

## 9. Schweizer Betonforum Recyclingbeton – die sinnvolle Alternative?

Fachtagung für Architekten, Ingenieure  
und die Bauwirtschaft

1. Juli 2015, ETH Zürich, Zentrum

# Inhalt

<b>Vorwort</b> .....	<b>4</b>	<b>Unternehmerische Aspekte zur Materialwahl</b> Thomas Merz Merz Gruppe, Gebenstorf .....	<b>43</b>
<b>Die Entwicklung von Recyclingbeton – Rückblick und Ausblick</b> Prof. Dr. Susanne Kytzia, Professorin für Nachhaltigkeit im Bauwesen HSR Hochschule für Technik Rapperswil .....	<b>7</b>	<b>Zielsetzungen des öffentlichen Bauherrn: ökologisches Bauen</b> Paul Eggimann, Leiter KBOB Fachgruppe Nachhaltiges Bauen BBL, Bern .....	<b>55</b>
<b>Stand von Forschung und Entwicklung in der Schweiz</b> Cathleen Hoffmann, Dipl. Bauing. TU Dresden Holcim (Schweiz) AG, Würenlingen .....	<b>17</b>	<b>Praxisbeispiel: Schulhaus Zinzikon, Winterthur</b> Adrian Streich Adrian Streich Architekten AG, Zürich .....	<b>65</b>
<b>Praxisbeispiel: Die Schulanlage Hirzenbach, Zürich – ein frühes Werk</b> Daniel Christen Boltshauser Architekten AG, Zürich .....	<b>31</b>		

# Programm

## **13.00 Empfang, Eröffnung Tagungssekretariat**

### **13.30 Eröffnung des Betonforums**

- Prof. Dr. Joseph Schwartz, Tagungsleiter, Professur für Tragwerksentwurf, ITA, ETH Zürich
- Jörg Berli, BETONSUISSE Marketing AG, Bern

### **13.50 Die Entwicklung von Recyclingbeton – Rückblick und Ausblick**

- Prof. Dr. Susanne Kytzia, HSR Hochschule für Technik Rapperswil

### **14.20 Stand von Forschung und Entwicklung in der Schweiz**

- Cathleen Hoffmann, Holcim (Schweiz) AG, Würenlingen

### **14.50 Praxisbeispiel: Die Schulanlage Hirzenbach, Zürich – ein frühes Werk**

- Daniel Christen, Boltshauser Architekten AG, Zürich

### **15.20 Pause**

### **15.50 Unternehmerische Aspekte zur Materialwahl**

- Thomas Merz, Merz Gruppe, Gebenstorf

### **16.20 Zielsetzungen des öffentlichen Bauherrn: ökologisches Bauen**

- Paul Eggimann, Leiter Fachgruppe nachhaltiges Bauen der Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren KBOB

### **16.50 Praxisbeispiel: Schulhaus Zinzikon, Winterthur**

- Adrian Streich, Adrian Streich Architekten AG, Zürich

### **17.20 Podiumsdiskussion mit den Referenten**

- Prof. Dr. Joseph Schwartz, Leiter Podiumsdiskussion

### **17.50 Apéro riche** in der Uhrenhalle

### **Ausklang um zirka 19.00 Uhr**

## Vorwort

Ein verantwortungsvoller Umgang mit Rohstoffen und Deponieraum ist im Sinne von Mensch und Natur, denn er schont natürliche Ressourcen und schützt die Landschaft.

Durch schrumpfende Landreserven, verdichtetes Bauen und daraus resultierend zunehmende Rück- und Erneuerungsbautätigkeit nehmen die Mengen an mineralischen «Bauabfällen» enorm zu. Rund 13 Millionen Tonnen Abbruchmaterial fallen in der Schweiz Jahr für Jahr an. Dieses gewaltige Ressourcenlager eignet sich nach dem heutigen Stand der Technik zur Herstellung von Recyclingprodukten.

