

Aus alt mach neu: Aktuelles Anwender-Know-How zu Recyclingbeton

Mischabbruch kann sinnvoll bei Neubauten eingesetzt werden

Ist der Einsatz von Recyclingbeton nur umweltpolitisches Wunschenken oder zunehmend eine realisierbare und empfehlenswerte Option für Bauherren, Planer und Architekten? Recyclingbeton aus Betongranulat findet im Bau schon eine gewisse Anerkennung. Hingegen sind Planer und Architekten noch skeptisch eingestellt gegenüber Recyclingbeton aus Mischabbruch. Der Artikel zeigt, wo und wie Mischabbruch bei Bauprojekten sinnvoll eingesetzt werden kann und was die Vor- und Nachteile von «Recyclingbeton» sind.

Eine sinnvolle Wiederverwertung von Bauschutt durch Recyclingbeton drängt sich auf: Einerseits gibt es enorme Mengen an Bauschutt, andererseits sprechen umweltpolitische Gründe dafür, denn die Kiesreserven nehmen ab und der Deponieraum ist begrenzt.

Dennoch ist es bisher zu keinem «Recyclingbeton-Boom» gekommen, denn die Baubranche ist verunsichert, was bautechnische Aspekte und Materialeigenschaften des Recyclingbetons betrifft.

Dies hat die Abteilung Beton/Bauchemie der EMPA bewogen, in Zusammenarbeit mit dem Amt für Hochbauten der Stadt Zürich und weiteren Partnern (siehe Seite 12), eingehende Untersuchungen durchzuführen. Mit dem Ziel, die Besonderheiten des Recyclingbetons

im Vergleich zu konventionellem Beton aufzuzeigen und daraus abzuleiten, was für Einsatzgebiete empfehlenswert und verantwortbar sind.

Was ist Recyclingbeton?

Beton ist ein Baustoff, der durch Mischen von grober oder feiner Gesteinskörnung (natürlicher Kiessand), Zement und Wasser hergestellt wird. Dieses Gemisch erhält seine Festigkeit durch eine chemische Reaktion zwischen dem Zement und dem Wasser.

Um Recyclingbeton herzustellen, wird der natürliche Kiessand entweder durch Betongranulat oder Mischabbruchgranulat ersetzt. Betongranulat besteht zu mindestens 95 Prozent aus Betonabbruch, während sich Mischabbruchgranulat aus einem Gemisch von Betonabbruch, Backstein, Ziegelschrot und künstlichem Kalksandstein zusammensetzt.

Entsprechend der Schweizer Norm SN EN 206-1 (2000) wird ein Beton dann als Recyclingbeton bezeichnet, wenn dessen Gehalt an Gesteinskörnung zu mindestens 25 Masseprozent aus Betongranulat oder Mischabbruchgranulat oder einer Kombination von beiden im Sinne der BUWAL-Richtlinie für die Verwertung mineralischer Bauabfälle (Ausbau-



In einer Kiesgrube abgebauter Alluvialkies im Vergleich mit Mischabbruch-Granulat, das als Kiesersatz verwendet werden kann.

Quelle: EMPA

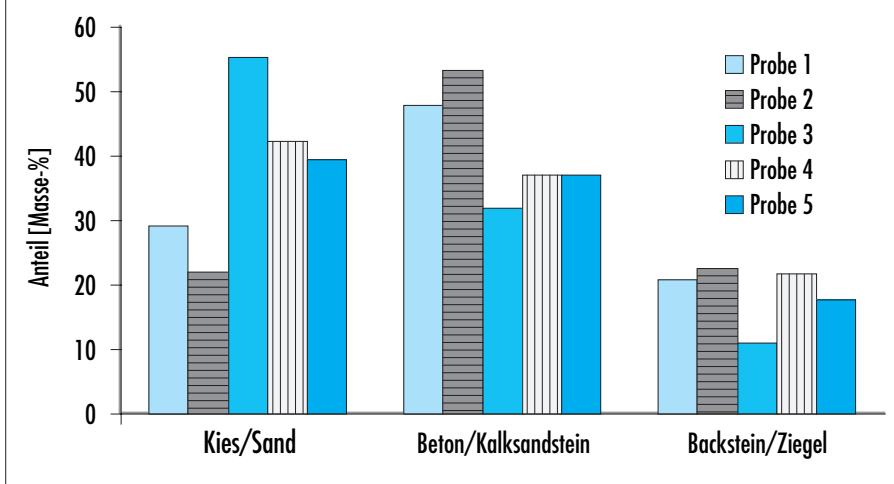
Inhaltliche Verantwortung:
Cathleen Hoffmann
 Eidg. Materialprüfungs- und
 Forschungsanstalt (EMPA).
 Abteilung Beton / Bauchemie
 Überlandstrasse 129
 8600 Dübendorf
 Telefon 01 823 41 38
 Fax 01 823 40 35
 Cathleen.Hoffmann@empa.ch
 www.empa.ch

