

# Zementgestein-Eigenschaften in 84 Jahre altem Eisenbeton

Autor(en): **Gebauer, J. / Harnik, A.B.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **92 (1974)**

Heft 33

PDF erstellt am: **23.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-72434>

## **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.

In den Jahren 1889/90 wurde in Wildeg, Aargau, eine armierte Betonbrücke nach der Monier-Bauweise erbaut (Stahlbetonbogen mit seitlich angebrachten Wangen, Spannweite 37,2m). Es dürfte sich dabei um die erste Betonbrücke der Schweiz handeln. Da diese Brücke in den letzten Jahren infolge Trockenlegung des Fabrikkanals nicht mehr verwendet werden konnte, bot sich die Gelegenheit, sie vor dem Abbruch durch einen Belastungsversuch auf ihr Tragverhalten und ihre Materialeigenschaften zu untersuchen. Diese Arbeiten wurden unter der Leitung der EMPA Dübendorf und unter Mitwirkung der Techn. Forschungs- und Beratungsstelle (TFB) Wildeg, der Holderbank Management und Beratung AG (HMB) Holderbank und des Institutes für Baustoffe, Werkstoffchemie und Korrosion der ETH Zürich durchgeführt. Es sollte dabei die Frage beantwortet werden, wie sich dieser Beton heutzutage verhält und welches seine Eigenschaften bzw. die des armierten Brückentragwerkes nach über 80jähriger Lebensdauer sind.

Der Belastungsversuch der Brückenkonstruktion [1] sowie auch die physikalisch-mechanischen Prüfungen des Betons und Stahls haben den sehr guten Zustand der Konstruktion und die hohe Qualität des Betons erwiesen. Die Betondruckfestigkeit, an 50 Bohrkernen (Durchmesser 5 cm) ermittelt, lag im Mittel bei 620kp/cm<sup>2</sup>. Die Stahlbewehrung wies nur an wenigen Stellen Rost auf. Der gut verdichtete Beton war durch Frosteinwirkung nur sehr wenig geschädigt und gab der Stahlbewehrung einen guten Schutz gegen Korrosion.

Der Beton wurde vermutlich mit einem natürlichen Kies-Sand-Gemisch aus der Umgebung und mit gewöhnlichem Portlandzement hergestellt, dessen Anteil nach Berechnung aus der chemischen Zusammensetzung des Betons etwa 550 kg/m<sup>3</sup> betrug.

Die Mikrostruktur und die Zusammensetzung des Zementsteins wurden mittels Rasterelektronenmikroskop (REM), chemischer und thermischer Analysen (Differentialthermoanalyse DTA) sowie Röntgendiffraktion untersucht.

Dazu wurde aus der Oberseite des Brückenscheitels, in Achsnähe, eine rund 15kg schwere Betonprobe entnommen (Bezeichnung S1). Die Betondruckfestigkeit von Bohrkernen dieser Probe betrug 658kp/cm<sup>2</sup> bei einem Raumgewicht von 2,25 t/m<sup>3</sup>. Die groben Zuschlagkörner wurden so gut wie möglich mechanisch entfernt, so dass als Probenmaterial der «Zementstein» mit Feinsandanteil übrigblieb.

Mit Hilfe des REM wurden mehrere Zementsteinproben mit je rund 1cm<sup>2</sup> Oberfläche untersucht. Der Zementstein zeigt häufig eine faserförmige Ausbildung. Die einzelnen erkennbaren Faserdurchmesser liegen bei etwa 0,1 µm. Nicht selten sind die Fasern miteinander verbunden und mit den hexagonalen Plättchen von Kalziumhydroxid, Ca (OH)<sub>2</sub>, ver-

wachsen (siehe Bild 1). Die offenbar später an der Oberfläche aufgewachsenen Nadelchen könnten aus Kalziumsilikathydrat oder auch möglicherweise aus Kalziumkarbonat (Ca CO<sub>3</sub>) bestehen, das aus der Reaktion des Kalziumhydroxids mit der Luftkohlendioxid entstand. Eine andere Form der Mikrostruktur zeigt Bild 2: Die gut entwickelten grösseren stengeligen Teilchen deuten auf eine Tobermorit-ähnliche Ausbildung (Kalziumsilikathydrat), wie sie u. a. von *Brunauer* [2], *Feldman* and *Sereda* [3] und *Esenwein* [4] beschrieben wurde. Die Länge dieser Nadelchen beträgt bis 20 µm, ihr Durchmesser bis 0,5 µm.

