

# Recyclingbeton zwischen Ökologie und Quantität

Autor(en): **Hoffmann, Cathleen**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Tec21**

Band (Jahr): **131 (2005)**

Heft 3-4: **Nachhaltiges Bauen**

PDF erstellt am: **11.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-108517>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.



Cathleen Hoffmann

## Recyclingbeton zwischen Ökologie und Qualität

**Eine Grundlage des nachhaltigen Bauens ist die Verwendung ressourcenschonender, rezyklierter Baustoffe. Beton als wichtigster Massenbaustoff weist diesbezüglich ein grosses Potenzial auf, das durch die heute etablierte Herstellung von Recyclingbeton aus Betongranulat erst teilweise ausgeschöpft wird. Die Herstellung von Recyclingbeton aus Mischabbruchgranulat ist der nächste, viel versprechende Entwicklungsschritt, dem Produkt wird aber noch mit Skepsis begegnet. Aktuelle Forschungsergebnisse zeigen, dass bei Beachtung der spezifischen technologischen und bautechnischen Randbedingungen «Beton aus Bauschutt» in Zukunft für zahlreiche Anwendungen eine valable Alternative ist.**

Die Verwendung mineralischer Bauabfälle als Baustoffe wird für die schweizer Bauindustrie immer wichtiger und anspruchsvoller. Unter anderem fordern öffentliche Bauträgerschaften bei grösseren Objekten im Hochbau, Recyclingbeton vermehrt auch als Konstruktionsbeton einzusetzen. Verschiedene kommunale Hochbauämter entwickeln gegenwärtig das gemeinsame Label «eco-bau» für eine gesunde und ökologische Bauweise. Damit soll die verbindliche Umsetzung einer nachhaltigen und ressourcenschonenden Bauweise bereits in der Planungsphase vorgegeben und in der Realisierungsphase erreicht werden. Es ist absehbar, dass dabei Recyclingbeton zunehmend eine zentrale Rolle spielen wird.

### **Schwierige Umsetzung in die Praxis**

Bis zum Jahr 2010 ist mit einer Zunahme der Menge an Betonabbruch um ca. 40% beziehungsweise um knapp 30% an Mischabbruchgranulat zu rechnen (Bild 3). Dem ausgewiesenen Bedarf, aufbereitete Gesteinskörnungen wie Betongranulat und Mischabbruchgranulat vermehrt bei der Betonherstellung zu verwenden, stehen jedoch noch immer Unsicherheiten in materialtechnologischer und ingenieurstruktureller Hinsicht



1 + 2

**Betongranulat (links) und Mischabbruchgranulat (rechts)**  
(Bilder: Empa)

gegenüber. Festgelegte Einschränkungen in Normierungen erschweren ebenfalls eine den heutigen beton-technologischen Möglichkeiten entsprechende Verwendung. So empfiehlt die Norm SIA 162/4, Recyclingmaterial mit einem Anteil an Mischabbruch (Backstein, Ziegelschrot, Kalksandstein usw.) grösser als drei Massenprozent nur als Gesteinskörnung für nicht klassifizierten Beton einzusetzen.<sup>1</sup>

Letztlich ist die Verwendung von Recyclingbeton auch eine Frage des Preises. Der Markt stellt hier eine regulierende Grösse dar. Eine Verteuerung der primären Rohstoffe würde eine recyclinggerechte Bauweise zweifellos fördern. Auch die Verknappung der Rohstoffe infolge restriktiver Abbaugenehmigungen oder Einschränkungen, Rohstoffe «billig» aus dem Ausland zu beziehen, würden das Recycling attraktiver machen. Ob dies relevante Alternativen sind, muss jedoch – neben der Berücksichtigung ökologischer Kriterien – auch unter volkswirtschaftlichen Gesichtspunkten betrachtet werden.<sup>2</sup>

