Zeitschrift: Cementbulletin
Herausgeber: Technische Forschung und Beratung für Zement und Beton (TFB AG)
Band: 46-47 (1978-1979)
Heft: 23

Artikel: Beständigkeit von Beton bei höheren Temperaturen
Autor: [s.n.]
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-153618

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 08.07.2025

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

CEMENTBULLETIN

NOVEMBER 1979 JAHRGANG 47 NUMMER 23

Beständigkeit von Beton bei höheren Temperaturen

Temperaturbeständige Werkstoffe. Einflüsse von höheren Temperaturen auf den Zementstein. Veränderungen der Festigkeit. Zusammensetzung von Beton, der bei höheren Temperaturen beständig sein soll.

Es gibt Bauwerke oder Bauteile, bei denen Beton höheren Temperaturen ausgesetzt ist. Es beteht die Frage, wie sich Beton, der mit Portlandzement gebunden ist, dabei verhält, wie sich seine Eigenschaften verändern und wie gegebenenfalls besonders hitzebeständige Betone oder Mörtel hergestellt werden können.

Werkstoffe, welche höheren Temperaturen ausgesetzt sind, werden nach ihrem «Seger-Kegelfallpunkt» gekennzeichnet, und zwar:

Kategorie:	Kegelfallpunkt:
Hitzebeständige Werkstoffe	$<1520°C$
Feuerfeste Werkstoffe	1520–1830°C
Hochfeuerfeste Werkstoffe	$>1830°C$

Der Segel-Kegelfallpunkt ergibt sich aus einem konventionellen Test. Er zeigt diejenige Temperatur an, bei welcher ein kleiner kegelförmiger Probekörper aus dem betreffenden Material erweicht und zusammensinkt.

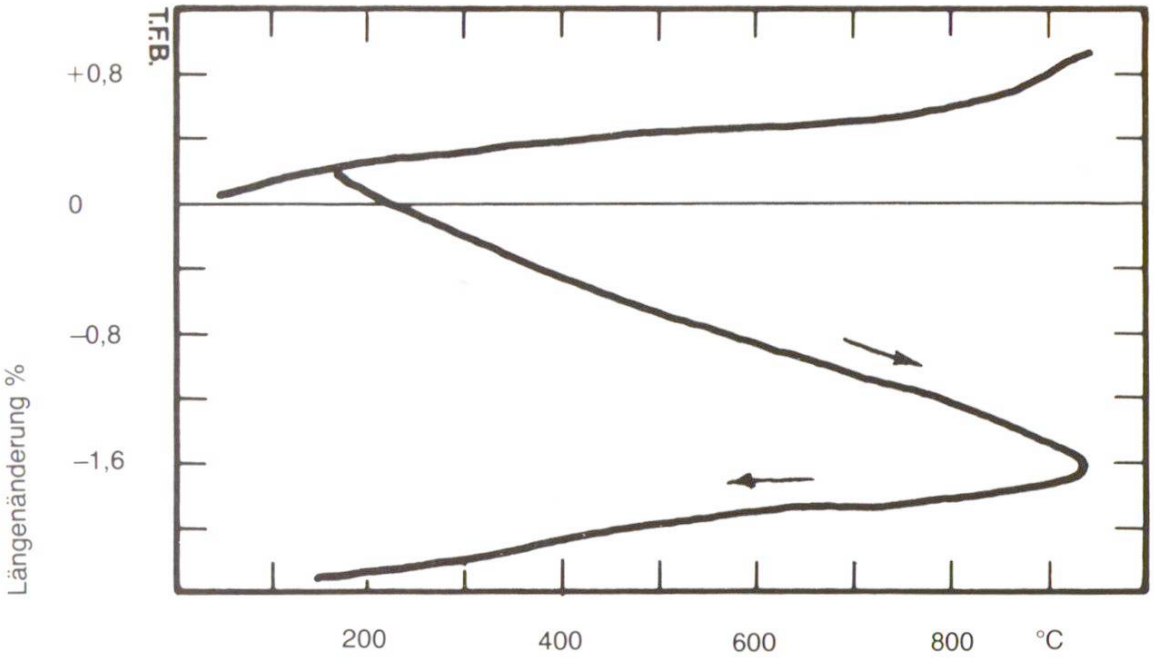

Abb. 1 Dehnung und Schwinden von Portlandzementstein bei erster Erhitzung (unten) und zweiter Erhitzung (oben) (nach Petzold und Röhrs).

