

Der statische Elastizitätsmodul von Recyclingbeton und seine Berücksichtigung bei der Bemessung von Stahlbetonbauteilen

Dipl.-Ing. Norbert Glantschnigg

Die ersten Eignungsprüfungsergebnisse für Betone mit Zuschlägen aus wiederaufbereiteten Hochbaurestmassen zeigten tendenziell etwas niedrigere E-Moduli als bei vergleichbaren Normalbetonen. Es war daher zu untersuchen, ob und wie weit bei der Dimensionierung von Stahlbetonbauteilen aus Recyclingbetonen besondere E-Modul-Rechenwerte zu berücksichtigen sind.

1. Die rechnerischen Elastizitätsmoduli von Normalbetonen

Die Rechenwerte des E-Modules von Beton für die Ermittlung von Verformungen von Stahlbetontragwerken bei Druck-, Zug- und Biegebeanspruchung unter Gebrauchslast sind der ÖNORM B 4200, Teil 4 (3) zu entnehmen.

Diese Rechenwerte sind auf die Würfeldruckfestigkeit des Betons nach 28 Tagen Erhärtung bezogen, wie sie auch für Spannungsnachweise herangezogen werden.

Festigkeitsklasse	Elastizitätsmodul in N/mm ²
B 160	22.000
B 225	26.000
B 300	30.000
B 400	35.000
B 500	39.000
B 600	43.000

Die Werte der Tabelle sind auf die Würfeldfestigkeit nach 28 Tagen Erhärtung bezogen. Für Beton anderen Alters darf der E-Modul in [N/mm²] nach der Formel $E_b = 5475 \sqrt{W}$ multipliziert mit Wurzel aus W berechnet werden, wobei W die Würfeldfestigkeit in [N/mm²] ist.

Abb.1: Tabelle aus ÖNORM B 4200, Teil 4 (1984) (3)

Die "jüngere" ÖNORM B 4200, Teil 3 für die Berechnung und Ausführung von Betonbauwerken (2) weist zusätzlich darauf hin, daß andere Werte des E-Modules zu berücksichtigen sind, wenn diese durch Versuche gemäß ÖNORM B 3303 festgestellt wurden.

Keine der ÖNORMEN (2) und (3) gibt einen direkten Hinweis auf die Abhängigkeit der E-Modul-Rechenwerte von der Verwendung besonderer Zuschläge, insbesondere von Recyclingzuschlägen.

Der EUROCODE 2 (veröffentlicht als ÖNORM ENV 1992-1-1 im Dezember 1992) (5) enthält die Anmerkung, daß der E-Modul von Beton nicht nur von seiner Festigkeitsklasse, sondern auch von den Eigenschaften der verwendeten Betonzuschläge abhängig ist.

Bei Verwendung unbekannter Betonzuschläge wird empfohlen, obere und untere Grenzwerte für den E-Modul zu berücksichtigen.

2. Recyclingzuschläge und Recyclingbetone

Im Bundesland Salzburg wurde mit der Anwendung von Recyclingbetonen aus dem Transportbetonwerk für den "Normalverbraucher" bereits begonnen. Für die Herstellung der Recyclingbetone werden naß aufbereitete Hochbaurestmassen mit der Zusammensetzung gemäß Abb.2 in den Körnungen 0/4, 4/16 und 16/32 verwendet.

Recyclingzuschläge	
Materialbezeichnung	Anteil in Masse-%
Beton + Zuschläge	75 bis 90
Ziegel	5 bis 12
Putz	5 bis 12
Holz	*)
Metall	*)
Plastik	*)
Baukeramik	1 bis 2
Glas	*)
Sonstiges	*)

Abb.2: Recyclingzuschläge aus naß aufbereiteten Hochbaurestmassen

Mit diesen Zuschlägen werden "gängige" Recyclingbetonsorten für die Anwendung in Beton- und Stahlbetonbauteilen im Hochbau (Fundamente, Wände, Decken, Stützen) hergestellt. Derzeit nicht vorgesehen ist die Verwendung von Recyclingbetonen für vorgespannte Tragwerke und/oder bei Frost-Tausalz-Angriff.