und
Sandra Laubis
 Koordinationsstelle für Umweltschutz
 Postfach
 8090 Zürich
 Telefon 043 259 30 23
 Fax 043 259 51 26
 sandra.laubis@bd.zh.ch
 www.umweltschutz.zh.ch

Siehe auch Artikel «Bauen mit Recyclingbeton fördern» auf Seite 9 und «Aus Bauschutt wird Beton» auf Seite 11.

ÖKOLÖGISCH BAUEN

Schwankungen in der stofflichen Zusammensetzung von Mischabbruch



Mischabbruchgranulat kann je nach Herkunft stofflich sehr unterschiedlich zusammengesetzt sein. Quelle: EMPA

asphalt, Strassenaufbruch, Betonaufbruch, Mischabbruch, Juli 1997) besteht.

Was kann rezykliert werden?

Um aus Betongranulat oder Mischabbruchgranulat Recyclingbeton herzustellen, müssen die massgebenden Eigen-

schaften des Granulats bekannt sein, vor allem auch dessen Streuung und Qualität. Abhängig sind diese vom Aufbereitungsprozess sowie dem Ausgangsmaterial: mineralische Baustoffe, die beim Rückbau bzw. Abbruch von Hoch-, Tief- und Ingenieurbauwerken gewonnen werden.

Während sich Recyclingbeton aus Betongranulat (RC-Beton B) heute bereits einigermaßen etabliert hat, repräsentiert Mischabbruch-Recyclingbeton (RC-Beton M) schon einen nächsten und aktuellen Entwicklungsschritt. Sowohl auf der planenden und ausführenden Seite, als auch bei bau- und umweltpolitischen Akteuren besteht ausgeprägtes Interesse an Recyclingbeton aus Mischabbruchgranulat. Im Weiteren soll vorgestellt werden, wie sich dieser von konventionellem Beton unterscheidet und was dies für die Verarbeitung bedeutet.

Recyclingbeton aus Mischabbruch: Rezepturen anpassen

Gebrochene Gesteinskörnung erfordert mehr Bindemittelgehalt

Mischabbruchgranulat weist Schwankungen in seiner stofflichen Zusammensetzung auf (siehe Grafik links oben). Diese Varianz beeinflusst die Frisch- und Festbetoneigenschaften deutlich.

Kornform und vor allem auch Kornverteilung des Granulates hängen von der Art der Aufbereitung ab. Durch das

Eigenschaften des Granulats	Üblicherweise verwendeter konventioneller Beton	Recyclingbeton aus Mischabbruchgranulat (RC-Beton M)
Ausgangsmaterial	Primärmaterial: natürlicher Kiessand	Sekundärmaterial: aufbereitete mineralische Bauabfälle bestehend aus Betongranulat, Ziegelschrot, künstlicher Kalksandstein
Kornform, Kornverteilung	hoher Anteil an kubischen Körnern mit gerundeter Oberfläche	hoher Anteil an nicht kubischen Körnern mit gebrochener Oberfläche
Porosität		
Rohdichte		
Wasseraufnahme		
Hohlraumgehalt	24 bis 27 Vol-% (Schweizer Mittelland)	36 bis 40 Vol-%
Mischungsherstellung		
Bindemittelmittelvolumen		
Wasserdosierung		
W/Z-Wert	ca. 0,45 bis 0,60	ca. 0,60 bis 0,80
Verarbeitbarkeit		
Festbetoneigenschaften		
Druckfestigkeitsklasse	C 50/60	C 25/30
E-Modul [N/mm ²]		
Schwinden [%]		
Kriechen [%]		

Eigenschaften des konventionellen Betons im Vergleich zu Recyclingbeton aus Mischabbruchgranulat.

Brechen des Materials erhält man ein Granulat, welches nicht wie natürlicher Kiessand einen hohen Anteil an kubischen Körnern mit gerundeter Oberfläche aufweist, sondern einen hohen Anteil an nicht kubischen Körnern mit gebrochener Oberfläche.

