

# Frühverhalten von Beton

Autor(en): **Trüb, U.A.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Cementbulletin**

Band (Jahr): **42-43 (1974-1975)**

Heft 19

PDF erstellt am: **11.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-153566>

## **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

JULI 1975

JAHRGANG 42

NUMMER 19

---

## Frühverhalten von Beton

**Anfängliche Entwicklungszustände, «grüner Beton», «junger Beton», Vorgänge, Veränderungen, Schrumpfrisse, Setzungsrisse, Frühschwindrisse, Absprengungen, Beschädigungen.**

Das Verhalten des eben eingebrachten und verdichteten Betons ist in letzter Zeit vermehrt untersucht worden. Einige Erscheinungen an der Betonoberfläche nehmen zum Teil ihren Anfang bereits in diesem frühen Entwicklungszustand. Im folgenden werden diese besonderen Verhältnisse kurz beschrieben.

### 1. Frühe Entwicklungszustände des Betons

Der Beton durchläuft bei seiner anfänglichen Entwicklung verschiedene Zustände, für die besondere Eigenschaften kennzeichnend sind und die sich in der zeitlichen Folge mehr oder weniger scharf abgrenzen lassen. Der «**Frischbeton**» geht mit der Verdichtung in den «**grünen Beton**» über, der in der Regel unbewegt ruht und nur in Ausnahmefällen kurz nachverdichtet wird. Die Zeitspanne dieser «grünen» Phase beträgt je nach Temperatur des Betons etwa 0,5 bis 8 Stunden. Langsam, oft aber auch recht unvermittelt erfolgt der Übergang zum steifverbundenen Körper, zum «**jungen Beton**», der nicht mehr nachvibriert werden kann. In diesem Zustand ist der Beton besonders empfindlich gegen innere und äussere Einflüsse. Wiederum je nach Temperatur des Betonkörpers beginnt nach weiteren 1 bis 8 Stunden die Festigkeitsent-

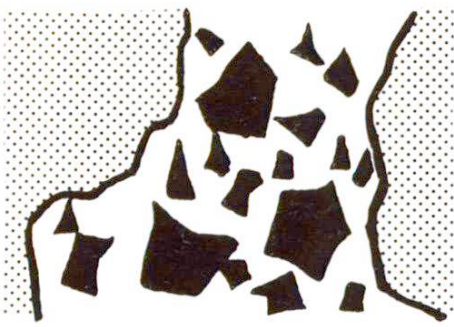
2 wicklung beschleunigt einzusetzen, und der «junge Beton» wird zum «**Festbeton**». Von diesen Entwicklungsphasen werden im folgenden besonders der «grüne Beton» und der «junge Beton» betrachtet (Bezeichnungen nach **Wierig** und **Wischers/Manns**) (CB 11/1968).

## 2. Besondere Vorgänge

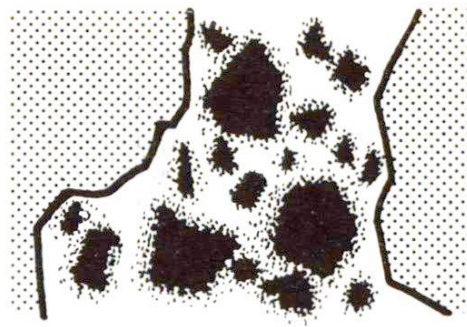
Während der aufgezeichneten Frühentwicklung sind zwei verschiedenartige Vorgänge von grösserer Bedeutung: Die Rüttelverdichtung als einmaliger kurzer Eingriff und die kontinuierlich verlaufende Umwandlung des Zementes zur Verfestigung.

Die Vibration bewirkt einen Zusammenschluss der Partikel, wobei Luft entweicht und die Hohlräume geschlossen werden. Wenn bei diesem Vorgang auch Wasser ausgeschieden wird, so ist dies auf Verdrängung infolge einer engeren gegenseitigen Lagerung der festen Teile zurückzuführen. Die Wasserausscheidung braucht sich nicht auf die Oberfläche zu beschränken, sondern kann auch im Betonkörper selber oder an der Grenzfläche zur Schalung erfolgen. In diesem Falle entstehen entsprechende neue Hohlräume. Die Verfestigung zum Zementstein verläuft mehr oder weniger gleichförmig über die Phasen hinweg. Abb. 1 zeigt schematisch den Angriff des Wassers auf die Zementkörner, die Bildung der ersten Gelmassen und deren Zusammenschluss. Diesem Prozess liegt die chemische Reaktion der Wasseranlagerung (Hydratation) zugrunde. Er ist stark temperaturabhängig. Der Reaktionsumsatz erhöht sich mit steigender Temperatur und umgekehrt. Mit der Hydratation wird auch Wärme freigesetzt. Der Betonkörper erwärmt sich und dehnt sich entsprechend aus. Die Wärmeentwicklung hat zur Folge, dass sich die Erhärtungsreaktion selber anregen und beschleunigen kann, sofern kein genügender Wärmeabfluss stattfindet. Die Temperaturerhöhung kann im Innern des «jungen Betons» die Grössenordnung von  $+20^{\circ}$  annehmen.

