

HOCHLEISTUNGSBETON

BauR h.c. Dipl.-Ing. Herbert Kaltenböck

1. Allgemeines

In den hochentwickelten Ländern der Welt, die über ein manifestiertes Regelwerk (Normenwerk) verfügen lag in den beiden letzten Jahrzehnten die höchste Betonfestigkeitsklasse bei 60 N/mm², vergleichbar mit der bei uns üblichen Bezeichnungsweise B 600.

Neuere Entwicklungen - beginnend in den 70-er Jahren - haben es möglich gemacht auch Betone herzustellen, deren Festigkeit noch deutlich darüber liegt. Man spricht heute daher bei Betonen mit Druckfestigkeiten von etwa 60 bis 130 N/mm² von *Hochfesten Betonen* bzw. *Hochleistungsbetonen*. Eingebürgert hat sich heute der Begriff des *Hochleistungsbetons (HL-Beton)*, weil neben der Steigerung der Druckfestigkeit auch andere Eigenschaften verbessert werden können (z.B. chem. Widerstandsfähigkeit, Frostbeständigkeit).

2. Definition

Unter *Hochleistungsbeton* wird ein Beton verstanden dessen Festigkeit etwa von 60 bis 130 N/mm² reicht und der unter bestimmten Bedingungen und mit bestimmten Ausgangsstoffen hergestellt wird.

3. Die Ausgangsstoffe

3.1 Zement

Um zu verhindern, dass hohe Wärmeentwicklungen beim Abbinden des Betons entstehen finden für HL-Beton in erster Linie C₃A-arme bzw. C₃A-freie Zemente Anwendung. Unter C₃A-armen Zement werden solche verstanden, die einen C₃A-Gehalt von unter 3 M.-% haben.

3.2 Zusatzstoffe

3.21 Silikastaub

Silikastaub als Zusatzstoff ermöglicht die für HL-Beton hohen Festigkeitssteigerungen. Silikastaub fällt bei der Herstellung von Siliciummetallen und Ferrosilicium an. Er zeichnet sich durch eine extrem hohe Feinheit aus. Die spezifische Oberfläche liegt bei 20 m²/g, vergleichsweise liegt die spezifische Oberfläche von Zement bei nur bei 0,3 bis 0,5 m². Silikastaub wird pulverförmig meist jedoch in Form einer Suspension

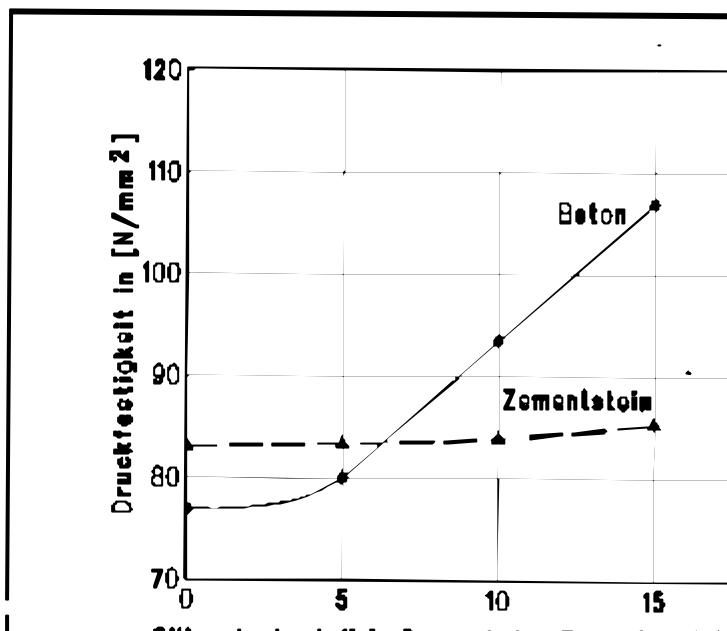


Bild 1: Zusammenhang zwischen Silikastaubanteil und Druckfestigkeit nach Bentur

(„Slurry“) verwendet. Ab einer Zugabemenge von etwa 5% werden die Festigkeitssteigerungen wirksam. Die puzzolanische Wirkung des Silikastaubes beruht auf der Bildung von zusätzlich festigkeitsbildenden Calciumsilikathydraten (CSH) beim abgespaltenen Kalziumhydroxid während der Zementhydratation.

Dadurch entsteht ein dichter hochfester Zementstein, der der Qualität eines Zuschlags näherkommt und damit das Zusammenwirken des Zweistoffsystems "Beton = Zuschlag + Zementstein" verbessert.

Die Verwendung von Silikastaub verändert die Mikrostrukturen in der Kontaktzone zwischen Zementstein und Zuschlag. Es wird eine deutliche Verbesserung des Verbundes erreicht. Die ansonst poröse Schwächezone im Übergangsbereich Zementstein-Zuschlag wird infolge der größeren Packungsdichte und der puzzolanischen Reaktion des Silikastaubes verfestigt. Dies erkennt man bei der Prüfung des Betons daran, daß die Bruchflächen von hochfestem Beton durch die Zuschläge hindurchgehen und nicht wie bei Normalbeton um die Zuschläge herum.

3.22 Hochofenschlacke (HS) und Flugasche (FA)

Zur Herstellung von HL-Beton werden mitunter auch HS und FA verwendet, um die Hydratationswärme zu steuern und die Verarbeitungseigenschaften zu verbessern. Eine Abstimmung mit dem notwendigen Silikastaub ist im Rahmen einer Eignungsprüfung unerlässlich.

