

# Arbeiten mit Recyclingbeton



Auszug aus dem Forschungsbericht

***Konstruktionsbeton aus  
recycelter Gesteinskörnung***

(Beton- und Mischabbruchgranulat)

# Einleitung



Gebäude mit RC-Beton

Als Recyclingbeton (RC-Beton) kann nach SN EN 206-1:2000 ein Beton bezeichnet werden, dessen Gehalt an Gesteinskörnung zu mindestens 25 Masseprozent aus Betongranulat und/oder Mischabbruchgranulat im Sinne der BUWAL-Richtlinie «Richtlinie für die Verwertung mineralischer Bauabfälle» besteht.

Das Potential für das Herstellen grösserer Mengen RC-Beton ist aufgrund der enormen Mengen an Bauschutt ausreichend vorhanden und bietet sich aus umweltpolitischen Gründen an (Abnahme der Kiesreserven, begrenzter Deponieraum). Die Wiederverwertung der Abbruch- und Rückbaumaterialien drängt sich auf. Eine Möglichkeit ist, Beton- und Mischabbruch zu Betongranulat (BG) und Mischabbruchgranulat (MG) aufzubereiten und für die Betonherstellung zu verwenden. Material aus der Bodenwäsche kann ebenfalls als Gesteinskörnung für Beton wiederverwendet werden.

# Gesteinskörnung

Abhängig von der Gesteinskörnung werden zwei verschiedene Typen von RC-Beton unterschieden:

## Betongranulat



### RC-Beton aus **Betongranulat**

Gesteinskörnung aus aufbereitetem Betonabbruch  
*Herkunft:* reiner Betonabbruch aus Verkehrsflächen  
sowie aus Industrie- und Hochbau  
*Kornform:* hoher Anteil an nichtkubischen Körnern  
mit gebrochener Oberfläche

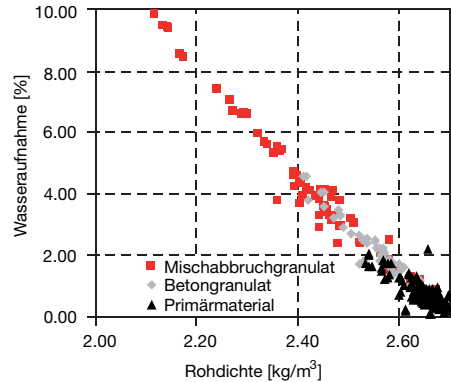
## Mischabbruchgranulat



### RC-Beton aus **Mischabbruchgranulat**

Gesteinskörnung aus aufbereitetem Mischabbruch  
*Herkunft:* gemischtes mineralisches Abbruch- und  
Rückbaumaterial aus Industrie- und Hochbau  
*Kornform:* hoher Anteil an nichtkubischen Körnern  
mit gebrochener Oberfläche

# Wasseraufnahme der rezyklierten Gesteinskörnung



Die Porenstruktur und das Porenvolumen beeinflussen die Wasseraufnahme der rezyklierten Gesteinskörnung. Die Rohdichte des Kornes steht in direkter Beziehung zu seiner Wasseraufnahme. Je kleiner die Rohdichte, desto höher ist die Wasseraufnahme.

**Abb.1** Beziehung Kornrohichte – Wasseraufnahme, Korngruppen 0–32 mm.

# Herstellung von RC-Beton

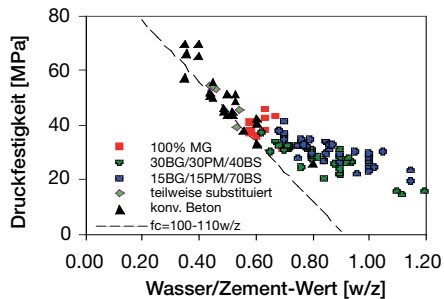


Mit einer rezyklierten Gesteinskörnung – bestehend aus Beton- und /oder Mischabbruchgranulat – lässt sich ein gut verarbeitbarer Beton herstellen, wenn die nachfolgenden Aspekte Beachtung finden.