Recyclingbetone	
Festigkeitsklassen	B160 bis B300
besondere Eigenschaften	PB
Anteil Recyclingzuschläge	20 bis 50 %
Beispiel: B 300/s/GK32/K3/PB/LPV/PZ 275(H)	

Abb.3: Recyclingbetone für "Normalverbraucher" aus dem Transportbetonwerk

3. Die E-Modul-Rechenwerte von Recyclingbetonen

Für den Konstrukteur und Statiker ist es interessant, ob und wieweit bei Verwendung von Recyclingbetonen andere Rechenwerte des E-Modules zu berücksichtigen sind, als bei Normalbetonen.

Ein Vergleich der "gängigen" Recyclingbetonsorte B 300 mit ähnlichen Normalbetonen ist in Abb.4 dargestellt.

	Recyclingbeton B 300	Vergleichbare Normalbetone	Rechenwerte
Zementgehalt [kg/m ³]	340	309 bis 365	---
W/Z - Wert	0,52 *)	0,48 bis 0,53	---
Luftgehalt [Vol-%]	2,5	1,6 bis 2,8	---
Würfeldruckfestigkeit (28 Tage) [N/mm ²]	49,6	38,2 bis 44,9	30
E-Modul (28 Tage) [N/mm ²]	36.200	35.000 bis 37.600 (Mittel 36.500)	30.000

Abb.4: Vergleich von Recyclingbeton mit Normalbetonen gleicher Sorte

Die Würfeldruckfestigkeit dieses Recyclingbetons liegt deutlich über der Druckfestigkeit der "Normalbetone" und erheblich über dem Rechenwert der Druckfestigkeit für die Festigkeitsklasse B 300.

Der E-Modul des Recyclingbetons ist tendenziell etwas niedriger als die E-Moduli der "Normalbetone", insbesondere wenn man seine höhere Druckfestigkeit berücksichtigt.

Die in Abb.1 ausgewiesene Formel für die Berechnung des Elastizitätsmodules für Beton anderen Alters (als nach 28 Tagen) aus seiner Würfeldruckfestigkeit ist daher für Recyclingbeton nicht anwendbar.

Vergleicht man den Rechenwert des E-Modules gemäß ÖNORM B 4200, Teil 4 mit dem geprüften E-Modul des Recyclingbetons, so ist zu erkennen, dass die Abweichung vom Rechenwert in der gleichen Größenordnung liegt, wie für den E-Modul der "Normalbetone".

4. Zusammenfassung

Nach dem derzeitigen Kenntnisstand können die in den ÖNORMEN (2) und (3) festgelegten Rechenwerte für die E-Moduli von Betonen bestimmter Festigkeitsklassen gemäß Abb.1 auch für die Dimensionierung von Stahlbetontragwerken aus Recyclingbeton herangezogen werden.

Bei dieser Vorgangsweise sind unzulässig große Verformungen der Bauteile nicht zu befürchten.

Möglich ist es auch, Bauteile aus Recyclingbeton mit Bauteilen aus Normalbeton miteinander zu kombinieren (z.B. Wände aus Recyclingbeton mit Decken aus Normalbeton).

Für die Angabe der tatsächlichen Streubereiche der E-Moduli von Recyclingbetonen liegen derzeit noch zu wenig Daten vor, weshalb eine besonders dichte Güteüberwachung der Herstellung von Recyclingzuschlägen und Recyclingbetonen unbedingt erforderlich ist.

Voraussetzung für die gezielte Anwendung von Recyclingbetonen ist auch eine erweiterte Eignungsprüfung. Dabei sind die Besonderheiten der Recyclingzuschläge zu berücksichtigen.

Literatur

- (1) Zeugnisse der staatlich autorisierten BAUTECHNISCHEN VERSUCHS- UND FORSCHUNGSANSTALT SALZBURG, 1993/94
- (2) ÖNORM B 4200, Teil 3 "Betonbauwerke, Berechnung und Ausführung", 1. Juni 1986
- (3) ÖNORM B 4200, Teil 4 "Stahlbetontragwerke, Grundlagen der Berechnung", 1. August 1984
- (4) ÖNORM B 4200, Teil 10 "Beton, Herstellung und Überwachung", 1. Jänner 1983
- (5) ÖNORM ENV 1992-1-1 "Eurocode 2: Planung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken, Teil 1-1: Grundlagen und Anwendungsregeln für den Hochbau", VORNORM 1. Dezember 1992

Dipl.-Ing. Norbert Glantschnigg
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 621758-200
Fax : +43 (0)662 621758-199

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