



# Beton und seine Prüfungen zum Zweiten

Beton wird in verschiedensten Bereichen eingesetzt. Und weil verschiedene Bereiche unterschiedliche Anforderungen an das Material stellen, stehen zahlreiche Prüfungen zur Verfügung. Dies ist der Folgeartikel des Beitrages «Beton und seine Prüfungen – Teil 1» in die baustellen 12/08. Text: Boris Philippsen, Bereichsleiter Beton IMP Bautest AG // Fotos: zvg

So wie es eine Vielzahl von unterschiedlichen Anforderungen an Beton gibt, so muss es ebenfalls eine Vielzahl von Prüfungen geben, mit denen man diese unterschiedlichen Anforderungen messtechnisch erfassen kann und somit prüfen kann, ob die für die Standsicherheit und Funktionsfähigkeit des Gebäudes notwendigen Betoneigenschaften erfüllt werden. Im Folgenden werden die am häufigsten durchzuführenden Festbetonprüfungen vorgestellt, zu denen die Prüfung der Druckfestigkeit, Wasserleitfähigkeit, des Chloridwiderstands, der Frosttausalzbeständigkeit, der Sulfatbeständigkeit, des Schwindens, des Kriechens, des E-Moduls und der Wassereindringtiefe unter Druck gehören.

## Folgenkosten vermeiden

Die Festbetonprüfung dient wie die Frischbetonkontrolle dem Qualitätsnachweis und der Qualitätssicherung, sowohl bei der Betonproduktion als auch auf der Baustelle, um die geforderten Betoneigenschaften zu garantieren und hohe Folgekosten für Nach-

besserungsarbeiten vermeiden zu können. Die Betonprüfungen werden zur Produktionskontrolle eingesetzt und von den Betonwerken und auf den Baustellen ständig, in regelmässigen Abständen, durchgeführt. Werden bei der Frischbetonkontrolle Kennwerte vor dem Einbringen des Betons in die Schalung durchgeführt, so wird bei der Festbetonprüfung ermittelt, ob die geforderten Plangrössen erreicht sind. Bei der Festbetonkontrolle wird am erstarrten Beton geprüft, ob die nötigen Kenngrössen tatsächlich erreicht werden. Dies geschieht in den meisten Fällen nach einer Aushärtungszeit von 28 Tagen, in speziellen Fällen auch zu einem früheren oder späteren Zeitpunkt, wenn der Beton z. B. noch vor Ablauf der 28 Tage Lasten aufnehmen soll (z. B. Spannbeton, Betonfahrbahnen). Die Prüfungen am Festbeton kann man in zwei Untergruppen aufteilen, nämlich in die zerstörungsfreien Prüfungen, bei denen Kennwerte am Probekörper oder direkt am Bauwerk genommen werden ohne diese zu zerstören, und die zerstörenden Prüfungen, bei denen die

Probekörper im Laufe der Prüfung zerstört werden. Als Probekörper kommen genormte Würfel, Zylinder, Prismen oder Platten in Frage, die beim Erstellen der jeweiligen Bauteile hergestellt werden. Des Weiteren können Probekörper bei der Frischbetonkontrolle hergestellt werden oder es werden Bohrkern direkt am zu prüfenden Bauteil entnommen.

## Prüfung der Druckfestigkeit

Die bekannteste Festbetonprüfung ist die der Druckfestigkeit. Sie wird an Würfeln (SN-EN 206-1 empfiehlt 150x150x150 mm) oder Zylindern (Durchmesser 150 mm und Länge 300 mm) im Alter von 28 Tagen an mindestens 3 Prüfkörpern durchgeführt. Die Druckfestigkeit ergibt sich aus maximaler Kraft bezogen auf die belastete Fläche [N/mm<sup>2</sup>]. Aus den gewonnenen Ergebnissen lässt sich der Beton den jeweiligen Betonfestigkeitsklassen zuordnen (z. B. C25/30, hierbei entspricht die 25 einer Druckfestigkeit von mindestens 25 N/mm<sup>2</sup> für den Zylinder und 30 N/mm<sup>2</sup> der Mindestdruck- ▶



festigkeit vom Würfel). Die Druckfestigkeit lässt sich in ähnlicher Weise auch an Bohrkernen bestimmen. Aufgrund der Druckfestigkeit kann man andere Festigkeiten, wie die Biegezugfestigkeit, Spaltzugfestigkeit und zentrische Zugfestigkeit schätzen. Die Biegezugfestigkeit lässt sich mittels der Formel  $0.46 \cdot \sqrt{\text{Druckfestigkeit}^2}$  abschätzen.

#### Bestimmung der Wasserleitfähigkeit

Die Wasserleitfähigkeit  $q_w$  (SIA 262/1 Anhang A) ist eine Anforderung an Betons der Expositionsklassen XC4 und der Expositionsklassen XD1–XD3. Durch ein spezielles Tränk- und Trockenverfahren an Bohrkernen (im Normalfall 5 Stück, Durchmesser 50 mm) werden die Wasserleitfähigkeit  $q_w$ , die füllbaren Poren und die Gesamtporosität bestimmt. Die Wassermenge  $q_w$  [g/m<sup>2</sup>·h] ist die, die von einem Bauteil von 20 mm Dicke pro Stunde und m<sup>2</sup> aufgenommen wird. In der Regel gewährleistet ein Beton mit einer Wasserleitfähigkeit  $q_w \leq 10$  mm bei nicht-drückendem Wasser trockene Innenwände und wird als wasserdicht beurteilt.