Die chemische Zusammensetzung des Zementsteins entspricht derjenigen eines gut hydratisierten Portlandzementes. Bemerkenswert ist der auffallend niedrige SO<sub>3</sub>-Gehalt (0,49%), der darauf schliessen lässt, dass damals ein Zement mit vermutlich noch keinem Gipszusatz zur Abbinderegulation verwendet wurde. Mittels der thermischen und röntgenographischen Analysen wurden ein hoher Anteil an Kalziumhydroxid (4,6%) und an chemisch gebundenem Wasser (6,5%), jedoch nur ein sehr geringer Gehalt an nicht hydratisierten Klinkermineralien (C<sub>3</sub>S, C<sub>2</sub>S, C<sub>3</sub>A) gefunden. Von den Zementhydraten konnte ein Kalziumsilikathydrat (Tobemorit-ähnlich) und hexagonales Aluminiumhydrat identifiziert werden. Der hohe Gehalt an Kalziumhydroxid weist darauf hin, dass der Zementstein praktisch kaum karbonatisiert ist.

Gesamthaft gesehen erweist sich der über 80 Jahre alte Zementstein chemisch und mineralogisch als nicht wesentlich verschieden von einem jüngeren Zementstein. Es hat sich gezeigt, dass er nahezu vollständig hydratisiert ist. Diese Tatsache steht in Übereinstimmung mit der sehr hohen Betondruckfestigkeit und dem guten allgemeinen Zustand des ganzen Brückenwerkes. Die Untersuchungen haben erwiesen, dass die Eigenschaften des Portland-Zementsteins sogar nach mehr als 80jährigen Gebrauch nicht beeinträchtigt sind.

## Literatur

- [1] *M. Ladner*: Die statischen Versuche an der Monier-Brücke in Wildeg. 63. Jahresbericht des Vereins Schweiz. Zement-, Kalk- und Gipsfabrikanten, 1974, S. 60-67.
- [2] *S. Brunauer*: Tobermorite gel - the heart of concrete. «American Scientist», 1962, 50, p. 210-229.
- [3] *R. F. Feldman, P. J. Sereda*: A new model for hydrated portland cement and its practical implications. «Nat. Res. Counc. Canada», 1970, Res. Paper No. 454.
- [4] *P. Esenwein*: Über die Struktur des Zementsteins. «Cementbulletin», 1972, Nr. 8.

Adresse der Verfasser: Dr. *J. Gebauer*, Holderbank Management und Beratung AG, 5113 Holderbank, und Dr. *A. B. Harnik*, Institut für Baustoffe, Werkstoffchemie und Korrosion, ETH Zürich, 8006 Zürich, Sonneggstrasse 3.

Bild 1. Dichte Aggregate dicktafeliger Blättchen, die teilweise recht genaue hexagonale Querschnitte (120°-Winkel zwischen den Kanten) besitzen. Winzige Nadelchen sind vor allem auf den Kanten zahlreich aufgewachsen

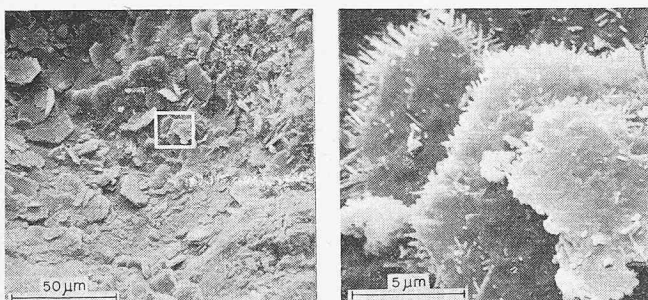


Bild 2. In einem Hohlraum gut entwickelte, dickere Nadeln, vermutlich eine Tobermorit-ähnliche Ausbildung. Am Grunde des Hohlraumes zieht sich ein Mikroriss von rd. 0,5 µm Breite hin. Das rechte Bild gibt je einen nochmals vergrösserten Ausschnitt des linken wieder