### Was ist Recyclingbeton?

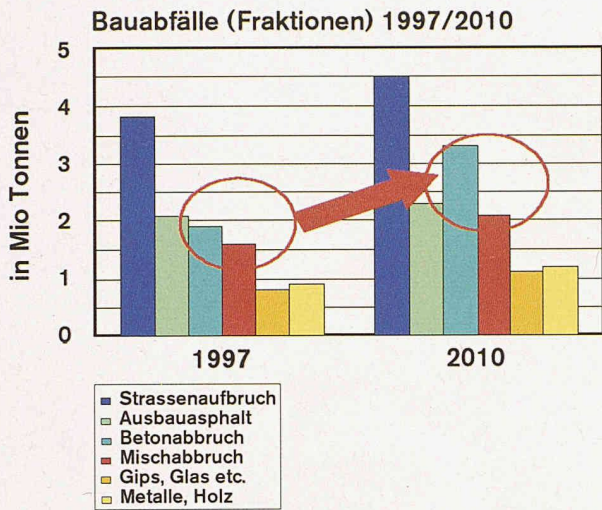
Grundsätzlich wird zwischen Recyclingbetonen unterschieden, die mit Betongranulat, mit Mischabbruchgra-

natul oder mit Material aus der Bodenwäsche hergestellt werden. Betongranulat besteht zu mindestens 95% aus Kies-Sand und Betonabbruch (Bild 1), während sich Mischabbruchgranulat aus einem Gemisch von Betongranulat, Backsteinschrot, Ziegelschrot und künstlichem Kalksandstein zusammensetzt (Bild 2). Beim Material aus der Bodenwäsche handelt es sich mehrheitlich um Kies-Sand, der durch eine physikalisch-chemische Aufbereitung kontaminierten Bodenmaterials gewonnen wird. Die Eigenschaften des Materials aus der Bodenwäsche sind vergleichbar mit natürlichem Kies-Sand (Primärmaterial).

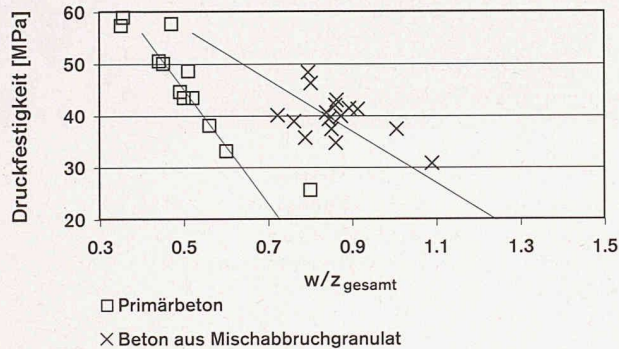
Entsprechend der Schweizer Norm SN EN 206-1 (2000) wird ein Beton dann als Recyclingbeton bezeichnet, wenn dessen Gesteinskörnung zu mindestens 25 Massenprozent aus Betongranulat und / oder Mischabbruchgranulat im Sinne der Buwal-Richtlinie von 1997 für die Verwertung mineralischer Bauabfälle (Ausbausphal, Strassenaufbruch, Betonaufbruch, Mischabbruch) besteht.

### Technologische Eigenschaften

Um aus Betongranulat oder Mischabbruchgranulat Recyclingbeton herzustellen, müssen die massgeben-

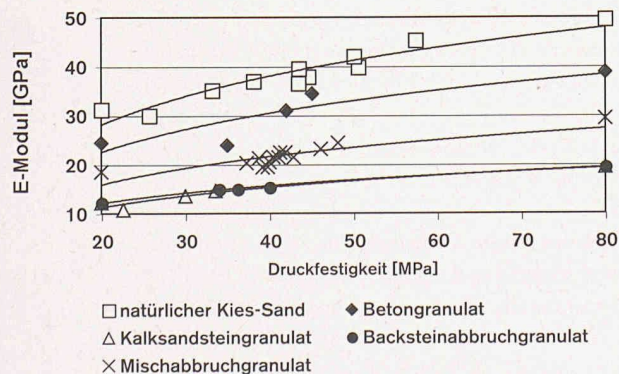


3  
Mengenangaben der Bauabfälle für die gesamte Schweiz  
(Daten: Buwal, Hochbauamt der Stadt Zürich)



4  
Druckfestigkeit in Abhängigkeit vom w/z-Wert. Berücksichtigtes Wasser: Zugabewasser und Eigenfeuchte der Gesteinskörnung

Gesteinskörnung	E-Modul	%
Natürlicher Kies-Sand	ca. $11500 \cdot f_c^{1/3}$	100
Betongranulat	ca. $9000 \cdot f_c^{1/3}$	78
Mischabbruchgranulat	ca. $6000 \text{ bis } 8000 \cdot f_c^{1/3}$	52 bis 70
Kalksandsteingranulat	ca. $4500 \cdot f_c^{1/3}$	39
Backsteinabbruchgranulat	ca. $4500 \cdot f_c^{1/3}$	39



