Verminderung der erwarteten Festigkeit oder bei einer Verlangsamung der Festigkeitsentwicklung eintreten. Das eine würde einen Mehraufwand an Material, das andere einen Mehraufwand an Zeit und eine schlechtere Nutzung der Einrichtungen bedeuten. Kostenberechnungen führen oft zur Einsicht, dass sich spezielle Massnahmen zur Erhärtungsbeschleunigung rechtfertigen und man dafür in bestimmten Fällen verhältnismässig grosse Mittel einsetzen kann.

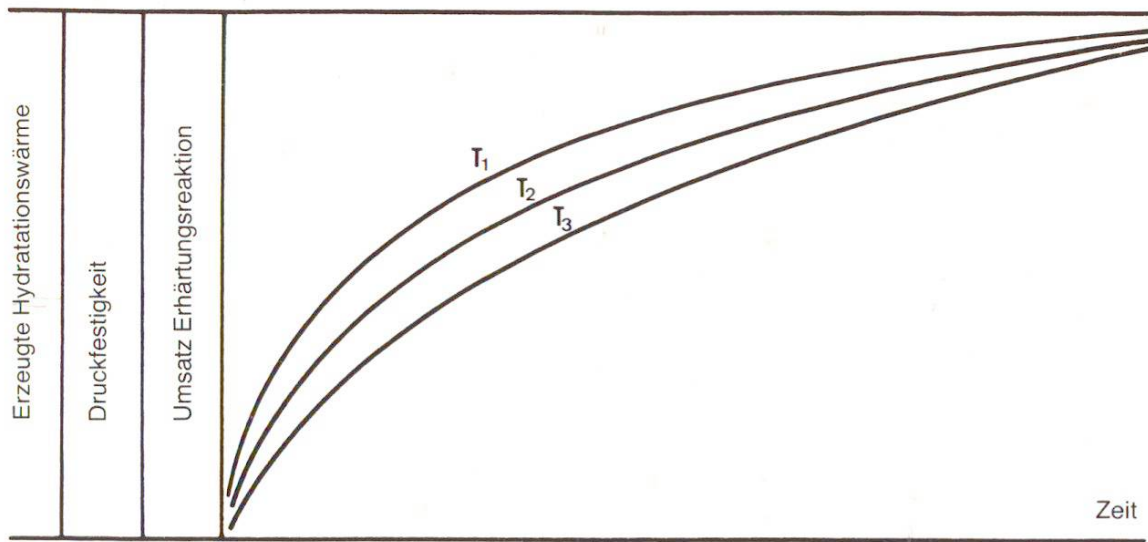


Abb. 3 Einfluss der Temperatur auf den Reaktionsumsatz bzw. auf die Festigkeitsentwicklung:  
 $T_1 > T_2 > T_3$ .

T. F. B.

### Zur Wahl der Beschleunigungsmethoden

Zur rascheren Erzielung höherer Betonfestigkeiten stehen verschiedene Methoden zur Verfügung:

- Erhöhung der Zementdosierung mit entsprechender Verminderung des Wasserzementwertes,
- Einsatz von hochwertigem Portlandzement (HPC),
- Verwendung von chemischen Zusatzmitteln zur Abbindebeschleunigung und zur Reduktion des Wasserzementwertes,
- Ausnutzung der Eigenwärme,
- Wärmebehandlung.

Zu a) Durch die erhöhte Zementzugabe kann zwar nur eine geringe relative Festigkeitserhöhung erreicht werden, gegebenenfalls aber ein Zeitgewinn von 10 bis 30%. Die Schwierigkeiten, welche bei zu hohen Zementdosierungen auftreten können, setzen diesem Verfahren seine Grenzen.

Zu b) Der Einsatz von HPC ist als Baubeschleunigungsmittel am besten bekannt und ist kaum mit zusätzlichen Risiken verbunden. Wirkung und Kosten sind gut bekannt.