Im Laufe der letzten Jahre haben die Unternehmen der Kies- und Betonindustrie ihre Hausaufgaben gemacht und viel Geld in die Forschung und den Bau neuer Recyclinganlagen investiert. Ein breites Angebot an Recyclingprodukten steht bereit. Und dennoch, bislang blieb die grosse Nachfrage nach Recyclingbeton – abgesehen von den Ballungszentren, allen voran Stadt und Kanton Zürich – aus. Die teilweise fehlende Marktakzeptanz liegt in uneinheitlichen Vorschriften, nicht bekannten Normen, mangelndem Wissen und im Image des bereits einmal gebrauchten «alten» Betons begründet. Es bleibt zu hoffen, dass Bauherren und Planer im Bewusstsein ihrer ökologischen Verantwortung – dort wo sinnvoll – in Zukunft in zunehmendem Masse rezyklierte Betone ausschreiben werden.

Die Referate des heutigen Anlasses werden sicher für Gesprächsstoff sorgen – wir freuen uns, wenn Sie sich an dieser Diskussion beteiligen und Ihre Meinung zu den teilweise kontroversen Aspekten der Thematik überprüfen.

Prof. Dr. Joseph Schwartz, Tagungsleiter  
Jörg Berli, Geschäftsführer BETONSUISSE Marketing AG

Zürich, 1. Juli 2015







**Die Entwicklung von Recyclingbeton –  
Rückblick und Ausblick**

**Prof. Dr. Susanne Kytzia**  
HSR Hochschule für Technik Rapperswil

## Lebenslauf

Prof. Dr. Susanne Kytzia, Leiterin Institut für Bau und Umwelt  
HSR Hochschule für Technik Rapperswil



### Ausbildung

1990 – 1995 Promotion im Bereich Umweltmanagement an der HSG  
1985 – 1989 Studium Wirtschaftswissenschaften Universität St. Gallen HSG

### Berufslaufbahn

Seit 2006 Professorin für Nachhaltigkeit im Bauwesen an der Fachhochschule  
Ostschweiz, HSR Hochschule für Technik Rapperswil  
2000 – 2006 Assistenzprofessur für Regionalen Stoffhaushalt ETHZ  
1995 – 2000 Wissenschaftliche Mitarbeit EAWAG (Stoffhaushalt)

### Hauptbeschäftigungsfeld

Leitung Institut für Bau und Umwelt, Lehre Bachelorstudium Bauingenieurwesen  
und Raumplanung, Nachhaltiges Bauen Infrastruktur / Tiefbau

## Die Entwicklung von Recyclingbeton – Rückblick und Ausblick

Prof. Dr. Susanne Kytzia

Mit dem Begriff des Betonrecyclings bezeichnet man heute im allgemeinen Sprachgebrauch den Einsatz von Beton- und Mischgranulat in der Betonherstellung. Dafür wird Beton- oder Mischabbruch gebrochen und zu Recycling(RC)-Granulaten verarbeitet. Diese RC-Granulate werden seit vielen Jahren in der Bauindustrie erfolgreich wiederverwendet. Man erreicht hohe Recyclinganteile von weit über 70% – insbesondere für Betonabbruch. Der grösste Teil der RC-Granulate wird jedoch in loser Form wiederverwendet – beispielsweise im Strassenbau. Ihr vermehrter Einsatz in der Betonherstellung wird seit wenigen Jahrzehnten von verschiedenen Akteuren gefördert. Im vorliegenden Beitrag wird die Motivation für diese Förderung kritisch hinterfragt und aufgezeigt, wie sie in den vergangenen Jahren zur Entwicklung eines Marktes für Recyclingbetone beigetragen hat. Der Beitrag schliesst mit einem Ausblick auf die zukünftige Entwicklung und die wesentlichen Herausforderungen für die Betonindustrie.

