

Ueli Helfenberger

Diplomand	Ueli Helfenberger
Examinator	Prof. Felix Wenk
Experte	Daniel Naterop, Huggenberger AG, Horgen, ZH
Themengebiet	Konstruktion

# Untersuchung des Kraftverlaufs im Betonkörper

## mithilfe von Faseroptik und Schwingsaitentechnologie



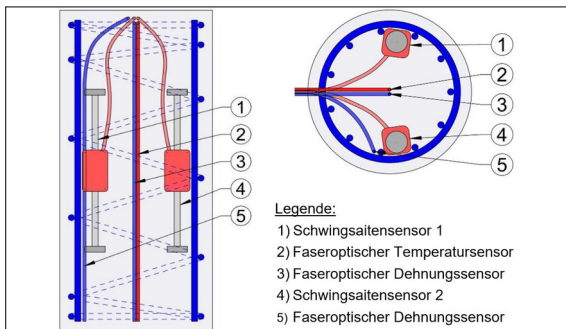
Prüfkörper 7 (li.: Aufbau, mitte: Schwindrisse nach 40d und nach Temperaturversuch, re.: Abplatzungen nach Bruchversuch)

**Einleitung:** In Bauteilen aus Beton entstehen aus verschiedenen Gründen Spannungen, welche eine Stauchung oder Ausdehnung der Bauteile zur Folge haben. U. a. folgende Einflussfaktoren bestimmen die Dehnungen in Betonbauteilen:

- einwirkende Belastungen
- Schwinden des Betons
- Kriechen des Betons
- Temperatur- und Feuchtigkeitsveränderungen

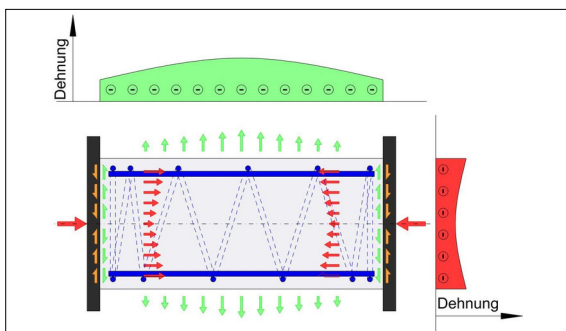
Daneben werden diese Parameter durch materialbedingte Eigenschaften wie der Gesteinskörnung, des Elastizitätsmoduls und des Ausdehnungskoeffizienten beeinflusst. Auch die Porosität und der Wasser-Zement-Wert haben einen Einfluss auf das Dehnungsverhalten. Mittels Prüfkörpern mit unterschiedlichem Aufbau und Eigenschaften wurden die Einflussfaktoren untersucht und die Besonderheiten bei den zwei angewandten Messtechnologien ermittelt.

**Vorgehen:** Es wurden sieben Prüfkörper mit unterschiedlichem Aufbau hergestellt und mit Messsensoren ausgestattet. Die Dehnungen sollen mit zwei voneinander unabhängigen Messprinzipien bestimmt werden. Es wurden Schwingsaiten-Dehnungsaufnehmer von der Firma Sisgeo SRL und faseroptische Dehnungssensorkabel von der Firma Brugg Kabel AG eingebaut. Dies zeigt die Abbildung 2. Nach Studium der theoretischen Grundlagen der beiden Messprinzipien sowie verschiedener Einflussfaktoren auf das Dehnungsverhalten von Stahlbeton wurde ein Versuchsprogramm erstellt. Dieses Versuchsprogramm beinhaltet Belastungs-, Temperatur- und Feuchtigkeitsversuche. Die betonspezifischen Eigenschaften, wie der E-Modul und der Ausdehnungskoeffizient wurden anhand der Dehnungen bestimmt und mit Erfahrungswerten verglichen. Zudem wurden die Zustände der Prüfkörper dokumentiert, welche in Abbildung 1 ersichtlich sind.



Eingebaute Messsensoren (links: Seitenansicht Prüfkörper 7, rechts: Grundriss Prüfkörper7)

**Ergebnis:** Die Auswertung der Versuche zeigte, dass die angewandten Messprinzipien nicht immer übereinstimmen. Beispielsweise wurden die Messwerte der faseroptischen Dehnungssensorkabel beim Temperaturversuch durch die Ofentemperatur beeinflusst. Darauf registrierten die Sensoren unrealistisch grosse Ausdehnungen. Bei den Schwingsaitensensoren entstanden bei erhöhten Temperaturen ebenfalls Messfehler, weil der Beton gegenüber dem Sensor einen anderen Ausdehnungskoeffizienten aufweist. Durch den Vergleich der beiden Messprinzipien konnten Messtoleranzen der betonspezifischen Eigenschaften bestimmt werden. So konnte aufgezeigt werden, dass durch die Inhomogenität des Betons der E-Modul an jeder Stelle unterschiedlich ist. Dadurch resultieren infolge der Belastungen örtlich unterschiedliche Dehnungen. Die Sensoren messen sehr genau und können Dehnungen im  $\mu$ -Bereich aufzeichnen, wodurch auch der Spannungsverlauf analysiert werden konnte. Die Untersuchung der Spannungsverläufe hat ergeben, dass die Dehnungen sich vereinfachen wie in Abbildung 3 darstellen lassen. Des Weiteren haben die Messsensoren in den ersten Stunden nach dem Betonieren Ausdehnungen aufgezeichnet. Diese können möglicherweise auf die Volumenzunahme durch die Kristallbildung im Zementstein zurückgeführt werden.



Dehnungen eines Prüfkörper mit axialer Belastung (gedreht)