- Die rezyklierte Gesteinskörnung ist sorgfältig herzustellen.
- Der Feuchtegehalt der Gesteinskörnungen ist zu berücksichtigen.
- Es ist eine zweckmässige Sieblinie zu verwenden.
- Es sind Fließmittel je nach Anforderung zu verwenden.
- Das Volumen des Bindemittels ist entsprechend dem Hohlraumgehalt der lose geschütteten Gesteinskörnung anzupassen.

Transportanlage: Zweiwellen-Zwangsmischer

# Besondere Eigenschaften des RC-Festbetons



**Abb. 2** Druckfestigkeiten in Abhängigkeit vom Wasser/Zement-Wert.

PM = Primärmaterial

MG = Mischabbruchgranulat

BS = Backsteingranulat

teilweise Substitution = Recyclinggranulat und Primärmaterial

Die gestrichelte Linie entspricht Primärbeton aus Alluvialkies entsprechend der Beziehung  $f_c=100-110 \cdot w/z$

Ein Beton aus rezyklierter Gesteinskörnung kann für Tragwerke nach SIA 262 eingesetzt werden. Voraussetzung ist, dass sich die damit ausgeführten Konstruktionen hinsichtlich Gebrauchstauglichkeit und Tragsicherheit nicht anders verhalten als bei konventionellem Beton.

## Druckfestigkeit

Die Druckfestigkeit von aus Betongranulat oder Mischabbruchgranulat hergestelltem Beton ist – wie bei konventionellem Beton – abhängig vom jeweiligen Wasser/Zement-Wert ( $w/z$ ). Jedoch unterscheiden sich die Druckfestigkeitswerte von RC-Beton und jene von konventionellem Beton bei vergleichbarem  $w/z$ . Der Unterschied ist auf die höhere Wasseraufnahme des Korns in der Frischbetonphase und auf die geringere Druckfestigkeit des Korns beim RC-Beton zurückzuführen. Die Druckfestigkeit des RC-Betons ist umso geringer, je höher der Anteil an gebrochenem Beton und Backstein im Recyclinggranulat ist. Hingegen weist der mit Material aus Bodenwäsche hergestellte RC-Beton vergleichbare Druckfestigkeiten wie konventioneller Beton auf. Auf Schwankungen des  $w/z$  reagiert der RC-Beton tendenziell gutmütiger als konventioneller Beton.

# Elastizitätsmodul (E-Modul)

Je höher der Anteil an gebrochenem Beton und Backstein, desto tiefer die Rohdichte und der E-Modul. Dabei hat der Anteil an Backstein einen grösseren Einfluss als der gebrochene Beton.

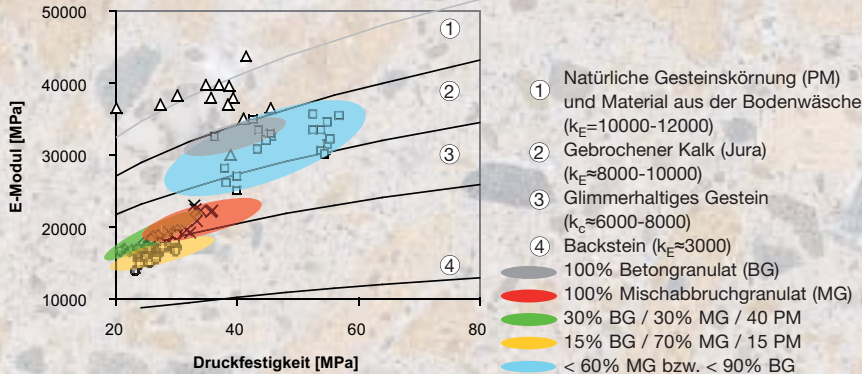


Abb. 3 Elastizitätsmodul  $E_{cm}$  in Abhängigkeit von der Betondruckfestigkeit (28 Tage) gemäss der in der Norm SIA 262 angegebenen Beziehung  $E_{cm} = k_E \cdot \sqrt[3]{f_{cm}}$  ( $k_E$  = Beiwert für Gesteinskörnung und  $f_{cm}$  = mittlere Zylinder-Betondruckfestigkeit).