Das Recycling von mineralischen Bauabfällen wird in der Schweiz motiviert vom Ziel der Schonung der natürlichen Ressourcen Kies sowie Land/Landschaft. Der Kiesabbau und die Deponierung von mineralischen Bauabfällen verursachen heute in der Schweiz die mit Abstand grössten Materialflüsse

aus der und in die natürliche Umwelt. Als rohstoffarmes Land importiert die Schweiz die meisten Rohstoffe in Form von Halb- und Fertigfabrikaten – beispielsweise Metalle oder Öl/Erdgas. Mineralische Baustoffe hingegen werden im eigenen Land gewonnen – mit den entsprechenden Eingriffen in Natur und Landschaft. In der Schweizer Abfallwirtschaft wird ein erheblicher Teil der Abfälle stofflich oder thermisch rezykliert. Aufgrund ihrer grossen Masse stellen die mineralischen Bauabfälle – trotz hoher Recyclingraten – die bei weitem grösste Fraktion des deponierten Abfalls dar. Mehr Betonrecycling bedeutet somit weniger Kiesabbau und weniger Deponien. Von diesem Effekt abgesehen, ist die Prozesskette des Betonrecyclings aber nicht umweltfreundlicher als die herkömmliche Betonherstellung. Hierin unterscheidet sich das Betonrecycling deutlich von anderen Recycling-Prozessketten wie beispielsweise Stahl- oder Aluminiumrecycling. Aus der lokalen Schweizer Sicht hingegen hat es wesentliche Vorteile, weil Schlüsselressourcen wie Land/Landschaft und Kies geschont werden. Dieser Effekt lässt sich aber bereits mit dem Recycling der Gesteinskörnung erreichen. Warum wird dann der Recyclingbeton besonders gefördert?

Recyclingbeton wird gefördert, weil hier das grösste Potenzial zur Verwendung von RC-Granu-

laten vorhanden ist. Bis zur Jahrtausendwende wurden RC-Granulate vor allem in loser Form im Strassenbau eingesetzt – zum Grundwasserschutz vor allem unter dem Belag. Der Anteil von RC-Granulaten in der Betonherstellung war hingegen gering – trotzdem ein erheblicher Anteil der Granulate aus der Aufbereitung von Bauabfällen aus dem Hochbau stammte. Das stellte in den 1990er-Jahren zwar kein erhebliches Problem dar, aber man begann mit einer zunehmenden Menge an Bauabfällen zu rechnen. Das Bauvolumen im «Bauwerk Schweiz» ist nach den Weltkriegen stark gewachsen und bei einer angenommenen Lebensdauer der Gebäude von 60 Jahren gehen Experten von einer deutlichen Zunahme der Bauabfälle in den ersten Jahrzehnten des 21. Jahrhunderts aus. Gleichzeitig rechnet man mit einer abnehmenden Bautätigkeit – vor allem im Strassenbau. In der Folge geht man mit einem steigenden Anteil an RC-Granulaten im neu verbauten Material aus. Hier sah man ab den 1990er-Jahren vor allem den Hochbau gefordert – und damit den vermehrten Einsatz von RC-Granulaten in der Betonherstellung. Durch eine entsprechende Förderung erreichten einige Kantone eine spürbare Erhöhung des Anteils der RC-Granulate, die in gebundener Form in der Betonproduktion eingesetzt werden. Im Kanton Zürich beispielsweise konnte man diesen

Anteil von rund 25% im Jahr 2007 auf 55% im Jahr 2014 steigern – trotzdem sich die Menge an Rückbaustoffen im gleichen Zeitraum um 30% erhöhte. Auf welche Faktoren ist dieser Erfolg zurückzuführen?

