

Zeitschrift: Cementbulletin
Herausgeber: Technische Forschung und Beratung für Zement und Beton (TFB AG)
Band: 18-19 (1950-1951)
Heft: 13

Artikel: Der Erhärtungsverlauf des Betons
Autor: [s.n.]
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-153270>

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

JANUAR 1951

JAHRGANG 19

NUMMER 13

Der Erhärtungsverlauf des Betons

Darstellung des Erhärtungsverlaufs vom Beginn bis zum Erreichen der «endgültigen» Festigkeiten. Mittel zum Beeinflussen des Erhärtungsverlaufs.

Die **neuzeitlichen Bindemittel** lassen in Stunden und Tagen Festigkeiten erzielen, zu welchen die Natur geologische Zeiträume, also Hunderttausende von Jahren braucht. Sie kommen damit dem modernen Streben, möglichst **zeitsparend** zu bauen, weitgehend entgegen. Man darf sogar behaupten, dass der Baufortschritt nicht mehr wie früher durch den Erhärtungsverlauf des Bindemittels bedingt ist, sondern durch die Vorbereitungsarbeiten (Projektieren, Genehmigungsverfahren, Schalen, Rüsten etc.), und dass das eigentliche Bauen einen wesentlich kleineren Zeitaufwand benötigt.

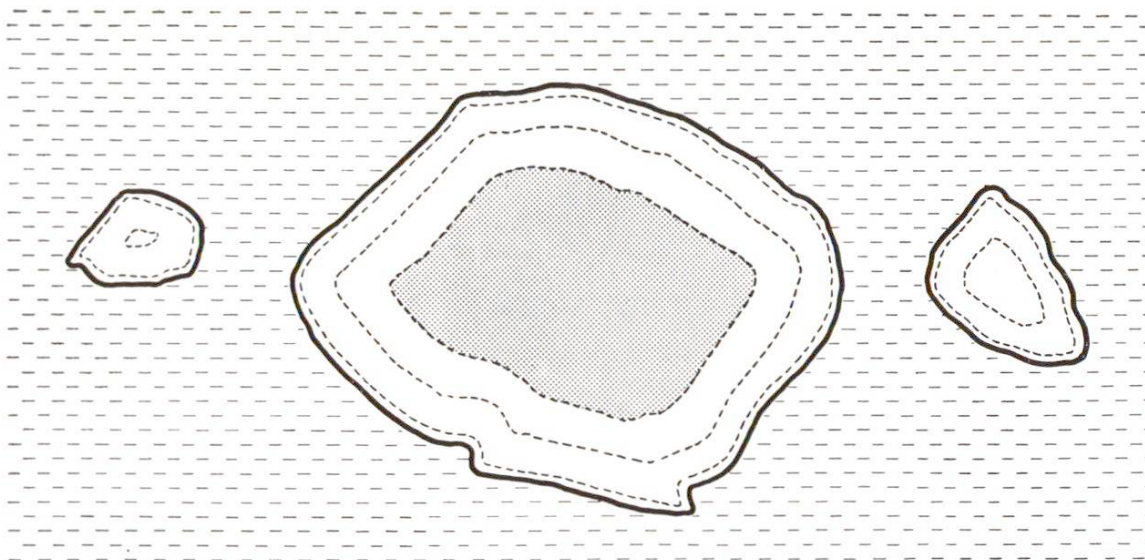
Je prompter normalerweise die Erhärtung des Betons eintritt, umso fühlbarer machen sich **äussere** und **innere Einflüsse** geltend. So ist z. B. bekannt, dass die **Temperatur** einen wesentlichen Einfluss auf den Erhärtungsverlauf des Betons ausübt, was wiederum beim Bauvorgang oder in den Cementwarenfabriken Störungen verursachen kann. Ein genauerer Einblick in die Art und Weise, wie der Beton Festigkeit erlangt, dürfte daher Interesse bieten.

2 Im wesentlichen macht der Beton 5 Stadien durch:

- a) lockeres Haufwerk **vor** dem Mischen
- b) formbar vom **Mischen** bis zur **Versteifung**
- c) halberstarrt vom **Abbindebeginn** bis um **Beginn** der Verfestigung
- d) erhärtend Beginn der Verfestigung bis zu einer **Festigkeit**, bei welcher ein einmaliger Frost keine Schädigung verursacht
- e) Nacherhärtung weitere Zunahme der Festigkeiten bis zur Erreichung der **Endfestigkeiten**.