Die **Bewährung** von Werkstoffen bei erhöhter Temperatur bezieht sich auf folgende Eigenschaften:

- Nur geringe Formänderungen unter den vorgesehenen Belastungen. Kein Fliessen.
- Die Temperaturbewegung sollte keine grösseren Volumenänderungen verursachen.
- Keine Treib- und Sprengwirkungen infolge chemischer Umwandlungen.
- Keine erhöhte chemische Aggressivität.

Es gibt keinen Werkstoff, der beliebig hohen Temperaturen standhält. Die Bewährungsgrenzen werden durch die Temperaturen gegeben, bei denen einzelne der angeführten Eigenschaften nicht mehr voll gewährleistet sind. Die genannten Seger-Kegelfallpunkte liegen demnach deutlich über den anzunehmenden Bewährungstemperaturen der Baustoffe.

Wie verhält sich nun der **Portlandzementstein,** das bindende Medium des Betons, bei steigenden Temperaturen? Die Grundlage zur Beantwortung dieser Frage ist die Zusammensetzung des Zementsteins,

 insbesondere seine verschiedenen Formen der Wasserbindung und sein ca. 30prozentiger Anteil an Calciumhydroxid $Ca(OH)_2$.

Zwischen 100 und 200°C entweicht zunächst das freibewegliche Wasser der Kapillarporen. Auch das in den Gelporen adsorbierte Wasser wird nach und nach flüchtig (s. Abb. 3, CB 7/78). Dieser Austrocknungsprozess ist bei ca. 400°C beendet. Er ist verbunden mit erheblichem Schwinden, das aber durch die Wärmedehnung teilweise kompensiert wird (s. Abb. 1). Die Druckfestigkeit wird in dieser Phase kaum beeinträchtigt.

Bei weiterem Temperaturanstieg von **400 bis 800°C** wird das chemisch gebundene Wasser des Calciumhydroxids und der Hydrate stufenweise abgespalten. Der Zementstein zersetzt sich, und die Festigkeit nimmt stark ab (s. Abb. 2).

Ein weiterer Temperaturanstieg auf über **900°C** bewirkt eine neue Festigkeitsbildung infolge keramischer Bindung. Die Substanzen sintern oder schmelzen teilweise und backen zusammen. Es entsteht ein gebranntes Produkt ähnlich dem Ziegelstein.

Es erhebt sich noch die Frage, was geschieht, wenn solchermassen gebrannter Zementstein sich wieder abkühlt und Feuchtigkeit aufnimmt. Normalerweise müsste er dabei zerspringen, weil neue starke Hydratisierungsreaktionen eintreten würden. Eine heftige und treibende Reaktion besteht insbesondere bei der Rückbildung des Calciumhydroxids (b):

a) Zersetzung bei ca. 500°C: $Ca(OH)_2 \rightarrow CaO + H_2O$
b) Hydratisierung bei 20°C: $CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2$

Solche Reaktionen der Rückhydratisierung werden vermieden durch die Zugabe von **«keramischen Stabilisatoren»,** welche das sich bildende Calciumoxid CaO bei den gegebenen hohen Temperaturen zu binden vermögen. Solche Wirkung haben u.a. feingemahlener Ziegelstein oder Schamotte.

Im Temperaturbereich bis 400°C, in welchem Portlandzementstein seine Festigkeit weitgehend beibehält, sind auch die gängigen **Zuschlagsgesteine** beständig. Für die eigentlichen hitze- und feuerbeständigen Betone ist hingegen der Zuschlag speziell auszuwählen. Quarz und Karbonat enthaltende Gesteine, also z.B. Sandsteine und Kalksteine, sind auszuschliessen, weil Quarzkristalle bei 575°C eine volumenvergrössernde Umwandlung erfahren und Calciumkarbonat bei ca. 800°C zerfällt.

Als **Zuschläge** für hitzebeständige Betone kommen in Betracht: Diabas, Basalt, Bims, Hochofenschlacke, Ziegelsplitt sowie gebrannte