3.23 Zusatzmittel, Verflüssiger (Hochleistungsverflüssiger)

Für die Herstellung von hochfestem Beton werden zur Verminderung der Gesamtwassermenge und zur Verbesserung der Verarbeitbarkeit *Hochleistungsverflüssiger* eingesetzt. Diese sind auf Basis von Melaminharzen, besonders aber auf Naphtalinsulfonsäure-Kondensaten aufgebaut. Um die notwendige Verflüssigung zu erreichen werden Zugabemengen von 5 bis 20 l/m³ benötigt.

Die Wirkung der Hochleistungsverflüssiger (oder auch Superverflüssiger genannt) ist in der Regel bekanntermaßen zeitlich beschränkt, etwa eine halbe Stunde. Vielfach werden daher konventionelle Verflüssiger in Kombination mit Hochleistungsverflüssigern verwendet. Der normale Verflüssiger wird daher bei der Herstellung des Betons z. B. im Transportbetonwerk zur Einstellung einer Grundkonsistenz beigegeben und der Hochleistungsverflüssiger erst auf der Baustelle, um die meist angestrebte Einbaukonsistenz (meist K5) zu erreichen. Zusätzlich finden auch sind Erstarrungsverzögerer (VZ) und Luftporenbildner (LP) Verwendung. Für die Herstellung von hochfestem Beton gibt es heute auch pulverförmige Compound-Zusatzmittel aus Silikastaub und Hochleistungsverflüssiger auf dem Markt.

3.3 Betonzuschläge

Die wichtigsten Eigenschaftender Zuschläge zur Herstellung von hochfesten Beton sind

- Kornform
- Korngrößenverteilung ("Sieblinie")
- mechanische Eigenschaften
- chemische Wechselbeziehung zwischen Zuschlag und Zementstein.

Gedrungene Kornform ist wichtig um den Verbrauch an Bindemittel zu minimieren. Dies gilt auch für die Sieblinie: Die Zuschläge müssen so zusammengesetzt sein, dass eine möglichst kleine Gesamtwassermenge benötigt wird. Dies auch deshalb, damit die erforderlichen niedrigen Wasser-Zement-Werte erzielt werden können. Deshalb ist es wichtig nur mit einem ganz kleinen Anteil an Mehlkorn (< 0,25 mm) zu fahren.

Bei hochfestem Beton mit hohen Zementsteifestigkeiten ist eine ausreichend hohe Gesteinsfestigkeit notwendig. Um sehr hohe Festigkeiten zu erreichen, sind u. U. Zuschläge aus Hartgestein, wie Diabas, mit günstiger Kornform erforderlich.

HL-Beton wird üblicherweise mit einem GK 16 oder GK 22 hergestellt.

Für eine Beurteilung der „Qualität“ der Sieblinie kann deren spezifische Oberfläche (m^2/kg) oder die Feinheitssziffer herangezogen werden.

4. Merkmale von HL-Beton

Besonderes Merkmal von HL-Beton ist sein niedriger Wasser-Bindemittelwert (W/B-Wert). Unter Bindemittel wird dabei die Summe von Zement + hydraulisch wirksamen Zusatzstoffen verstanden. Der W/B-Wert liegt in der Regel unter 0,36, in extremen Fällen sogar bei 0,22.

Die Frischbetonkonsistenz bewegt sich in der Regel im K5-Bereich. HL-Beton ist jedoch „klebrig“ und auch weniger verdichtungswillig als üblicher Beton. Zur Verminderung der Klebrigkeit werden mitunter LP-Mittel verwendet. Da wegen des

Hochleistungsverflüssigers im allgemeinen ein baldiges Ansteifen des Betons eintritt, kann dessen Nachdosieren erforderlich sein.

Ein „kühler“ Frischbeton ist wegen der großen Bindemittelmenge vorteilhaft, weshalb ein Kühlen der Zuschläge zweckmäßig sein kann.

Wegen der geringen Wassermenge ist die Entwicklung der Hydratationswärme vergleichsweise niedriger als dies bei größeren Wassergehalten der Fall ist.

Neben der hohen Druckfestigkeit weist HL-Beton auch einen größeren Widerstand gegen chemische Angriffe auf, ist widerstandfähiger gegen stahlkorrosive Einflüsse und auch gegen starke mechanische Verschleißbeanspruchung.

Besonders wichtig ist bei HL-Beton die Nachbehandlung: Eine sofortige Nachbehandlung ist unbedingt erforderlich, damit keine Risse auftreten und die Dauerhaftigkeit gewährleistet bleibt.

Wegen der hohen Sensibilität von HL-Beton sind umfangreiche Eignungsprüfungen unerlässlich, die von einer hierfür kompetenten akkreditierten Prüfstelle sinnvollerweise durchzuführen sind.

BauR h.c. Dipl.-Ing. Herbert Kaltenböock
Zivilingenieur für Bauwesen
Allgemein beeideter und gerichtlich zertifizierter Sachverständiger
Bautechnische Versuchs- und Forschungsanstalt Salzburg (bvfs)
Alpenstraße 157
A-5020 Salzburg
Tel.Nr.: +43 (0)662 621758-0
Fax : +43 (0)662 621758-199

e-mail : kaltenboeck@bvfs.at
<http://www.bvfs.at>