Während das Mischen und Verarbeiten **Minuten** in Anspruch nimmt, dauert die Abbindereaktion schon **Stunden**, die Anfangserhärtung **Tage** oder Wochen und die Nacherhärtung **Jahre** und **Jahrzehnte**. Diese Entwicklung ist im wesentlichen die Folge der

$\frac{1}{100} \text{ mm}$



T.F.B.

Abb. 1 Die Einwirkung des Anmachwassers auf die Cementkörnchen nach verschiedenen Zeiten (stark vergrößert)

Nach 24 Stunden $\frac{1}{2000}$ Millimeter
Nach 1 Woche $\frac{1}{500}$ Millimeter
Nach 1 Monat $\frac{1}{250}$ Millimeter

dem Portlandcement innewohnenden Eigenschaften und ist durch die Zusammensetzung und die Fabrikation dieses Bindemittels bedingt (s. Cementbulletin Nr. 12, 1944 «Kristalle im Cement» und Nr. 21, 1949 «Die Erhärtung des Cements»); jedes einzelne Cementkörnchen, selbst das unfühlbar feine, verbindet sich an seiner

3 Oberfläche rasch mit dem Anmachwasser, jedoch dringt letzteres nur sehr langsam bis ins Innere der Körnchen ein (Abb. 1). Man nimmt an, dass das Wasser innert der ersten 24 Stunden etwa $\frac{1}{2000}$ Millimeter tief in das Cementkorn einwirkt, nach 1 Woche etwa $\frac{1}{500}$ Millimeter und nach 1 Monat etwa $\frac{1}{250}$ Millimeter tief.

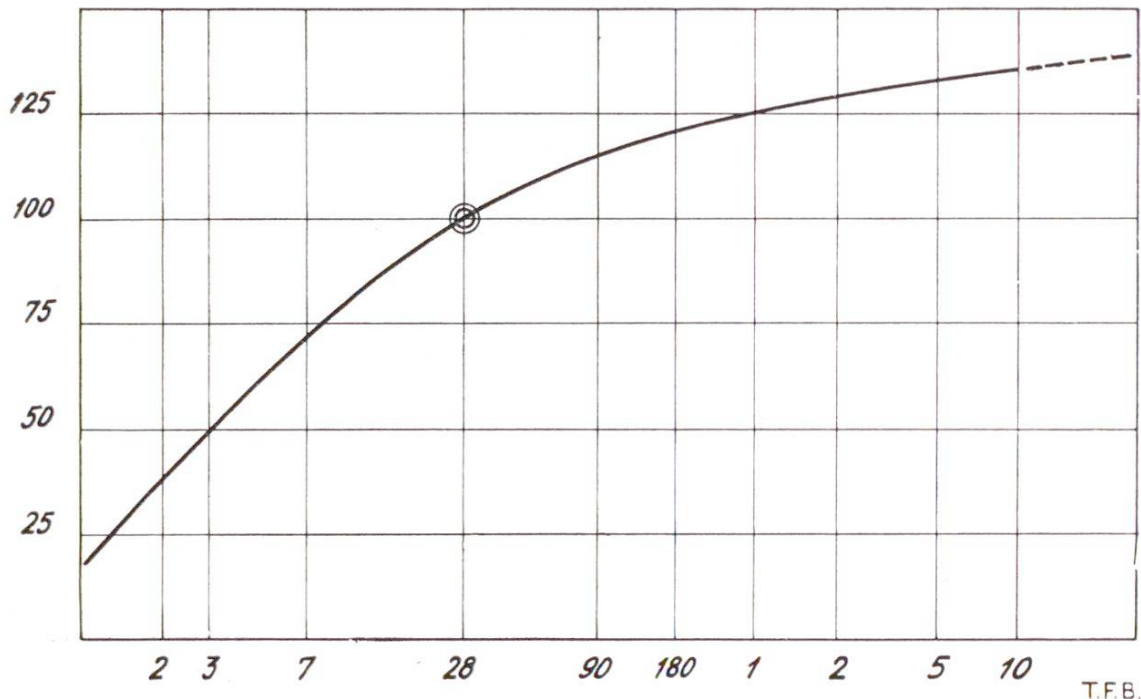


Abb. 2 Festigkeitsverlauf mit zunehmendem Alter des Betons.

