



# Beton und seine Prüfungen

Beton wird in verschiedensten Bereichen eingesetzt. Und weil verschiedene Bereiche unterschiedliche Anforderungen an das Material stellen, stehen zahlreiche Prüfungen zur Verfügung. Text: Boris Philippsen, Bereichsleiter Beton IMP Baustest AG // Fotos: zvg

Beton ist einer der vielseitigsten Baustoffe, den wir kennen. Er findet Anwendung in unterschiedlichsten Bauwerken, vom Strassenbau über den Geschäfts- und Wohnungsbau bis hin zum Ingenieurbau. Für jede Anforderung hat der Beton spezielle Erwartungen zu erfüllen. Diese reichen von so grundlegenden Dingen wie Druck- und Biegezugfestigkeit über Frostbeständigkeit, Wasserundurchlässigkeit, Sulfatbeständigkeit bis hin zum vorbeugenden baulichen Brandschutz. Da es technisch und wirtschaftlich keinen Sinn macht, all diese Eigenschaften immer gleichzeitig in einem Produkt zur Verfügung zu haben, gibt es eine Vielzahl von verschiedenen Betonsorten. So besteht zwar jeder Beton aus Zement, Zuschlag, Wasser und gegebenenfalls Zusatzstoffen, doch es können sowohl die Ausgangsstoffe wie auch deren Anteile variieren, somit ist die Zahl der möglichen Variationen nahezu unendlich gross.

## Vielzahl von Prüfungen

Aufgrund der vielfältigen Einsatzmöglichkeiten ist es notwendig, dass im Rahmen

der Planung des jeweiligen Projekts die Anforderungen an die verschiedenen Bauteile definiert und in den Ausführungsunterlagen festgeschrieben werden. Die Bauunternehmungen müssen bei der Herstellung der Betonbauteile durch regelmässige Überwachung aller Tätigkeiten sicherstellen, dass ihre Leistung in Übereinstimmung mit den Projektbeschreibungen und den geltenden Regelwerken erfolgt. Zur Gewährleistung der Standsicherheit und der Schadensfreiheit von Betonbauwerken werden Prüfungen an Frisch- und Festbeton vorgenommen. Aufgrund der Vielzahl von unterschiedlichen Betoneigenschaften gibt es auch eine Vielzahl von Prüfungen, die man an Beton durchführen kann. Diese Prüfungen kann man grob in drei Gruppen einteilen. Die eine Gruppe ist die Frischbetonkontrolle, bei der der frische, noch plastische Beton geprüft wird, wie er im Betonwerk oder im Fertigteilwerk hergestellt und auf der Baustelle angeliefert wird. Die Festbetonprüfungen, die nach dem Erstarren des Betons durchgeführt werden, bilden

die nächste Gruppe. Diese kann man dann noch nach Prüfungen unterteilen, die die Qualität des neuen Betons kennzeichnen oder die der Zustandsanalyse eines Betonbauteils dienen. Im Weiteren wird auf die Prüfungen am Frischbeton eingegangen.

## Kellerboden oder Brückenpfeiler

Die Frischbetoneigenschaften sind die Steuergrössen für die Betonqualität und speziellen Festbetoneigenschaften, wie beispielsweise Frostbeständigkeit und Wasserdichtigkeit. Je nach Bedeutung des Bauwerks und des jeweiligen Bauteils ist festzulegen, welche Art und welchen Umfang die Qualitätsprüfungen am Beton haben müssen. So ist es bestimmt ein Unterschied, ob ein Kellerboden eines Einfamilienhauses herzustellen ist, ein Brückenpfeiler oder der Reaktor eines Kernkraftwerkes. Die Frischbetonprüfung kann unterschiedliche Arten von Prüfungen enthalten. Sie setzt sich im Normalfall aus Prüfungen der Rohdichte, des Wasserzementwerts, des Luftporengehalts, der ▶



Konsistenz und der Betontemperatur zusammen. Je nach verwendeter Betonsorte oder je nach gewünschten Anforderungen können auch noch weitere Prüfungen notwendig werden, wie zum Beispiel jene des Stahlfasergehalts. Betonprüfungen dienen sowohl dem Qualitätsnachweis als auch der Qualitätssicherung. Sie werden zur Produktionskontrolle eingesetzt und von den Betonwerken ständig, in regelmässigen Abständen, durchgeführt. Die Frischbetonkontrolle stellt aber auch einen wichtigen Teil der Qualitätssicherung auf der Baustelle dar. So findet dort zum einen die Übergabe der Ware Beton vom Betonwerk an den Unternehmer statt und zum anderen kann nur zu diesem Zeitpunkt auf einfache, zerstörungsfreie Art und Weise festgestellt werden, ob der richtige Beton eingebaut wird. Notfalls erhält man innerhalb von wenigen Minuten zumindest einige wichtige Kenngrössen und kann noch vor dem Einbau entscheiden, ob der angelieferte Beton den Bedürfnissen des zu erstellenden Bauteils entspricht oder nicht.