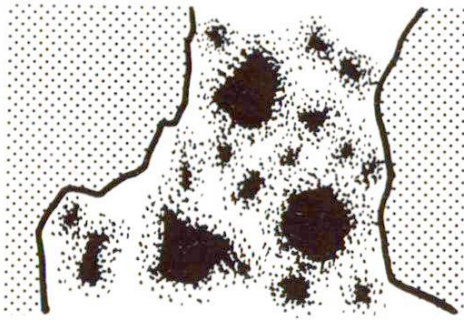
Parallel zum Reaktionsfortschritt und zur Wärmeentwicklung geht eine Volumenverminderung der Reaktionsmasse Zement-Wasser. Das freibewegliche Wasser nimmt nämlich ein etwas grösseres Volumen ein als das chemisch gebundene. Das «Schrumpfen», wie diese Erscheinung auch genannt wird, beträgt bei vollständiger Hydratation etwa 0,7%. Im Gegensatz zur Temperatur ist es über den ganzen Betonkörper gleichmässig verteilt und führt deshalb nicht unbedingt zu Spannungen und zu äusserlich feststellbaren räumlichen Veränderungen.



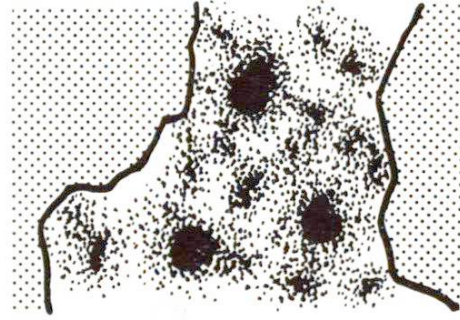
A



B



C



D

T.F.B.

Abb. 1 Schematische Darstellung des Abbindevorganges. Bei der Wasseranlagerung entstehen voluminöse Gelmassen, welche in die wassergefüllten Zwischenräume hineinwachsen und sich zusammenschliessen. Die äussersten Gelschichten, die im Kontakt mit dem Wasser stehen, sind weich und nachgiebig, die inneren, im Bereich des Zementkornes, sind hart und steif.

A: Zementteilchen zwischen Sandkörnern unmittelbar nach der Wasserzugabe.

B: Die Oberfläche der Zementkörner wird vom Wasser rasch aufgeweicht. Schon beim Mischen bilden sich dünne Gelschichten. Nach dem Verdichten wird deshalb ein gewisser Zusammenhalt erreicht, doch bleibt die Masse plastisch verformbar («grüner Beton»).

C: Im «jungen Beton» haben sich die Gelmassen zwischen den Zementkörnern versteift. Die entstandenen Verbindungen sind fest, aber noch unvollständig und schwach, besonders auch die Kontakte zu den Zuschlagskörnern.

D: Beim Übergang zum «Festbeton» haben sich die Gelmassen weiter verfestigt und den Anschluss an die Oberflächen der Zuschlagskörner gefunden. Mehr als die Hälfte des freien Wassers ist chemisch gebunden, und nur von den anfänglich grössten Zementkörnern sind noch Reste an unhydratisierter Substanz vorhanden.

### 3. Verformungen

Die gezeigten Entwicklungszustände zeichnen sich vor allem durch spezielle Festigkeitseigenschaften aus. Anfänglich ist der Betonkörper in der Lage, äusseren Kräften oder inneren Spannungen durch plastisches Nachgeben zu folgen. Nicht nur beim «Frischbeton», der sich wie eine steife Flüssigkeit verhält, sondern auch noch beim «grünen Beton» ist dieses Verhalten ausgeprägt. Erschütterungen, Setzungen und Biegungen, wie sie etwa durch die noch im Gang befindlichen Betonarbeiten erzeugt werden, können in diesem Stadium keinen Schaden anrichten, besonders, wenn bei sehr harten Einflüssen die Möglichkeit der Nachvibration gegeben ist. Es ist aber darauf zu achten, dass der Übergang zur nächsten, steifverbundenen Entwicklungsstufe in kurzer Zeit und oft unvermittelt erfolgen kann.