Zu c) Die Anwendung von Calciumchlorid als Beschleuniger ist wegen der eintretenden Korrosionsgefahr für die Armierung und wegen der Dosierung überhaupt eingeschränkt. Hingegen sind die Plastifizierungsmittel, welche den Wasserzementwert stark herabsetzen können, eine brauchbare Alternative. Die Frühhochfestigkeit von Beton wird durch den Wasserzementwert sehr stark beeinflusst. Wenn genaue Erfahrungswerte fehlen, müssen Festigkeitsversuche vorausgehen.

Zu d) Durch Isolationsmassnahmen kann ein Teil der Eigenwärme, die bei der Erhärtungsreaktion erzeugt wird, im Beton zurückgehalten

4 werden. Die Temperatur des jungen Betons kann sich damit um 10 bis 20°C erhöhen, was die Festigkeitsentwicklung beschleunigt.

Zu e) Die künstliche Erhöhung der Temperatur des frischen Betons ist das wirksamste Mittel zur Beschleunigung. Nur damit können die Zeiten, welche für die Erreichung einer bestimmten Festigkeit erforderlich sind, beispielsweise halbiert werden. Es stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung, die im «CB» Nr. 1/1974 zusammengestellt und beschrieben werden. Die Wärmebehandlung bringt grössere praktische Probleme auf verschiedenen Gebieten mit sich. Im folgenden werden die wichtigsten davon angeschnitten.

### **Zur Frage der Betonfestigkeit**

Es hat keinen grossen Sinn, über den Zeitgewinn durch Erhärtungsbeschleunigung nachzudenken, ohne die Betonfestigkeit, welche im betreffenden Fall erreicht werden muss, genau festzulegen. Diese Grösse hängt mit der massgebenden Zeit zusammen. Schon die Annahme eines möglichst tiefen Festigkeitswertes kann ein Mittel zur Verringerung der Erhärtungszeit sein. Zu den Vorbereitungsarbeiten für die Einführung einer Erhärtungsbeschleunigung muss die Bestimmung der angezielten minimalen Betonfestigkeiten gehören. Diese Grössen sind durch die anschliessenden Bauarbeiten und Belastungen gegeben und können von Bauteil zu Bauteil sehr verschieden sein.

### **Beschleunigungsmassnahmen mit grossem Aufwand**

Umfangreiche Beschleunigungsmassnahmen können leicht zu peinlichen Fehlschlägen führen. Solche können nur vermieden werden, wenn sich Bauherr und Unternehmer der Vor- und Nachteile der Massnahmen bewusst sind und diese genau abwägen. Der Unternehmer muss auch in der Lage sein, die Verfahren zu meistern, und es müssen ihm die Mittel zur guten Überwachung zur Verfügung stehen.

Eine vorausgehende genaue Kostenanalyse ist notwendig. Zu berücksichtigen sind die besonderen Aufwendungen für Baustoffe, Geräte, Arbeit und Energie. Die Mehrkosten müssen in einer vernünftigen Relation zum Gewinn stehen, wobei es nicht leicht ist, diesen aus der gewonnenen Zeit zu berechnen oder abzuschätzen.

Die Erwägung der Kosten-Bauzeit-Relation genügt aber nicht. Auch andere Kriterien sind mit dem Erfolg oder Misserfolg solcher Vorhaben verbunden. Mit der Beschleunigung der Betonerhärtung, sei es nun im Betonwerk oder bei Ortsbetonarbeiten, wird der gesamte Zeitplan für den Bau beeinflusst. Der Rhythmus der Baustelle wird neu und ungewohnt. Will man die Vorteile der Erhärtungsbeschleunigung voll

- 5 nutzen, so muss man dafür sorgen, dass die zahlreich aufkommenden programmlichen Koordinationsprobleme vorausgesehen und gelöst werden.