5 + 6  
Verhältnis zwischen Druckfestigkeit und E-Modul (oben) und Abhängigkeit des E-Moduls von der Druckfestigkeit (unten) bei Betonen, die mit verschiedenen Gesteinskörnungen hergestellt wurden

den Eigenschaften des Granulats und insbesondere ihre Streuung bekannt sein. Diese sind vom Ausgangsmaterial (mineralische Baustoffe, die beim Rückbau von Hoch-, Tief- und Ingenieurbauwerken gewonnen werden) und vom Aufbereitungsprozess abhängig. Während sich Recyclingbeton aus Betongranulat heute einigermaßen etabliert hat, repräsentiert Mischabbruch-Recyclingbeton einen nächsten Entwicklungsschritt. Sowohl auf der planenden und ausführenden Seite als auch bei bau- und umweltpolitischen Akteuren besteht Interesse an Recyclingbeton aus Mischabbruchgranulat. Dabei steht die Frage im Vordergrund, wie sich dieser Baustoff von Beton unterscheidet, der aus Primärmaterial (Primärbeton) hergestellt wird.

### Eigenschaften von Mischabbruchgranulat

Da das aufbereitete Material nicht aus einem homogenen Vorkommen stammt, weist Mischabbruchgranulat in seiner stofflichen Zusammensetzung Schwankungen auf. Diese Varianz beeinflusst die Frisch- und Festbetoneigenschaften deutlich. Die Kornform und vor allem die Kornverteilung hängen von der Art der Aufbereitung ab. Durch das Brechen des Materials entsteht ein Granulat, welches nicht wie natürlicher Kies-Sand einen hohen Anteil an kubischen Körnern mit gerundeter Oberfläche aufweist, sondern einen hohen Anteil an nichtkubischen Körnern mit kantiger Oberfläche. Diese Kornform wirkt sich im lose geschütteten Material auf den Hohlraumgehalt aus, der mit 36–40 Vol.-% wesentlich grösser ist als der des natürlichen Kies-Sandes (Schweizer Mittelland ca. 24–27 Vol.-%). Entsprechend wird für einen gut verarbeitbaren Beton ein erhöhter Anteil an Zement- bzw. Bindemitteln benötigt.

Ein entscheidender Punkt bei der Betonherstellung ist die hohe Porosität des Mischabbruchgranulats. Die Wasseraufnahme, welche bei Mischabbruchgranulat bedeutend grösser ist als bei natürlichem Kies-Sand, wird durch Porenstruktur und -volumen des Granulats bestimmt. Die Wasseraufnahme des Granulats und dessen Rohdichte stehen in direkter Beziehung zueinander. Je kleiner die Rohdichte ist, desto grösser ist die Wasseraufnahme. Da bei der Betonherstellung ein Teil des Wassers sogleich vom Mischabbruchgranulat aufgesogen wird, muss mit einer höheren Wasserdosierung gearbeitet werden.

### Festbetoneigenschaften

Die Eigenschaften des Mischabbruchgranulats beeinflussen die Eigenschaften des Festbetons entscheidend und bestimmen damit die jeweiligen Anwendungsbereiche. Voraussetzung ist, dass das Mischabbruchgranulat die Anforderungen der SIA 162/4 bezüglich Verunreinigungen, Chlorid- und Sulfatgehalt erfüllt.<sup>3</sup> Die Rohdichte des Festbetons aus Mischabbruchgranulat (2000–2300 kg/m<sup>3</sup>) ist tiefer als die Rohdichte des Primärbetons von 2400 kg/m<sup>3</sup>.

### Druckfestigkeit

Die Druckfestigkeit von Beton aus Mischabbruchgranulat ist – wie bei konventionellem Beton – vom jeweiligen Wasser/Zement-Wert (w/z-Wert) abhängig. Bei vergleichbaren w/z-Werten unterscheiden sich die

Druckfestigkeitswerte von Beton aus Mischabbruchgranulat und aus Primärbeton (Bild 4). Der Unterschied ist auf das höhere Wassersaugen des Granulats in der Frischbetonphase, auf die geringere Druckfestigkeit des Granulats und auf das unterschiedliche Bindemittelleimvolumen zurückzuführen. Durch die Wasseraufnahme des Mischabbruchgranulats während des Abbindens wird dem Bindemittelleim lokal Wasser entzogen. Dadurch verbessert sich die Qualität des Zementsteins. Mit einer ökologisch vertretbaren Zementmenge von  $325 \text{ kg/m}^3$  konnten Druckfestigkeiten von bis zu 40 MPa erreicht werden.