Die Zunahme des Anteils an RC-Granulaten in der Betonproduktion stellt die Kies- und Betonindustrie vor erhebliche Herausforderungen. Als Erstes gilt es, die Betonqualität sicherzustellen. Hier waren einerseits die Fachverbände und die Behörden gefordert, andererseits aber auch jeder einzelne Betonhersteller in der Entwicklung angepasster Betonrezepturen. Wichtige Meilensteine sind das SIA-Merkblatt 2030 und die Verwendungsempfehlungen der verschiedenen Fachverbände/Behörden aus den Kantonen. Die zweite Herausforderung ist die Sicherung einer ausreichenden Versorgung mit RC-Granulaten in geeigneter Qualität. Obwohl man langfristig schweizweit mit steigenden Mengen an Betongranulat rechnet, können einzelne regional orientierte Betonproduzenten keineswegs sicher sein, in den kommenden Jahren ausreichende Mengen an RC-Granulaten geeigneter Qualität beschaffen zu können. Dies hängt von vielen Faktoren ab, die ausserhalb ihres

Einflusses liegen, wie die Abbruchraten von Gebäuden der Baujahre ab 1970 oder das Neubauvolumen. Hier ist eine erhebliche Flexibilität der Betonproduzenten gefragt. Aber genau dem könnte die zukünftige Lenkungsabsicht von Politik und Verwaltung entgegenstehen. Da liegt die dritte Herausforderung. Ohne den Druck durch Politik, Verwaltung und Fachverbände hätte man den aktuell hohen Anteil von RC-Betonen im Markt nicht erreichen können. Aber es gilt trotzdem kritisch zu hinterfragen, wie viel und welchen Druck die Branche in den kommenden Jahren tatsächlich brauchen wird, um diesen Weg konsequent weiterzugehen.

Aus der Sicht des Jahres 2015 zeigt sich, dass Betone mit einem Anteil von RC-Gesteinskörnungen von über 25% (=RC-Betone) einen relevanten Anteil des Marktes ausmachen. Die Unterschiede zwischen einzelnen Kantonen sind erheblich und vielfach sind es wenige innovative Unternehmen, die in diesem Markt erfolgreich agieren (= Innovatoren). Aber die Branche hat seit einigen Jahren begonnen, sich den Veränderungen in Nachfrage (vor allem durch das nachhaltige Bauen) und Angebot (vor allem die restriktivere Bewilligungspraxis im Kiesabbau) anzupassen.

Wenn das Know-how der Branche weiter wächst und gleichzeitig die Verfügbarkeit von Betonabbruch zunimmt, ist in den nächsten Jahrzehnten mit einer weiteren deutlichen Zunahme des Marktanteils von RC-Betonen zu rechnen. Die zukünftigen Herausforderungen liegen einerseits in der Beschaffung von qualitativ hochwertigem Betonabbruch durch Qualitätssicherung in Rückbau und Aufbereitung. Andererseits muss ein konstruktiv-kritischer Lernprozess bei der Verwendung von RC-Betonen in der Konstruktion stattfinden mit Fokus auf die Dauerhaftigkeit der Bauteile.

### Was ist Betonrecycling?



Bildquelle: Deutsche Stiftung Umwelt. [https://www.dfu.de/533bild25740\\_29469.html](https://www.dfu.de/533bild25740_29469.html). Abfrage vom 13.5.2015.

Die Entwicklung von Recyclingbeton – Rückblick und Ausblick, Prof. Dr. Susanne Kytzia Seite 2  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

### Was ist Betonrecycling?



- Einsatz von RC-Granulaten in der Betonproduktion.
- Kreislauf wird nur bedingt geschlossen, da man neue Bindemittel hinzufügen muss.
- Mit einer Veränderung der Betoneigenschaften verbunden.
- Gängige Praxis in der CH-Betonwirtschaft.