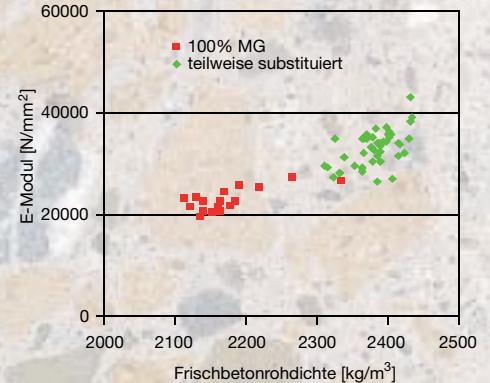
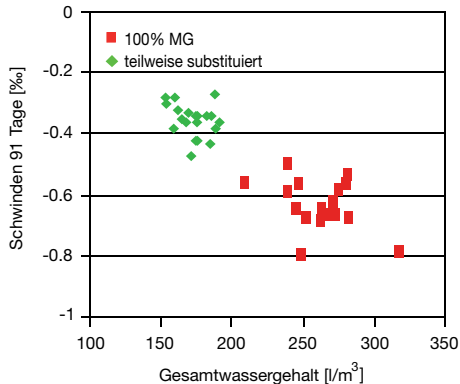


Abb. 4 Elastizitätsmodul in Abhängigkeit von der Frischbetonrohddichte. (Üblicherweise ist die Festbetonrohddichte (feucht) ca. 30 kg/m<sup>3</sup> geringer als die Frischbetonrohddichte.)

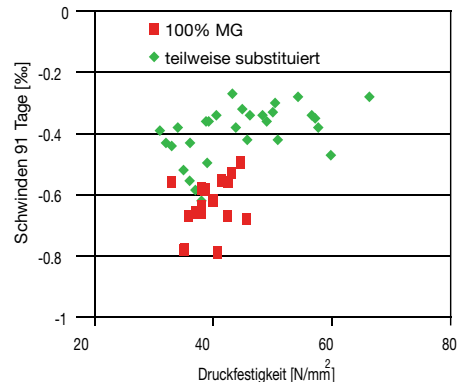


# Freies Schwinden

Der Anteil an gebrochenem Beton und Backstein in der Gesteinskörnung beeinflusst das Schwinden. Je höher der Anteil, desto höher der Wasseranspruch und desto geringer die Rohdichte des Frischbetons. Mit zunehmendem Wassergehalt erhöht sich das Schwinden des Betons. Beton mit 10% Mischabbruch schwindet bei vergleichbarer Druckfestigkeit stärker als Beton mit teilweise substituierter Gesteinskörnung.



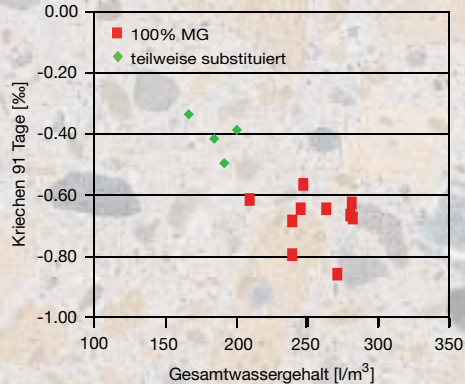
**Abb. 5** Schwinden in Abhängigkeit vom Gesamtwassergehalt.



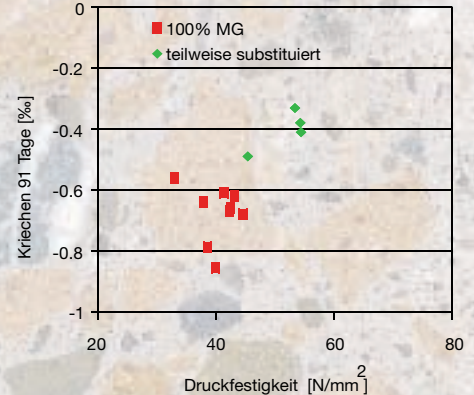
**Abb. 6** Schwinden in Abhängigkeit der Druckfestigkeit.