Die Kornform wirkt sich im lose geschütteten Material auf dessen Hohlraumgehalt aus, der mit 36–40 Volumenprozent wesentlich grösser ist als der des natürlichen Kiessandes (Schweizer Mittelland rund 24–27 Volumenprozent). Entsprechend wird ein erhöhter Anteil an Zement- bzw. Bindemittelleim benötigt, um den Frischbeton gut verarbeiten zu können.

Porosität erfordert höhere Wasserdosierung

Ein entscheidender Punkt bei der Betonherstellung ist die grosse Porosität des Mischabbruchgranulats. Die Wasseraufnahme, welche bei Mischabbruchgranulat bedeutend grösser ist als bei natürlichem Kiessand, wird durch Porenstruktur und -volumen des Granulats beeinflusst und steht in direkter Beziehung zur Rohdichte des Granulats.

Je kleiner die Rohdichte (infolge grösserer Porosität) desto höher ist die Wasseraufnahme. Da bei der Betonherstellung ein Teil des Wassers sogleich vom Mischabbruchgranulat aufgesogen wird, muss mit einer höheren Wasserdosierung gearbeitet werden.

Festbetoneigenschaften bestimmen den Einsatzort

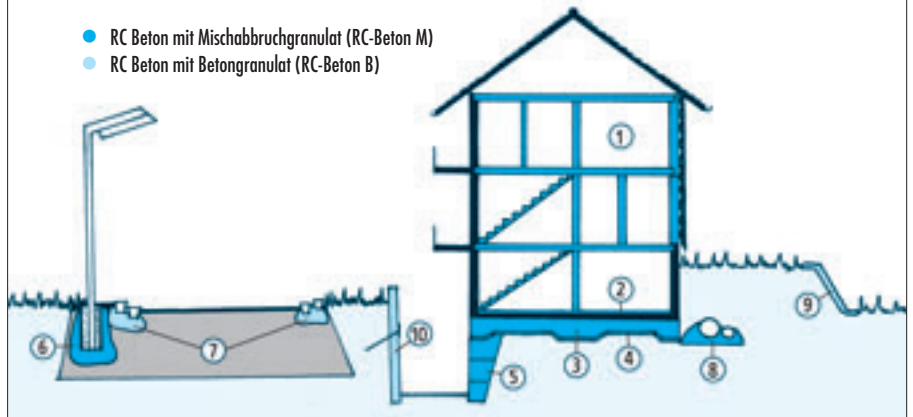
Die genannten Eigenschaften des Mischabbruchgranulats beeinflussen denn auch die mechanischen Eigenschaften des Festbetons entscheidend und bestimmen damit, wo eine Anwendung des Betons aus Mischabbruch sinnvoll ist.

Geforderte Druckfestigkeit erreicht

Die Druckfestigkeit von Beton aus Mischabbruchgranulat ist – wie bei konventionellem Beton abhängig vom jeweiligen Wasser/Zement-Wert (W/Z-Wert). Aber: Bei vergleichbaren W/Z-Werten unterscheiden sich die Druckfestigkeitswerte von Beton aus Mischabbruchgranulat und konventionellem Beton deutlich. Der Unterschied ist auf das höhere Wasser-saugen des Granulats in der Frischbetonphase, auf die geringere Druckfestigkeit

Mögliche Einsatzgebiete für Recyclingbeton

- RC Beton mit Mischabbruchgranulat (RC-Beton M)
- RC Beton mit Betongranulat (RC-Beton B)



Hochbau		
①	Innenbereich: Wände, Decken, Treppen bewehrt, innen trocken. Aussenwände mit aufgebrachtener Aussendämmung.	● ¹ ●
②	Bodenplatten nicht wasserdicht	● ●
③	Fundament unbewehrt	● ●
④	Sauberkeitsschicht	● ●
⑤	Unterfangungen	● ●
Strassenbau		
⑥	Fundament für Kandelaber, Leitplanken, Lichtsignalanlagen und Signalisationsanlagen	● ² ●
⑦	Pflasterung	●
	Hydraulisch gebundene Tragschicht (Achtung Grundwasserschutzzone!)	● ●
Kanalisationsbauten, Werkleitungen und Hilfsbauten		
⑧	Füll- und Hüllbeton	● ●
⑨	Temporäre Böschungssicherung	●
⑩	Rühlwände	●

¹ Stützen, Wände und Decken mit geringer Spannweite und Treppen geringer Schlankeheit.

² Nicht im Bereich einer Frost-Tausalzbeanspruchung.

Quelle: Kofu

des Granulats und auf das unterschiedliche Bindemittelleimvolumen zurückzuführen.