Abb. 2 Feines Netz von «Schrumpfrissen», die frühzeitig unter einer glatten, undurchlässigen Schalung entstanden sind. Am Rand haben sich weniger Risse gebildet.

Im Zustand, der hier als «junger Beton» bezeichnet wird, ist der Betonkörper ausserordentlich empfindlich. Er hat die nachgebende Anpassungsfähigkeit fast vollständig verloren und eine genügende Festigkeit noch nicht gewonnen. Schon sehr kleine Verformungen führen zu Schädigungen des Gefüges. Diese Gefahr wird erst mit der Zunahme der Zugfestigkeit und dem Übergang zum «Festbeton» gebannt. Die Bruchverformung wächst wieder an, doch diesmal wegen der sich entwickelnden Fähigkeit zur elastischen Deformation. Das plastische Nachgeben wird demgegenüber immer kleiner, es wird zum «Kriechen», das nur noch sehr langsam verläuft und einem Endwert zustrebt.

#### 4. Auswirkungen

Im Stadium des «grünen Betons» können sich infolge der chemisch bedingten Volumenveränderung feine **Netzrisse** noch in der Schalung bilden. Der durch den Vorgang erzeugte Unterdruck schafft im Zementstein die sehr kleinen Hohlräume der Kapillarporen, die sich im Bereich der Kontaktfläche zur Schalung zu feinen Rissen zusammenschliessen können, wobei möglicherweise ein Temperaturunterschied zwischen innen und aussen mithilft (Abb. 2). Die Entstehung dieser frühzeitigen Netzrisse unter der



Abb. 3 «Setzungsrisse» infolge eines geringen Abgleitens von «jungem Beton» in der Schalung.

Schalung ist jedoch selten. Glatte und dichte Schalungsflächen sowie zementreicher Beton sind die wesentlichsten Bedingungen dafür (CB 23/1973).

**Frühschwindrisse** in offen liegendem «grünem Beton» sind verhältnismässig oft zu beobachten. In der Regel fallen sie recht breit aus und haben einen entsprechend grossen Abstand. Das ist ein Zeichen für die Bildung bei noch plastischer Verformung des Betonkörpers. Als Ursache ist eine Volumenverkleinerung der obersten Schicht infolge von Wasserverdunstung anzusehen. Auch hier ist es möglich, dass die Rissbildung durch einen Temperaturabfall zur Oberfläche gefördert wird. Im Betonkörper entsteht Hydratationswärme, während sich die Oberfläche infolge der Wasserverdampfung abkühlt. Die rasche Austrocknung wird besonders auch durch Wind gefördert (CB 23/1973).

Im «jungen Beton» entstehen **Setzungsrisse** in verschiedenen Formen. Schon den kleinsten Bewegungen der Schalung kann sich der Beton in diesem Entwicklungsstadium nicht mehr anpassen. Die entstehenden Risse oder Abtrennungen schliessen sich nicht mehr vollständig. Sie bleiben geschwächte Stellen, die sich aber meistens mit der Zeit durch Aussinterungen erholen. Drei Arten dieser Risse sind besonders zu beachten:



Abb. 4 Abstossen der Kante und Zementhautablösung als Folge von quellendem Schalungsholz bei «jungem Beton».

- der horizontale, mitunter recht breite Riss eines in Schalung sich setzenden Betonkörpers bei nachgebender Schalung oder anfänglich ungenügender Verdichtung (Abb. 3);
- die abgestossene Kante infolge quellender Holzschalung (Abb. 4);
- abschiefernde Untersichten infolge Erschütterungen (Abb. 5).



Abb. 5 Abscheren der Oberfläche von «jungem Beton» in einer Deckenschalung infolge von Durchbiegung oder Erschütterung.

**Zementhautablösungen** werden meistens nicht erst beim Ausschalen verursacht, sondern im Zustand des «jungen Betons» vorgebildet. Die Ursache sind geringfügige Verschiebungen beim Quellen oder Schüsseln des Schalungsholzes oder bei kleinen Setzungen (Abb. 5). Auch die Rüttelschwingungen, die sich von benachbarten Betonierstellen übertragen, können sich in dieser Weise auswirken (CB 22/1969).