# Kriechen

Der Anteil an gebrochenem Beton und Backstein in der Gesteinskörnung beeinflusst das Kriechen. Je höher ihr Anteil, desto höher der Wasseranspruch und desto geringer die Rohdichte des Frischbetons. Mit zunehmendem Wassergehalt erhöht sich das Kriechen des Betons. Tendenziell steigt das Kriechen mit höherem Anteil an Mischabbruch und sinkender Druckfestigkeit an.



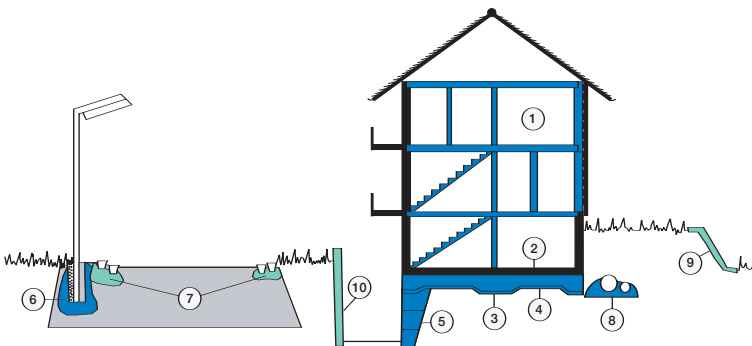
**Abb. 7** Kriechen in Abhängigkeit vom Gesamtwassergehalt des Frischbetons.



**Abb. 8** Kriechen in Abhängigkeit der Druckfestigkeit.

# Einsatzgebiete

Hochbau, Strassenbau, Kanalisationsbauten,  
Werkleitungen und Hilfsbauten



- Beton hergestellt mit Primärmaterial und Mischabbruchgranulat
- Beton hergestellt mit Primärmaterial und Betongranulat

Quelle: KofU und Empa

	Expositionsklasse	Beispiel	
<b>Hochbau</b>			
1	XC1, XC2	Wände, Decken, Treppen bewehrt, innen trocken.	1 ●
	XC3	Vor Regen geschützter Beton im Freien	●
	XC4	Wasserbenetzte Flächen im Freien	●
2	XC1, XC2	Bodenplatte nicht wasserdicht	● ●
	XC4	Wasserdichter Beton	●
3	XC2	Gründungen	● ●
4	X0	Sauberkeitsschicht	● ●
5	XC1, XC2	Unterfangungen	● ●
<b>Strassenbau</b>			
6	XC1, XC2	Fundament für Kandelaber, Leitplanken, Lichtsignalanlagen und Signalisationsanlagen	2 ● 2
7	X0	Pflasterung	●
	X0	Hydraulisch gebundene Tragschicht	● ●
<b>Kanalisationsbauten, Werkleitungen und Hilfsbauten</b>			
8	X0	Füll- und Hüllbeton	● ●
9	X0	Temporäre Böschungssicherung	●
10	X0...XC 3	Rühlwände (je nach Anforderung)	●

<sup>1</sup> Stützen, Wände und Decken mit geringer Spannweite und Treppen geringer Schlankheit

<sup>2</sup> nicht im Bereich einer Frost-Tausalzbeanspruchung

XC1-4: eventuell Dauerhaftigkeit bzgl. AAR und Chlorid-Gehalt prüfen

# Ausschreibung von RC-Beton

Die Ausschreibung erfolgt entsprechend SN EN 206-1, SIA 262 und dem *eco-devis*. Das *eco-devis* (ökologische Leistungsbeschreibungen) ermöglicht den PlanerInnen, ökologisch interessante Materialien und Leistungen bei der Ausschreibung zu berücksichtigen. Im *eco-devis* sind folgende Leistungen als ökologisch interessant gekennzeichnet:

Nicht klassifizierter RC-Beton mit Beton- oder Mischabbruchgranulat für Unterlags-, Füll- und Sickerbeton.