Der Chloridwiderstand (SIA 262/1 Anhang B) ist eine Anforderung an Betons der Expositionsklassen XD. Wobei die Anforderungen an den Chloridwiderstand von XD1 nach XD3 steigen. Die Prüfung wird meistens an fünf Bohrkernen mit einem Durchmesser von 50 mm durchgeführt. Wobei Chloridionen durch Anlegen einer

Spannung an wassergesättigte Prüfkörper eingetragen werden. Am gespaltenen Bohrkern wird die Eindringtiefe der Chloridionen bestimmt. Daraus, sowie aus weiteren Parametern, wird der Chloridmigrationskoeffizient  $D_{cl}$  in m<sup>2</sup>/s berechnet.

#### Wie wirken Frosttausalze?

Für die Prüfung des Frosttausalzwiderstands gibt es unterschiedliche Prüfungen, hier wird die Prüfung nach SIA 6 Anhang C vorgestellt. Sie ist zur Bestimmung des Verhaltens von Beton bei Frost- und Taumittelwirkung vorgesehen (Expositionsklassen XF) und wird an Bohrkernen oder Platten durchgeführt. Die Prüfung wird an einer vertikalen Schallfläche vorgenommen. Auf die Probe wird hierzu eine Salzwasserlösung aufgebracht und es werden 8 Frost-/Tauzyklen durchgeführt. Nach 7, 14 und 8 Zyklen wird die abgelöste Betonmenge bestimmt. Für eine hohe Frosttausalzbeständigkeit (Expositionsklasse XF 4) sollte die abgelöste Betonmenge  $m \leq 00$  g/m<sup>2</sup> sein oder wenn diese Forderung nicht erreicht wird, aber  $m \leq 600$  g/m<sup>2</sup> ist, sollte die abgelöste Menge in den zweiten 14 Zyklen  $\leq$  als in den ersten 14 Zyklen sein. Die Frosttausalzbeständigkeit ist bei  $m \geq 3800$  g/m<sup>2</sup> gering.

#### Volumenveränderung durch Sulfat

Kommt der Beton in Kontakt mit Wasser, Grundwasser oder Untergrund mit erhöh-

tem Sulfatgehalt, so kann es notwendig sein zu prüfen, ob der Beton eine ausreichende Sulfatbeständigkeit hat (SIA 262/1 Anhang D). Die Prüfung wird an sechs Bohrkernen mit einem Durchmesser von 28 mm durchgeführt. Hierbei werden die Probekörper wechselnd getrocknet und in einer sulfathaltigen Lösung gelagert. Eindringendes Sulfat kann mit Bestandteilen des Probekörpers reagieren und zu einer Volumenveränderung führen. Die zu berechnende Sulfatdehnung  $\Delta l$  sollte für eine hohe Sulfatbeständigkeit  $\leq 0.5$  ‰ sein.

Das Schwinden und Kriechen (SIA 262/1 Anhang F) von Beton wird durch die Verkürzung des unbelasteten Betons aufgrund von Austrocknung (Schwinden) bzw. die zeitabhängige Zunahme der Verformung unter andauernder Spannung (Kriechen) bestimmt. Die Prüfung wird an mindestens zwei Prismen (120x120x360 mm) durchgeführt. Die Nullmessung beim Schwinden wird 24 Stunden nach der Probekörperherstellung durchgeführt. Sowohl das Schwindmass  $\epsilon_{cs}$  als auch das Kriechmass  $\epsilon_{cc}$  werden in ‰ angegeben.

Der Elastizitätsmodul (SIA 262/1 Anhang G) ist ein Kennwert für das elastische Verformungsverhalten eines Betons. Der E-Modul wird an Prismen, Zylindern oder Bohrkernen bestimmt, wobei je nach Grösstern und Grösse des Prüfkörpers drei bzw. fünf Probekörper benötigt werden. Im Rahmen der Prüfung wird der Probekörper dreimal mit einem Teil seiner Druckfestigkeit belastet und wieder entlastet. Die eigentliche Bestimmung des E-Moduls erfolgt bei dem dritten Zyklus. Der E-Modul gibt das Verhältnis der Spannung  $\epsilon$  zur zugehörigen elastischen Dehnung  $\sigma$  an:  $E = \sigma/\epsilon$  [N/mm<sup>2</sup>].

#### Wassereindringtiefe unter Druck

Als letzte wesentliche Prüfung ist die der Wassereindringtiefe unter Druck zu nennen. Da die Wasserleitfähigkeit keine Aussage zur Dichtigkeit des Betons unter Wasserdruck zulässt, ist in SN EN 12390-8 das Bestimmen der Wassereindringtiefe unter Druck beschrieben. Hierbei wird Wasser unter einem Druck von 5 bar für 72 Stunden auf die Oberseite eines Prüfkörpers (Würfel, Prisma, Zylinder oder Bohrkern) aufgebracht. Anschliessend wird der Probekörper gespalten und der Verlauf der Wassereindringung bestimmt. Als Richtwert kann man annehmen, dass ein Beton mit einer maximalen Eindringtiefe von 50 mm als wasserdicht gilt. ■