Die Entwicklung von Recyclingbeton – Rückblick und Ausblick, Prof. Dr. Susanne Kytzia Seite 3  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

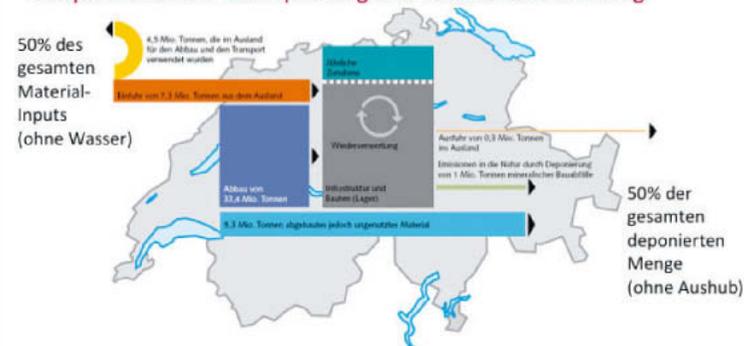
### Entwicklung von Recyclingbeton Rückblick und Ausblick

#### Überblick

- (1) Motivation: Warum wird RC-Gesteinskörnung in der Betonproduktion eingesetzt?
- (2) Herausforderung: Welche Hindernisse zeigen sich und wie begegnet man ihnen?
- (3) Ausblick: Welche Entwicklung erwartet uns?

Die Entwicklung von Recyclingbeton – Rückblick und Ausblick, Prof. Dr. Susanne Kytzia Seite 4  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

### Hauptmotivation: Raumplanung und Ressourcenschonung



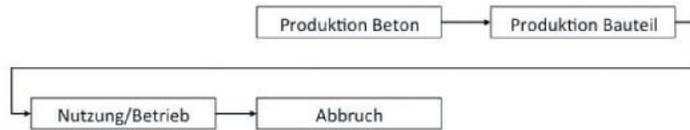
Bildquelle: BFS (2008), Materialaufwand der Schweiz, Umweltstatistik Schweiz Nr. 14, Neuchâtel 2008.

Die Entwicklung von Recyclingbeton – Rückblick und Ausblick, Prof. Dr. Susanne Kytzia Seite 5  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

### Keine Motivation: Energie, Klimaschutz und Kosten

Der Einsatz RC-Gesteinskörnung bringt in keinem Prozess in der Produktionskette Vorteile in Bezug auf den Verbrauch fossiler Energien, Klimaschutz oder Kosten.

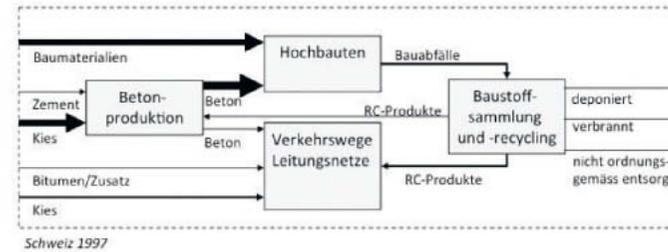
Hier dominiert bis zur Betonproduktion der Zement und anschliessend sind es andere Treiber.



Die Entwicklung von Recyclingbeton – Rückblick und Ausblick, Prof. Dr. Susanne Kytzia Seite 6  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

### Motivation für den Einsatz im Beton

Die Betonproduktion nimmt die grösste Menge an Kies ab, setzt aber eine relativ kleine Menge an RC-Granulaten ein.

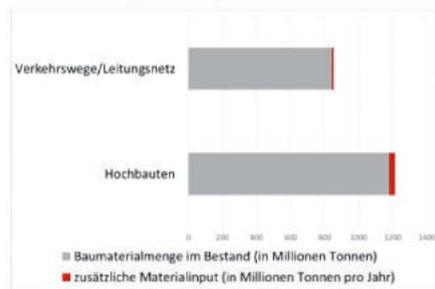


Schweiz 1997  
Bildquelle: eigene Darstellung auf der Grundlage von Cassina E. et al. Stoffliche Zusammensetzung und Beurteilung der langfristigen Umweltverträglichkeit von Sekundärbaustoffen. VSS – Forschungsauftrag Nr. VSS1998/071

Die Entwicklung von Recyclingbeton – Rückblick und Ausblick, Prof. Dr. Susanne Kytzia Seite 7  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

### Motivation für den Einsatz im Beton

Durch den Rückbau des Bestands wird in den kommenden Jahrzehnten die Bauabfallmenge ansteigen.