### E-Modul

Beton aus natürlichem Kies-Sand weist eine direkte Beziehung zwischen der Druckfestigkeit ( $f_c$ ) und dem E-Modul (E) von etwa  $E = 11000 \cdot f_c^{1/3}$  auf (vgl. SIA 262). Mit steigendem Anteil an Kalksandstein- und Backsteinabbruch wird hingegen der E-Modul bei gleichbleibender Druckfestigkeit kleiner (Bilder 5 und 6). Je kleiner der E-Modul ist, desto höher wird die Verformung, die ein Bauteil bei Belastung aufweisen wird. So würde beispielsweise eine Decke mit grosser Spannweite bedeutend höhere Durchbiegungen aufweisen, wenn sie mit Beton aus 100 % Mischabbruch statt aus Primärbeton hergestellt ist.

### Schwinden

Aufgrund des höheren Bindemittelleimvolumens und der höheren Wasserdosierung schwindet Beton aus 100 % Mischabbruchgranulat knapp doppelt so stark wie Primärbeton. In der Bauausführung begegnet man diesem Verhalten u. a. dadurch, dass man kleinere Betonieretappen wählt.

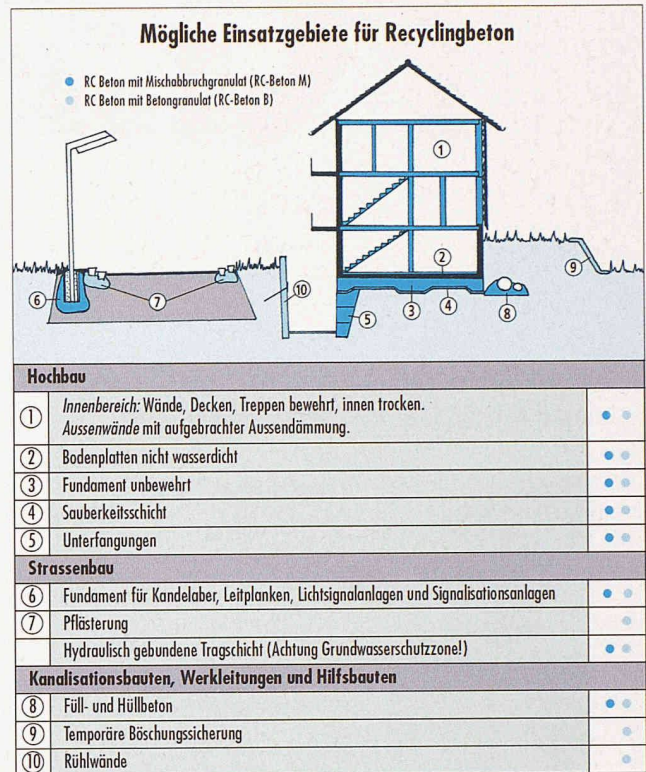
### Wasserleitfähigkeit

Da im Vergleich zu Primärbeton bei Beton aus 100 % Mischabbruchgranulat mit einem höheren Bindemittelleimvolumen 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 ein Einsatz eher in Innen- als in ungeschützt exponierten Aussenbereichen.

### Recyclingbeton hat Zukunft

Der Bedarf für das Herstellen grosserer Mengen an Recyclingbeton – hier insbesondere aus Mischabbruchgranulat – ist aufgrund der grossen verfügbaren Mengen an Bauschutt und aus umweltpolitischen Gründen ausgewiesen.<sup>4,5</sup> Eine sinnvolle Wiederverwertung von Bauschutt drängt sich auf, Markt und Nachfrage für Recyclingbeton sind vorhanden und werden weiter gefördert.