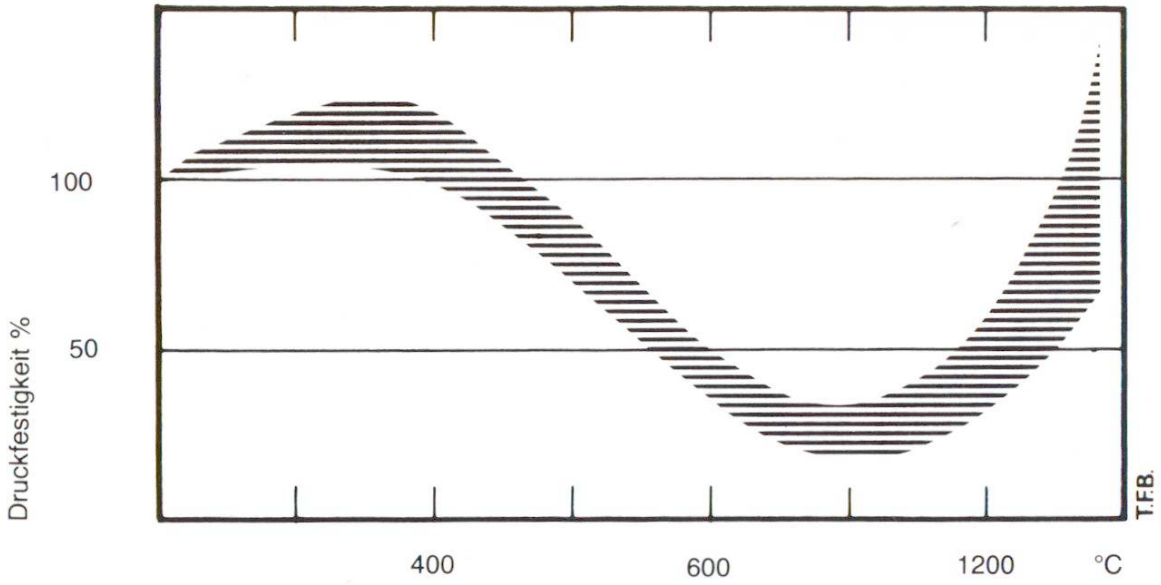

Abb. 2 Relative Kaltdruckfestigkeit von Portlandzementstein nach Erhitzen auf die angegebene Temperatur. Bereich der Messresultate verschiedener Autoren (nach Petzold und Röhrs).

Leichtzuschläge (z.B. Leca). Für feuerfeste Betone sind nur Zuschläge mit besonders guter Raumbeständigkeit und hohem Schmelzpunkt anzuwenden. Meistens sind es Schamotten, Brennprodukte aus speziellen Tonmischungen.

Die **Mischverhältnisse und Körnungen** der Betone und Mörtel für höhere Temperaturen unterscheiden sich grundsätzlich nicht von den gewöhnlichen Zusammensetzungen. Die Ausnahme besteht lediglich in der Zugabe des keramischen Stabilisators. Hierzu werden Ziegel- oder Schamottemehl der Feinheit 0–0,06 mm in einer Menge von mindestens 30 % des Zementgewichtes beigegeben.

Noch einige Bemerkungen zu **Verhalten und Anwendung:** Es ist angezeigt, Zement und Stabilisator vorzumischen und die porösen keramischen Zuschläge zum voraus gründlich zu nässen. Die Mischzeit ist auf mehrere Minuten auszudehnen. Das erstmalige Erwärmen des erhärteten Betons ist für seine spätere Bewährung wesentlich. In einer ersten Stufe erwärmt man den Bauteil langsam auf 150 °C und hält ihn zum Austrocknen einige Tage bei dieser Temperatur. In einem zweiten Schritt wird der Bauteil während 20 bis 30 Stunden auf Betriebstemperatur oder mindestens 1000 °C gebracht.

5 Zusammenfassung

- Gewöhnlicher Beton oder Mörtel mit Portlandzement bewährt sich im Gebrauch bis 300°C Dauerbelastung und bis 400°C Spitzenbelastungen. Schroffe Temperaturwechsel zerstören den Werkstoff.
- Hitzebeständige Betone können mit Portlandzement hergestellt werden, wobei Quarz- und Karbonat-haltige Zuschlagsgesteine ausgeschlossen werden müssen.
- Feuerfeste Betone können mit Portlandzement hergestellt werden, wobei als Zuschlag Schamotte-Sand und -Splitt angewandt werden.
- Bei hitzebeständigen und feuerfesten Betonmischungen mit Portlandzement muss zementfeines Ziegel- oder Schamottemehl zugegeben werden.

Tr.

Literatur:

K. Nekrassow, Hitzebeständiger Beton, Bauverlag, Wiesbaden, 1961
A. Petzold, H. Röhrs, Feuerbeton auf Portlandzement-Basis, Beton-Verlag Düsseldorf, 1965
H. Weigler, R. Fischer, Beton bei Temperaturen von 100–750°C, «beton» **18** (1968), 33
O. Hallauer, Zusammensetzung und Eigenschaften von Beton im Feuerungsbau, «beton» **19** (1969), 23/206

TFB

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