Ein letztes, aber sehr wichtiges Gebiet, das es speziell zu beachten gilt, betrifft die Qualität. Es ist vorausgehend anzunehmen, dass die Erhärtungsbeschleunigung mit Wärme die Betonqualität beeinträchtigen kann. Die Endfestigkeit wärmebehandelter Betone ist in der Regel 10 bis 20% kleiner. Aber auch die Bauqualität im allgemeinen kann leiden. Eine Tendenz zur Minderwertigkeit besteht immer, wenn Zeit gewonnen werden soll. Ist man sich dieser Umstände bewusst, so wird man automatisch den Qualitätsfragen mehr Beachtung schenken. Es müssen Massnahmen getroffen werden, dass das gewohnte Qualitätsniveau auch bei Einsatz von Beschleunigungsverfahren aufrechterhalten werden kann.

Im typischen Ablauf von Betonarbeiten (schalen – armieren – betonieren – erhärten – ausschalen) nimmt das Erhärten etwa  $\frac{1}{4}$  der Zeit in Anspruch, wobei die Phasen des Arbeitsstillstandes (z.B. Nachtstunden) nicht eingerechnet sind. Der Anteil vergrössert oder verkleinert sich bei extremen Umgebungstemperaturen. Wenn man nun annimmt, dass die festen, zeitabhängigen Kosten einer Baustelle (Bauzinsen, Amortisationen und Unterhalt der Geräte) 15 bis 25% ausmachen und man die Erhärtungszeit des Betons halbieren kann, so beträgt die mögliche Einsparung dadurch 2 bis 5% der Rohbaukosten (Schätzung nach F. Jolivet, s. Literaturangabe).

### **Möglichkeiten der Wärmebehandlung**

(s. auch «CB» Nr. 1/1974)

Im Bereich der Vorfabrikation, der industriellen Betonverarbeitung sind die verschiedenen Methoden der Wärmebehandlung gut eingeführt. Es bestehen keine besonderen Schwierigkeiten, wenn sich die Verfahren einmal eingespielt haben. Bei Ortsbetonarbeiten jedoch gibt es beim Wärmeeinsatz Probleme, die sich bei jedem Bauvorhaben wieder anders stellen und neu überlegt werden müssen. Hinweise dafür sind eben gegeben worden.

Auf den Baustellen wird bevorzugt Frischbeton mit einer Temperatur von 40 bis 50°C angewandt. In der Regel bleibt diese Temperatur nach der Verarbeitung für einige Stunden auf dieser Höhe dank der zusätzlich entstehenden Eigenwärme. Aufgewärmter Frischbeton muss sehr rasch eingebracht und verdichtet werden, da seine Abbindezeit naturgemäss verkürzt ist. Aus diesem Grunde ist seiner Temperatur bei etwa 50°C eine obere Grenze gesetzt. Mit zusätzlicher Isolation des eingebrachten Betons gegen Wärmeverlust kann

- 6 man schon mit 35°C warmem Frischbeton eine gute Beschleunigungswirkung erzielen, indem sich dieser in der Schalung auf 50 bis 60°C selbständig aufheizt.

Für die elektrische Aufwärmung des Frischbetons bedarf es spezieller Einrichtungen. Es werden chargenmässig betriebene Anlagen, aber auch Durchlauferhitzer für Pumpbeton beschrieben (s. Literaturangabe). Die Erwärmung des Frischbetons oder des Zuschlages mit Dampf ist einfacher zu handhaben, aber schwieriger zu führen, weil der Wassergehalt und die Wärmeverteilung im Beton nicht gleichmässig gehalten werden können.

Die nachträgliche Erwärmung des eingebrachten Betons auf den Baustellen kann ebenfalls vermittelt elektrischer Energie vorgenommen werden. Diese wird durch einbetonierte Widerstandsdrähte, über die Armierung oder durch metallische Schalungsflächen eingeführt. Praktische Erfahrungen mit diesen Methoden sind jedoch hier kaum vorhanden.

Tr.

### Literaturangabe

Die folgende Publikation enthält eingehende und praktisch orientierte Informationen über das ganze Gebiet der beschleunigten Betonerhärtung:

**Durcissement accéléré du béton**, Journée d'étude.

Annales de l'institut technique du bâtiment et des travaux publics n° 387, octobre 1979, Paris