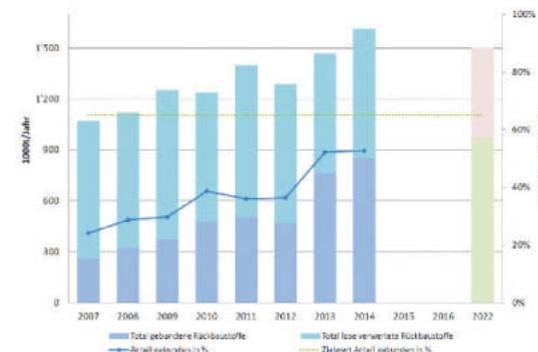


Bildquelle: eigene Darstellung auf der Grundlage von Cassina E. et al. Stoffliche Zusammensetzung und Beurteilung der langfristigen Umweltverträglichkeit von Sekundärbaustoffen. VSS – Forschungsauftrag Nr. VSS1998/071

Die Entwicklung von Recyclingbeton – Rückblick und Ausblick, Prof. Dr. Susanne Kytzia Seite 8  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

### Motivation für den Einsatz im Beton

Einsatz im Kanton Zürich

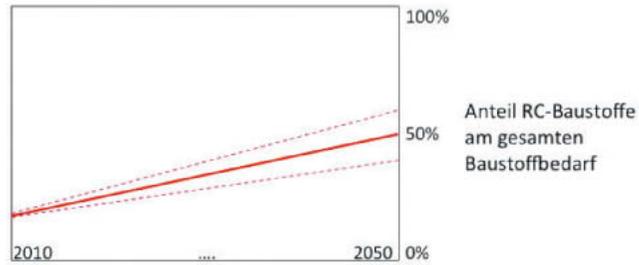


Bildquelle: Baudirektion Zürich. Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL). Abteilung Abfallwirtschaft und Betriebe. Sektion Abfallwirtschaft. 25.4.2015.

Die Entwicklung von Recyclingbeton – Rückblick und Ausblick, Prof. Dr. Susanne Kytzia Seite 9  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

### Motivation für den Einsatz im Beton

Perspektive: Neubauvolumen stagniert und Abbruchvolumen nimmt zu.



Bildquelle: eigene Darstellung in Anlehnung an: AWEL (2012), Modellierung der Bau-, Rückbau- und Aushubmaterialflüsse.

Die Entwicklung von Recyclingbeton – Rückblick und Ausblick, Prof. Dr. Susanne Kytzia Seite 10  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

### Herausforderungen: Welche Hindernisse zeigen sich und wie begegnet man ihnen?

- (i) Wie setzt man RC-Gesteinskörnung so ein, dass die Betonqualität gewährleistet ist?
- (ii) Ist die Versorgung mit RC-Gesteinskörnung gesichert?
- (iii) Führt die Förderung von RC-Beton durch die öffentliche Hand kurzfristig zu Rahmenbedingungen, die ein vernünftiges unternehmerisches Handeln erschweren?

Die Entwicklung von Recyclingbeton – Rückblick und Ausblick, Prof. Dr. Susanne Kytzia Seite 11  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