Einsatz von klassifiziertem RC-Beton mit Betongranulat für Bauteile, mit folgenden Anforderungen:

C25/30 (NPK A : Expositionsklasse XC 1, XC 2)

C25/30 (NPK B : Expositionsklasse XC 3)

C30/37 (NPK C : Expositionsklasse XC 4)

RC-Beton für andere Festigkeits- und Expositionsclassen oder klassifizierter RC-Beton mit Mischabbruchgranulat ist unter bestimmten Voraussetzungen realisierbar. Die Einsatzmöglichkeiten sind mit dem Lieferanten abzusprechen. Es ist empfehlenswert, den zu erreichenden E-Modul zu definieren.

**Beispiel einer Ausschreibung:**

R 100 Bauteil

Druckfestigkeitsklasse, Expositionsklasse

(Oberflächenqualität: z.B. Anzahl Lunker/m<sup>2</sup>, Grad der Farbschattierung)

Gesteinskörnung: min. oder max. Anteil an aufbereiteter Gesteinskörnung [%]

Nennwert Grösstkorn  $D_{\max}$

E-Modul [N/mm<sup>2</sup>] (wenn relevant)

# Übersicht über die wichtigsten Regelwerke

## Allgemeines:

- Bundesgesetz über den Umweltschutz (USG) vom 7. Dezember 1983 SR 814.01;
- Technische Verordnung über Abfälle (TVA) vom 10. Dezember 1990 SR 814.600;
- Verordnung über den Verkehr mit Sonderabfällen (VVS) vom 12. November 1986 SR 814.014
- Verordnung über den Verkehr mit Abfällen (VeVA) vom 22.06.2005 SR 814.610
- Verordnung über die Sanierung von belasteten Standorten (AltIV) vom 26.08.1998
- Entsorgung von Bauabfällen (SIA-Empfehlung 430) vom November 1993;
- Buwal-Richtlinie (heute BAFU) für die Verwertung mineralischer Bauabfälle vom Juli 1997  
(zurzeit Diskussionen betreffend Revision)

## Betonspezifisch:

- Beton - Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität  
SIA 162.051 (SN EN 206-1:2000) vom 1.1.2003
- Betonbau SIA 262 (SN 505 262) von 04.2003

**Gesteinskörnung:**

- Recycling; Allgemeines (SN 670 062) vom März 1998
- Recycling; Strassenaufbruch (SN 670 142) vom März 1998
- Recycling; Betonabbruch (SN 670 143) vom März 1998
- Recycling; Mischabbruch (SN 670 144) vom März 1998
- Gesteinskörnungen für Beton (SN 670 102a und SN EN 12620:2002/AC 2004)
- Recyclingbaustoffe: Stoffliche Zusammensetzung (SN 670 951) oder SN 670 062

Empa

CH - 8600 Dübendorf

Abteilung Beton/Bauchemie,  
Ueberlandstrasse 129

Telefon +41 44 823 55 11  
Telefax +41 44 821 35 40

beton@empa.ch  
www.empa.ch/abt135



Materials Science & Technology

Dieser Flyer ist eine Zusammenfassung von einigen ausgewählten Untersuchungsergebnissen, welche veröffentlicht sind im Bericht  
***Konstruktionsbeton aus recycelter Gesteinskörnung (Beton- und Mischabbruchgranulat)***  
(ISBN 10 3-905 594-49-8, ISBN 13 978-3-905 594-49-2)

Partner der Empa im Forschungsprojekt

**KBOB**

Koordination der Bau- und Liegenschaftsorgane des Bundes  
Coordination des services fédéraux de la construction et de l'immobilier  
Coordinamento degli organi della costruzione e degli immobili della Confederazione  
Coordination of the Federal Construction and Properties Services



**Stadt Zürich**  
Amt für Hochbauten