Die bisherigen Forschungsergebnisse zeigen, dass die üblichen Beziehungen zwischen den einzelnen Prüfgrössen beim Frisch- und Festbeton aus Alluvialkies nicht direkt auf Recyclingbeton aus Mischabbruchgranulat übertragbar sind. Unter Beachtung der beton-technologischen und bautechnischen Besonderheiten sind interessante Einsatzgebiete für diesen Recycling-



### 7

**Mögliche Einsatzgebiete von Beton hergestellt mit Mischabbruch- bzw. Betongranulat. Mischabbruchgranulat ist für Stützen, Wände und Decken geringer Schlankheit geeignet und für Fundamente in nicht Frost-Tausalz-beanspruchten Bereichen**

beton, wie in Bild 7 schematisch dargestellt, jedoch durchaus vorhanden.<sup>6</sup>

Um eine nutzbringende Verwendung des Recyclingbetons aus Mischabbruchgranulat zu fördern, ist es wichtig, dass die Qualitätsanforderungen auf die vorgegebenen bzw. die realistisch möglichen Zielgrössen und Verwendungsarten abgestimmt sind.

Cathleen Hoffmann, dipl. Ing. TU  
Beton / Bauchemie Empa,  
Überlandstrasse 128, 8600 Dübendorf  
cathleen.hoffmann@empa.ch

### Anmerkungen

- 1 SIA 162/4 Recyclingbeton, Empfehlung Ausgabe 1994.
- 2 R. Wagner: Von Märkten und Rahmenbedingungen. tec21 Nr. 10, März 2004.
- 3 Forschungsauftrag VSS 1998/071 (04/98): Stoffliche Zusammensetzung und Beurteilung der langfristigen Umweltverträglichkeit von Sekundärbaustoffen, 2002.
- 4 SIA: Umweltaspekte von Beton – Information zur Umweltverträglichkeit. Zürich, 03.04.1998.
- 5 Buwal: Bauabfälle Schweiz – Mengen, Perspektiven und Entsorgungswege. Teil 1, 1997.
- 6 C. Hoffmann: Mischabbruch kann sinnvoll bei Neubauten eingesetzt werden. UmweltPraxis Nr. 38, September 2004.

## Nachhaltige Entwicklung als Vision im Bauwesen

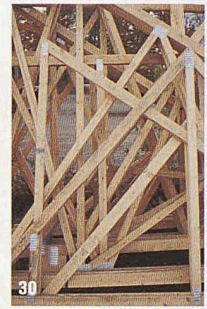
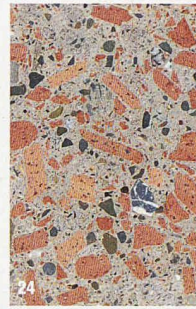
Als der Bundesrat im Vorfeld des Weltgipfels von Johannesburg seine «Strategie Nachhaltige Entwicklung 2002» beschloss, tat er dies im Bewusstsein über die Bedeutung des Bauwesens. Im Handlungsfeld 7 zur Raum- und Siedlungsentwicklung hielt er unmissverständlich fest: «Speziell sei ... die Bedeutung des Bauwesens für die Nachhaltige Entwicklung hervorgehoben. Als eine der bedeutendsten Wirtschaftsbranchen, die hohe Stoff- und Energieflüsse generiert und die mit ihren Bauten das gesellschaftliche Leben mitprägt, ist dessen Einbindung in die Politik der Nachhaltigen Entwicklung unerlässlich.»

Mittlerweile können wir feststellen, dass die Nachhaltige Entwicklung im Bauwesen nicht nur ernsthaft diskutiert, sondern auch immer mehr umgesetzt wird. Dies belegen neben zahlreichen vorbildlichen neueren Bauten auch so verschiedene Handlungsansätze wie die Erarbeitung einer Empfehlung zum nachhaltigen Bauen durch den SIA, das zunehmend angewandte Recycling von Beton oder die Verbreitung des Minergie-Standards. Auch in der Forschung bewegt sich viel, insbesondere dank dem Nationalen Forschungsprogramm 54, «Nachhaltige Siedlungs- und Infrastrukturentwicklung».

So positiv diese Entwicklungen sind, müssen sie doch in einem Kontext gesehen werden, der einen weiterhin grossen, ja wachsenden Handlungsbedarf generiert. Denn wenn wir den Blick über erfreuliche Einzelbauten und Einzelprojekte hinaus auf die Raum- und Siedlungsentwicklung lenken, so müssen wir feststellen, dass Phänomene wie der Bodenverbrauch, die Zersiedlung der Landschaft, die Periurbanisierung, also eine starke Siedlungsentwicklung an den Rändern der Agglomerationsräume, und das Verkehrswachstum unvermindert weitergehen.