### Herausforderung (i) : Wie setzt man RC-Gesteinskörnung ein?

SIA-Merkblatt 2030

Bezeichnung des Betons	Bezeichnung der Gesteinskörnung	Gesteinskörnungen nach SN EN 12620 <sup>1)</sup>				Fremdstoffe <sup>2)</sup>	
		R <sub>u</sub> und natürliche Gesteinskörnung	R <sub>0</sub>	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	X + R <sub>3</sub>	FL
C./... <sup>3)</sup>	Natürliche Gesteinskörnung	≥ 75 M.-%	< 25 M.-%	≤ 5 M.-%	≤ 1 M.-%	≤ 0,3 M.-%	≤ 2 cm <sup>3</sup> /kg
C./... <sup>4)</sup> RC-C	Betongranulat <sup>4)</sup>		≥ 25 M.-%	≤ 5 M.-%	≤ 1 M.-%	≤ 0,3 M.-%	≤ 2 cm <sup>3</sup> /kg
C./... <sup>5)</sup> RC-M	Mischgranulat <sup>4)</sup>	< 95 M.-%	≥ 5 M.-%	≤ 1 M.-%	≤ 0,3 M.-%	≤ 2 cm <sup>3</sup> /kg	

Bildquelle: Hoffmann C. und K. Moser, Aktualisiertes SIA-Merkblatt "Recyclingbeton". Die Baustellen, 2010

Die Entwicklung von Recyclingbeton – Rückblick und Ausblick, Prof. Dr. Susanne Kytzia Seite 12  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

### Herausforderung (i) : Wie setzt man RC-Gesteinskörnung ein?

#### Verwendungsempfehlungen im Hochbau

z.B. Ausschnitt aus dem Merkblatt im Kanton Bern

● Verwendung empfohlen  
○ Verwendung möglich

<sup>1)</sup> Bei RC-Konstruktionsbeton ist dem E-Modul spezielle Beachtung zu schenken

<sup>2)</sup> Vorgeraspelte Bausteine dürfen nicht mit RC-Beton ausgeführt werden

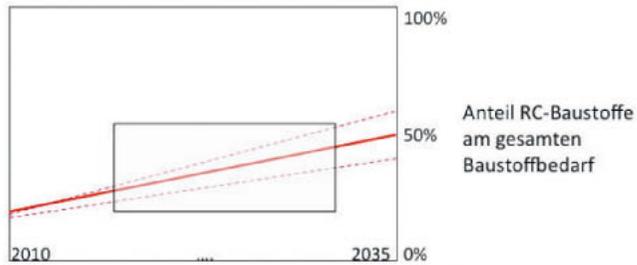
	RC-Gesteinskörnungsmischungen				RC-Beton	
	RC-Mischgranulat	RC-Betongranulatgemisch	RC-Applikationsgemisch	RC-Kiesgemisch A	Expositorenklasse X0	Expositorenklasse XC1   XC2
1 Außenwand <sup>3)</sup>	○	○	○	○	○	○
2 Kellermauerwand <sup>3)</sup>	○	○	○	○	○	○
3 Bodenplatte <sup>3,4)</sup>	○	○	○	○	○	○
4 Fundament <sup>3)</sup>	○	○	○	○	○	○
5 Innenwand <sup>3)</sup>	○	○	○	○	○	○
6 Decke innen <sup>3,4)</sup>	○	○	○	○	○	○
7 Schieberbeton	○	○	○	○	○	○
8 Hüllbeton	○	○	○	○	○	○
9 Handabschluss	○	○	○	○	○	○
10 Grabenfüllung ohne Deckschicht	○	○	○	○	○	○
11 Grabenfüllung mit Deckschicht	○	○	○	○	○	○
12 Baubehälterbeton	○	○	○	○	○	○

Bildquelle: Bau-, Verkehrs- und Energiedirektion des Kantons Bern und Kantonaler Kies- und Betonverband Bern, Mineralische Recycling-Baustoffe. Verwendungsempfehlungen für den Kanton Bern.

Die Entwicklung von Recyclingbeton – Rückblick und Ausblick, Prof. Dr. Susanne Kytzia Seite 13  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

Herausforderung (ii) : Ist die Versorgung gesichert?

Gibt es in diesem Zeitfenster genügend Betongranulat, um die Betonproduktion umzustellen?