#### Relevante Masse

Der Beton muss ein gutes Zusammenhaltevermögen und eine gute Verarbeitbarkeit aufweisen, um ohne wesentliches Entmischen transportiert, gefördert, eingebaut und verdichtet werden zu können. Um die Verarbeitbarkeit quantitativ zu bestimmen, steht das Mass der Konsistenz zur Verfügung. Sie kann laut Norm in drei verschiedenen Massen angegeben werden: Verdichtungsmass C (Compaction-Test) nach Walz, Ausbreitmass F (Flow Tabel-Test) mit dem Ausbreittisch oder Setzmass S (Slump Test). Da die einzel-

nen Versuche nicht direkt miteinander vergleichbar sind, ist darauf zu achten, dass der Versuch auf die gewünschte Zielgrösse abgestimmt wird. Die Konsistenz ist zwar kein Massstab für andere Betoneigenschaften, Änderungen in der Konsistenz können jedoch Hinweise auf ungewünschte Änderungen in der Mischungszusammensetzung geben.

Zum Berechnen der Frischbetonrohddichte wird die Masse eines bestimmten Volumens an verdichtetem Frischbeton bestimmt. Die Masse geteilt durch das Volumen ergibt die Rohddichte. Als Gefäss zum Bestimmen der Rohddichte wird der Luftporentopf verwendet. Die ermittelte Rohddichte kann mit der errechneten Rohddichte (aus Mischungszusammensetzung und Rohddichte der Ausgangsstoffe) verglichen werden und erlaubt somit eine Kontrolle der Betonzusammensetzung und Verdichtung.

Der Luftporengehalt eines Betons gibt Hinweise auf die Verdichtbarkeit des Betons und die daraus zu erwartenden Festbetoneigenschaften (Dichtigkeit, Dauerhaftigkeit). Betone mit hoher Frostbeständigkeit müssen mit Luftporenbildnern hergestellt werden und einen Luftporengehalt von mindestens 3 Prozent aufweisen. Der Gehalt an Luftporen lässt sich mit dem Druckausgleichsverfahren mittels Luftporentopf einfach und rasch bestimmen.

Der Wasserzementwert, auch w/z-Wert genannt, ergibt sich aus der Masse des wirksamen Wassergehalts ( $w$ ) geteilt durch die Masse des Zements ( $z$ ), beides im Bezug auf 1 Kubikmeter verdichteten Frischbetons. Chemisch und physikalisch ist der Zement in der Lage, etwa 40 Prozent seiner Masse ( $w/z$ -Wert = 0,40) zu

binden. Ist der w/z-Wert höher, so hinterlässt dieses Wasser nach dem Verdunsten verästelte, saugfähige Kapillarporen. Deshalb wird bei vielen Betonen der w/z-Wert auf einen Maximal-Wert begrenzt, so beispielsweise bei frostbeständigem Beton auf  $w/z = 0,50$ . Der w/z-Wert kann bei bekanntem Zementgehalt ( $z$ ), Kernfeuchte der Gesteinskörnung ( $w_G$ ) und Frischbetonrohddichte ( $\rho$ ) der Betonmischung durch den Darrversuch ermittelt werden. Hierzu wird eine Menge Frischbeton von zirka 10 Kilogramm ( $m_0$ ) rasch bis zur Gewichtskonstanz getrocknet und gewogen ( $m_d$ ). Der Wassergehalt ( $w_0$ ) ergibt sich aus  $w_0 = (m_0 - m_d)/m_0$  und der w/z-Wert aus der Formel  $w/z = (w_0 - w_G)/z$ .

Die Frischbetontemperatur kann auf einfache Weise mit einem Thermometer bestimmt werden. Sie beeinflusst massgeblich das Ansteifen und Erstarren des Betons und hat damit eine direkte Auswirkung auf die Verarbeitbarkeit. Erhöhte Frischbetontemperaturen führen im Allgemeinen zu schnellem Ansteifen und Erstarren, somit ergeben sich eine schlechtere Verarbeitbarkeit und gleichzeitig höhere Frühfestigkeiten beim Festbeton. Die Betontemperatur sollte in der warmen Jahreszeit maximal 30 Grad Celsius betragen. In der kalten Jahreszeit muss der Beton eine so hohe Ausgangstemperatur aufweisen, dass durch die eigene Wärmeentwicklung bei der Reaktion des Zementleims ein zu frühes Durchfrieren verhindert wird.

Zusätzlich zu den Prüfungen werden meistens noch Probekörper in Form von Würfeln, Prismen oder Zylindern hergestellt, um diese für die verschiedenen Festbetonprüfungen zur Verfügung zu haben. ■