Die Festigkeit im Alter von 28 Tagen ist mit 100% angenommen. Die Erhärtungszeit (in Tagen, bzw. Jahren) ist in logarithmischem Masstab aufgetragen. Dadurch werden die kürzeren Erhärtungszeiten auseinandergezogen und die längeren stark zusammengedrängt. Sowohl der Verlauf der Anfangs-, als auch der Endhärtung wird besser erkenntlich

Nun ist aber die **Wasserbindung gleichlaufend** wie die **Erhärtung**, wenn also die erstere aus irgend einem Grund (vorzeitige Austrocknung, Gefrieren etc.) unterbrochen ist, tritt auch so lange keine weitere Erhärtung ein. Angesichts dieser subtilen Verhältnisse ist verständlich, wenn nach der Verarbeitung und während der ersten Zeit der Erhärtung das Betongefüge nicht gestört werden darf und wenn selbst geringste Mengen artfremder Substanzen die zuverlässige Bindung zwischen den Cementkörnchen **behindern**. In der zeitlich geregelten Reaktion zwischen Cement und Wasser liegt die Bindekraft begründet, aber auch die meisten übrigen Eigenschaften, welche das Wesen des Cements ausmachen, so die Raumbeständigkeit, der Widerstand gegen Witterungseinflüsse und gegen Wasserdurchlässigkeit, Schwinden und Quellen etc.

4 Nach den geltenden Normen ist die Erhärtung bzw. die Festigkeit nach 28 Tagen massgebend. Wenn man diesen Erhärtungszustand zu Vergleichszwecken gleich 100 setzt und ferner entsprechend dem anfänglich schnellen, dann aber immer langsameren Erhärtungsverlauf die Zeitaxe logarithmisch einteilt, so liegen normalerweise die in jedem Zeitpunkt zu beobachtenden Erhärtungsverhältnisse in oder nahe der in Abbildung 2 gezeigten Kurve. Nach 3 Tagen ist also etwa die Hälfte und nach 7 Tagen sind $\frac{3}{4}$ der nach 28 Tagen zu beobachtenden Festigkeit erreicht. Innerhalb eines Jahres steigt sie jedoch **immer noch** um $\frac{1}{4}$ und hat selbst nach 10 Jahren noch nicht ganz den endgültigen Wert.

Natürlich geben diese **Verhältniszahlen** keine Auskunft über die absolute Festigkeit; diese ist bekanntlich von anderen Faktoren (Dosierung, Anmachwassermenge, Zusammensetzung und Qualität des Sandkieses, Verarbeitung etc.) abhängig. Allerdings haben