Die grosse Herausforderung der kommenden Jahre liegt darin, die Raum- und Siedlungsentwicklung insgesamt in nachhaltigere Bahnen zu lenken. Interessanterweise thematisierte auch der Bundesrat das Bauwesen in seiner Nachhaltigkeitsstrategie nicht als eigenständiges Thema, sondern als Teil der Raum- und Siedlungsentwicklung. Dabei forderte er beispielsweise eine Stabilisierung des Bodenverbrauchs bei 400 m<sup>2</sup> pro Kopf der Bevölkerung.

Das Bundesamt für Raumentwicklung ist im Rahmen eines in diesem Frühjahr zu publizierenden «Raumentwicklungsberichts» daran aufzubereiten, welche konkreten Anforderungen an die Raumentwicklung sich in inhaltlicher, institutioneller und instrumenteller Hinsicht aus der Nachhaltigen Entwicklung ergeben, und wird konkrete Vorschläge zur Diskussion stellen. Die Ergebnisse sollen in eine vorgesehene grundlegendere Revision des Raumplanungsrechts einfließen. Voraussetzung für nachhaltige Reformen in der Raumentwicklung bleibt aber, dass in Öffentlichkeit und Politik das Bewusstsein und die Bereitschaft für griffige Massnahmen zur Steuerung der Raumentwicklung wachsen. *Pierre-Alain Rumley, Direktor Bundesamt für Raumentwicklung (ARE)*



### 5 Die Verwandlung eines Quartiers

| Roland Stulz, Christoph Hartmann | Das Basler Quartier Gundeldingen erlebt den Aufbruch in eine nachhaltige Zukunft.

### 12 Haus ohne Abwasser

| Christian Abegglen | Der Prototyp einer hauseigenen Hightech-Kläranlage wird im solothurnischen Zuchwil erprobt.

### 17 Umweltaspekte im Architekturwettbewerb

| Hansruedi Preisig | Methode zur Vorprüfung von Architekturwettbewerben auf Umweltaspekte.

### 19 Wettbewerb im Zeichen nachhaltiger Entwicklung

| Daniel Klooz, Stefan Dellenbach | Das Konzept «Nachhaltige Entwicklung» eröffnet neue Chancen auf eine breitere Sicht.

### 24 Recyclingbeton zwischen Ökologie und Qualität

| Cathleen Hoffmann | Beton aus Mischabbruchgranulat weist ein grosses Potenzial als ressourcenschonender Baustoff auf.

### 30 Kanadischer Holzbau

| Daniel Engler | Ein Blick auf Kanadas Holzhausbau zeigt Möglichkeiten und Grenzen von Kosteneinsparungen.

### 38 Nachhaltige Gebäude planen

| Peter C. Jakob | Die Empfehlung 112/1 Nachhaltiges Bauen – Hochbau mit einer CD als Hilfsmittel dient der Planung und Leistungsvereinbarung von nachhaltigem Bauen.

### 42 Wettbewerbe

| Neue Ausschreibungen | Maag-Tower, Zürich | Neues Stadt-Casino, Basel | Durachpark, Schaffhausen | Bahnhofplatz, Landquart | Obergericht, Zürich | Gemeindehaus, Bronschhofen | Mehrzweckhalle, Berneck | Bushof, Schaan |

### 56 Magazin

| Biogas effizienter als KVA-Strom | Landesmuseum: Gestaltungsplan steht | Drei neue Quartiere in Zürich | Laien nehmen Biodiversität wahr | Bücher: Sozialalmanach, Architekturführer Bodensee, Buckminster Fuller | Leserbrief |

### 64 Aus dem SIA

| Swissbau 05 | Neue Grundlagen für die Honorierung von Planern | Register Betonstahl | Tagung der BG Ingenieurbau |

### 72 Produkte

| Diverse Swissbau-Aussteller | Zug- und Drucksystem Besista | «Bbase»-Baukostensystem | Schweizer Energiefachbuch 2005 | Ganzmetallstore Metalunic | Neue Dekore | Zinsvergünstigung für nachhaltige Bauten | Holzbauofferten vergleichen |

### 94 Veranstaltungen