Beton aus Mischabbruchgranulat verhält sich bezüglich der Druckfestigkeit indessen «gutmütiger» gegenüber W/Z-Wert-Schwankungen als konventioneller Beton. Bei einer ökologisch und ökonomisch vertretbaren Zementdosierung (bis max. 350 kg/m³) und einer Verwendung von 100 Prozent Mischabbruchgranulat wurden bisher für normale Bauten völlig ausreichende Druckfestigkeiten von bis zu 40 N/mm² erreicht.

Elastizitätsmodul beachten

Beton aus natürlichem Kiessand weist eine direkte Beziehung zwischen Druckfestigkeit (fc) und Elastizitätsmodul (E-Modul, E) von etwa E=11000*3√fc auf. Mit steigendem Anteil an Kalksandstein- und Backsteinabbruch wird hingegen das E-Modul bei gleichbleibender Druckfes-

tigkeit kleiner. Beton aus 100 % Mischabbruch kann einen E-Modul zwischen E=5000 und 8000 aufweisen. Je kleiner das E-Modul, desto höher wird die Verformung, die ein Bauteil bei Belastung aufweisen wird. So würde sich beispielsweise eine Decke mit grosser Spannweite, hergestellt mit Beton aus 100 Prozent Mischabbruch, bedeutend stärker durchbiegen als wenn sie aus konventionellem Beton hergestellt ist.

Schwinden grösser

Aufgrund des höheren Bindemittelleimvolumens und der höheren Wasserdosierung schwindet Beton aus 100 Prozent Mischabbruchgranulat um rund das Doppelte stärker als konventioneller Beton. In der Bauausführung begegnet man diesem Verhalten unter anderem, indem man kleinere Betonierabschnitte wählt.

Höhere Porosität des Festbetons

Da im Vergleich zu konventionellem Beton bei Beton aus Mischabbruchgranulat mit einem höheren Bindemittelmengen und höherem W/Z-Wert gearbeitet wird, ist auch das Volumen an Kapillarporen sowie der Kapillarporendurchmesser und demzufolge die Wasserleitfähigkeit grösser. Aus diesem Grund empfiehlt sich hier ein Einsatz eher in Innenräumen als in ungeschützt exponierten Aussenbereichen (siehe Grafik Seite 15).

Recyclingbeton-M gezielt einsetzen

Die SIA-Norm 162/4 empfiehlt, Recyclingmaterial mit einem Anteil grösser drei Masseprozent an Mischabbruch (Backstein, Ziegelschrott, Kalksandstein usw.) nur als Gesteinskörnung für nicht klassifizierten Beton einzusetzen. Diese Einschränkung deckt sich allerdings nicht mit den heutigen, betontechnologischen Möglichkeiten. Die Untersuchungsergebnisse der EMPA zeigen, dass es keine betontechnologischen Gründe gibt, mineralische Bauabfälle mit einem Anteil über drei Masseprozent nicht auch für klassifizierten Beton zu verwenden. Voraussetzung ist jedoch, dass diese Gesteinskörnung die Anforderungen der SIA 162/4 bezüglich Verunreinigungen, Chlorid- und Sulfatgehalt erfüllt.

Diese bisherigen Untersuchungsergebnisse zeigen jedoch auch, dass Recyclingbeton, der aus Mischabbruchgranulat hergestellt wird, im Vergleich zu konventionellem Beton qualitative Grenzen aufweist. Er sollte also entsprechend seinen Eigenschaften eingesetzt werden. Um eine nutzbringende Verwendung dieses Recyclingbetons zu fördern, erscheint es wichtig, dass bezüglich der Qualitätsanforderungen die «Höhe der Messlatte» auf die vorgegebenen bzw. die realistisch möglichen Zielgrössen und Verwendungsarten abgestimmt ist.

Recyclingbeton...

... ist Beton mit einem Zuschlag über 25 Masseprozent Betongranulat, Mischabbruchgranulat oder einer Mischung aus beidem (Schweizer Norm SN EN 206-1).

Stadt Zürich baut mit Recyclingbeton

Nachgefragt bei Werner Hofmann

Leiter der Fachstelle Ingenieurwesen beim Amt für Hochbauten der Stadt Zürich (AHB) Amthaus III, Lindenhofstrasse 21 Postfach, 8021 Zürich



Die Schulanlage Birch mit 36 Klassenzimmern, 4 Kindergärten und einer Turnhalle wurde im August 2004 in Betrieb genommen. Sie ist der erste öffentliche Recycling-Beton-Bau der Stadt Zürich dieser Grösse. Einige Vorgaben dazu gab es im Projekt-Handbuch des Amtes für Hochbauten.