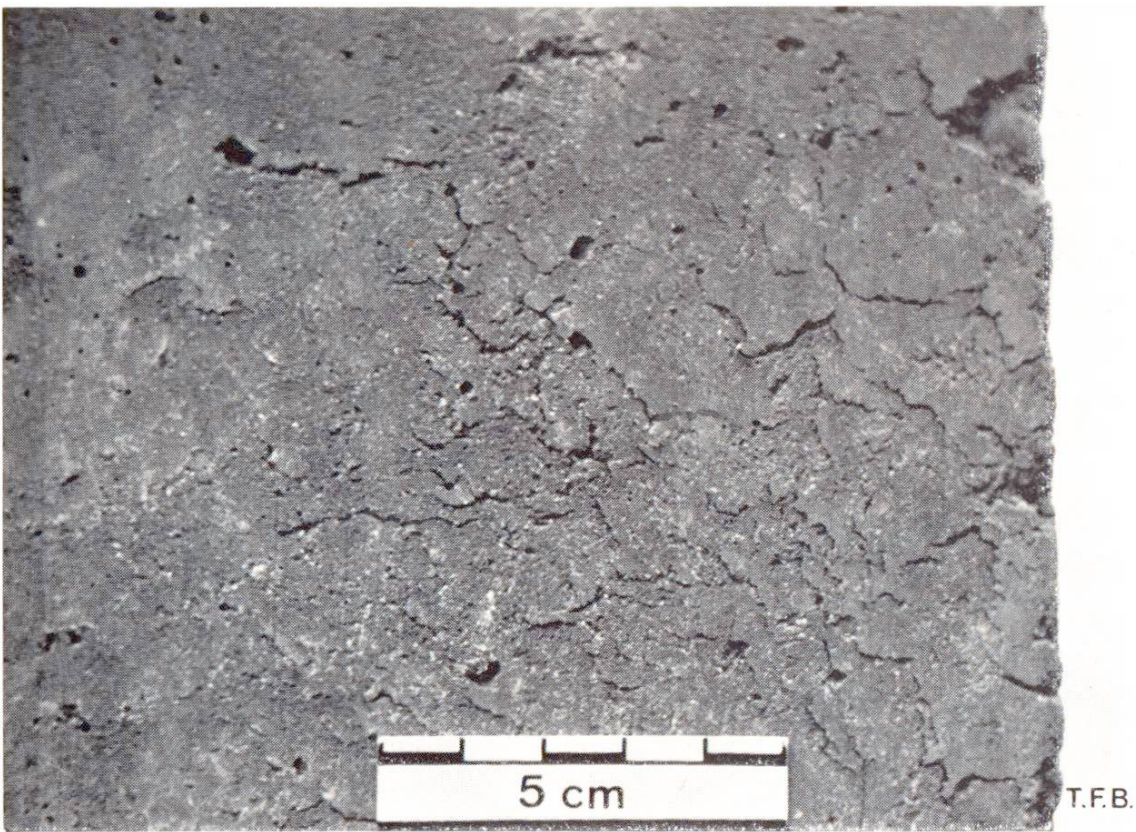


Abb.6 Setzungsrisse mit schuppenförmigen Zementhautablösungen infolge Reibung zwischen Schalung und «jungem Beton».

**Temperaturrisse** treten bevorzugt an «jungem Beton» auf, wenn sich die Oberfläche im Verhältnis zum erwärmten Kern übermässig abkühlt. Fördernde Umstände sind: zementreicher Beton, massige Bauteile, frühes Ausschalen, kühle Witterung, trockene, bewegte Luft, Nachbehandlung mit kaltem Wasser (CB 14,1969).

Zum Schluss noch den Hinweis auf die **allgemeine Gefahr von Beschädigungen** des «jungen Betons»: Bei verhältnismässig frühem Ausschalen ist deshalb stets erhöhte Sorgfalt angezeigt, denn der Beton befindet sich möglicherweise noch immer in seinem empfindlichen Entwicklungszustand. Dies ist hauptsächlich bei kalter Witterung der Fall.

U. A. Trüb

#### Literaturangaben

**Wierig**, Eigenschaften von «grünem, jungem Beton», «beton» **18**, 94 (1968).

**Wischers** und **Manns**, Ursachen für das Entstehen von Rissen in jungen Beton, «beton» **23**, 167 (1973).

**Weigler** und **Sieghart**, Junger Beton, Betonwerk- und Fertigteiltechnik (1974), 392.

Die Fotos sind dem Buch **Trüb**, Die Betonoberfläche, Bauverlag Wiesbaden 1973, entnommen.

**TFB**

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