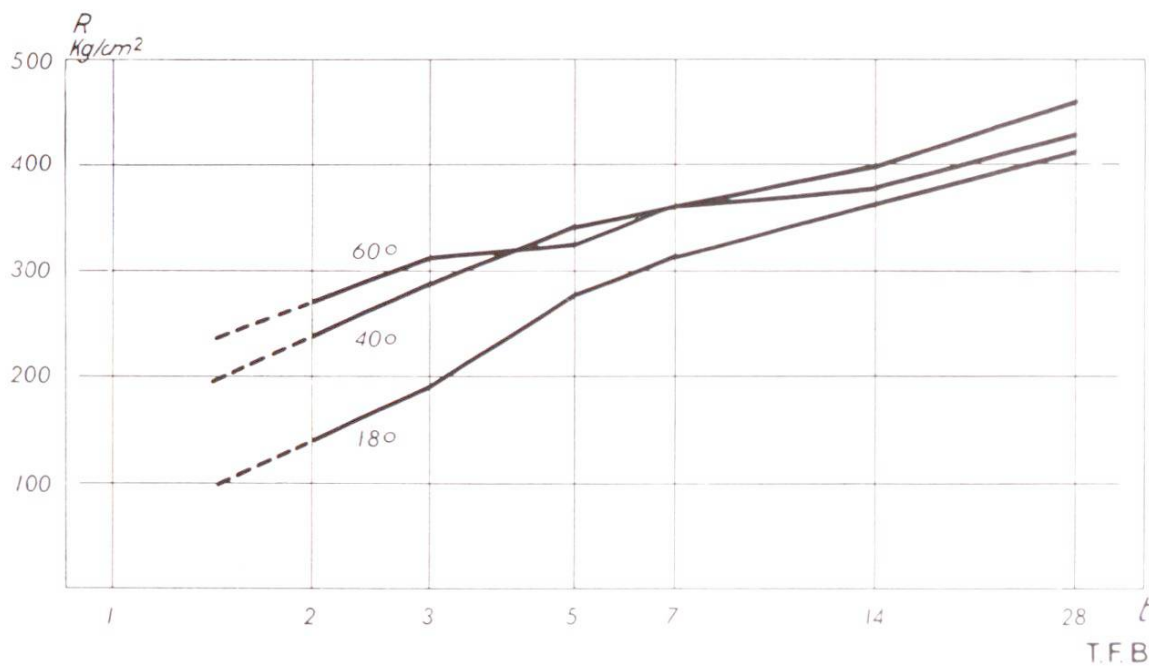


Abb. 3 Druckfestigkeiten von Beton bei verschiedenen Erhärtungstemperaturen

R Druckfestigkeit in kg/cm^2

t Erhärtungszeit in Tagen

diese genannten Faktoren auch auf den Erhärtungsverlauf einen gewissen, aber nicht ausschlaggebenden Einfluss. So **verzögert** z. B. ein **Wasserüberschuss** die Anfangserhärtung, was im Laufe der Zeit zum Teil ausgeglichen wird. Indessen kann ein wasserreicher Beton nie die Festigkeit eines wasserärmeren erreichen.

5 Besonders beachtenswert ist die **anfängliche Erhärtung**, also der Übergang vom formbaren zum festen Zustand. Der Beginn der Erhärtung ist durchaus willkürlich durch das Eintreten mechanischer Festigkeiten festgelegt. In Wirklichkeit beginnt die Erhärtungsreaktion eigentlich schon beim **ersten Wasserzutritt** und macht sich äusserlich zuerst als «Versteifung» des Betongemenges bemerkbar. Innerhalb der ersten Stunden wird die Versteifung immer ausgeprägter, bis der Beton schliesslich mechanischen Widerstand leistet. Während dieses Vorgangs des Abbindens sollte das Gefüge des Betons **keinesfalls gelockert** werden, ansonst mit dessen dauernder Beeinträchtigung zu rechnen ist. Erschütterungen, die nicht zum Auflockern führen, scheinen weniger nachteilig zu sein.

Der **Einfluss der Temperatur** auf den Erhärtungsverlauf ist sehr ausgeprägt, indem letzterer durch höhere als normale Temperaturen wesentlich beschleunigt wird, nahe des Nullpunkts sich aber äusserst verlangsamt. Durch **Gefrieren** wird die Erhärtung ganz **unterbunden**. Die Erwärmung des Betons ist also ein einfaches Mittel, um die Bildung der Anfangsfestigkeiten stark zu beschleunigen (Abb. 3). So kann man beispielsweise bei 60° schon nach 2 Tagen die Festigkeitswerte erreichen, die man bei normaler Temperatur erst nach 5 Tagen erhält. Bei der Nacherhärtung ist diese Beschleunigung weniger ausgeprägt, ein Beweis, dass sie **zeitabhängig** ist. Selbstverständlich ist bei der Erhärtung bei höheren Temperaturen ganz besonders darauf zu achten, dass der Beton **nicht** vorzeitig **austrocknet**. Sobald nicht mehr genügend Feuchtigkeit vorhanden ist, geht die Erhärtung nicht weiter; denn diese beruht nicht auf einer Austrocknung, sondern auf Wasserbindung (Nachbehandlung!).

Die Erhärtung kann auch durch **Salze** beschleunigt werden. Meist wird hierfür Chlorkalzium (Abfallprodukt der Sodafabrikation) angepriesen, jedoch ist bei den in Frage kommenden Zusätzen (bis 2% des Cementgewichts) mit mehrfach stärkerem Schwinden, evtl. mit Metallkorrosionen, Ausblühungen etc. zu rechnen.

Durch namhafte Beschleunigung der Anfangserhärtung und gesteigerte Gesamterhärtung zeichnen sich die **hochwertigen Portlandcemente** aus, welche mit Vorliebe dann verwendet werden, wenn

6 die an sich hohe Bindekraft der normalen Portlandcemente noch überschritten werden soll. Die Gleichmässigkeit und Reinheit der Cemente, welche durch die Normen gewährleistet ist, erlaubt eine sehr zuverlässige Einhaltung des Erhärtungsverlaufs; denn dieser ist ausschliesslich durch die Reaktion zwischen Cementkorn und Wasser bedingt und jeder Fremdkörper wirkt früher oder später störend.