Herr Hofmann, wo hat das Amt für Hochbauten der Stadt Zürich Recyclingbeton beim Schulhaus Birch eingesetzt?

Für praktisch alle Ortbetonbauteile, grundsätzlich kann überall Recyclingbeton eingesetzt werden. Ausnahmen bilden Betonelemente und wenige Bauteile in selbstverdichtetem Beton (SCC-Betone), welche vom Amt für Hochbauten speziell bewilligt werden müssen.

Am anspruchsvollsten war der vorgespannte Beton bei den Turnhallenträgern und wasserdichter Beton für die Untergeschosse. Um letzteren zu erhalten, wird Recycling-Kies aus einer Bodenwaschanlage verwendet.

In welchen Bereichen haben Sie Recyclingbeton aus Mischabbruch und in welchen aus Betonabbruch eingesetzt?

Mischabbruch-Beton konnte bei der Schulanlage Birch nur beim Magerbeton verwendet werden.

Künftig können jedoch auch andere Bauteile damit ausgeführt werden. Das hat die EMPA-Studie ergeben, die das Amt für Hochbauten im Herbst 2003 initiiert hatte (siehe Haupttext).

Gibt es Besonderheiten, welche der Architekt für ein Gebäude aus Recyclingbeton schon beim Entwurf des Gebäudes berücksichtigen muss?

Grundsätzlich entstehen für den Architekten praktisch keine Einschränkungen im Bereich der Gestaltung. Auch Sichtbeton ist mit RC-Beton problemlos möglich.

Beton mit mindestens 25 Masseprozent Betongranulat und/oder Mischabbruchgranulat kann bereits als Recyclingbeton angeboten werden. Wie berücksichtigen Sie das bei einer Ausschreibung bzw. bei der Submission?

Der Recyclinganteil des von uns verwendeten Betons beträgt rund 90 Prozent. Bei gleichem Preis hat grundsätzlich das Angebot mit höherem Recyclinganteil Vorrang.

Was spricht aus ihrer Sicht für den Einsatz von Recyclingbeton?

Die Möglichkeit, Ressourcenströme zu reduzieren, schliesslich sind unsere Kiesvorkommen begrenzt. Aber auch der Preisvorteil: Der Recyclingbeton ist tendenziell etwas günstiger.

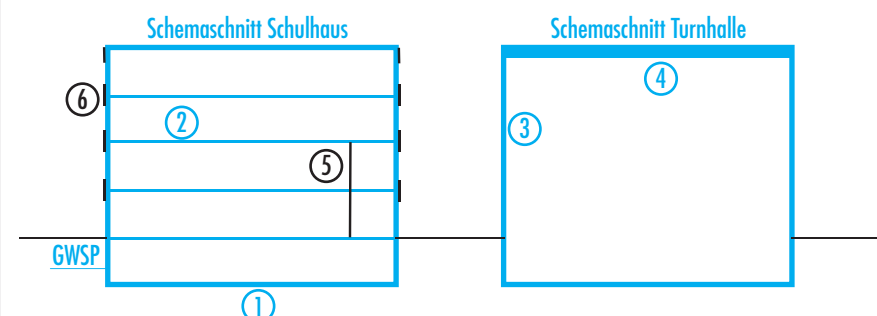
Plant die Stadt weitere Gebäude mit Recyclingbeton?

Unsere Neubauten werden seit 2002 grundsätzlich alle mit Recyclingbeton erstellt.

Welchen Tipp haben Sie für einen Bauherrn der RC-Beton einsetzen will?

Grundsätzlich ist als Lieferant des Betons ein Werk mit sehr hohem Know-how und grosser Liefermenge vorzuziehen. Frühzeitige Qualitätssicherung liefert Sicherheit für alle Beteiligten.

«Schulhaus Im Birch» Zürich Nord



1. Wanne aus wasserdichtem RC-Beton-B
2. Sehr schlanke Bauteile wegen Gesamthöhe Schulhausbau in RC-Beton-B als Sichtbeton
3. Hohe Stützen in der Turnhalle in RC-Beton-B als Sichtbeton
4. Träger mit 36 Meter Spannweite in RC-Beton-B als Sichtbeton, vorgespannt
5. Doppelgeschossige Stützen ohne Fugen mit selbstverdichtendem Beton
6. Fassadenelemente aus Werk mit Spezialrezeptur