Die Entwicklung von Recyclingbeton – Rückblick und Ausblick, Prof. Dr. Susanne Kytzia Seite 14  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

Herausforderung (ii) : Ist die Versorgung gesichert?

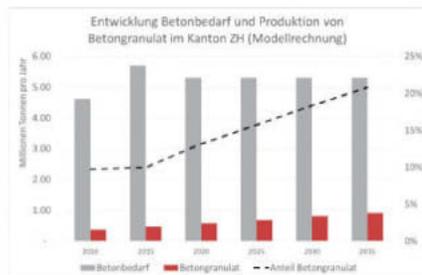
Unsicherheiten:

- Wie entwickelt sich die Neubautätigkeit?
- Wie viel Beton wird verbaut?
- Wie viel wird rückgebaut?
- Welche Baujahre werden abgerissen?
- Wie gut wird auf der Baustelle getrennt? Wie gut wird aufbereitet?

Die Entwicklung von Recyclingbeton – Rückblick und Ausblick, Prof. Dr. Susanne Kytzia Seite 15  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

Herausforderung (ii) : Ist die Versorgung gesichert?

z.B. Szenario 1: Neubauvolumen stagniert; durchschnittliche Lebensdauer im Bestand von 80 Jahren (Standardabweichung: 30 Jahre)

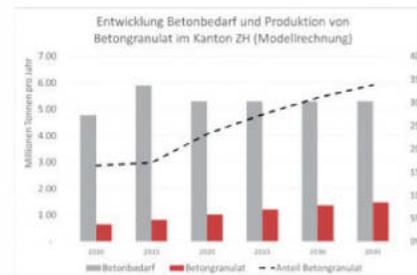


Bildquelle: eigene Darstellung.

Die Entwicklung von Recyclingbeton – Rückblick und Ausblick, Prof. Dr. Susanne Kytzia Seite 16  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

Herausforderung (ii) : Ist die Versorgung gesichert?

z.B. Szenario 2: Neubauvolumen stagniert; durchschnittliche Lebensdauer im Bestand von 60 Jahren (Standardabweichung: 20 Jahre)



Bildquelle: eigene Darstellung.

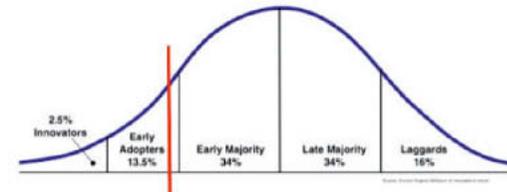
Die Entwicklung von Recyclingbeton – Rückblick und Ausblick, Prof. Dr. Susanne Kytzia Seite 17  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

**Herausforderung (iii) : Erschwerte Rahmenbedingungen für sinnvolles Handeln?**

- (i) Beschaffung öffentlicher Bauherren: Hat RC-Beton ein zu starkes Gewicht?
- (ii) Bewilligungspraxis für Kiesabbau: Wird ein ohnehin schwieriger Prozess zusätzlich erschwert?

**Ausblick: Welche Entwicklung erwartet uns?**

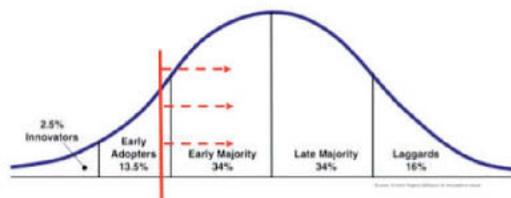
Aktuelle Situation:



- Innovators in der Betonindustrie: Herstellungsprozess und Beschaffung weitgehend optimiert; Bestellung vor allem durch öffentliche Bauherren und Bauherren mit besonderer Motivation zu nachhaltigem Bauen.
- Early Adopters: Langsame Erhöhung des Anteils an RC-Gesteinskörnung

**Ausblick: Welche Entwicklung erwartet uns?**

Trend:



- Zunehmende Menge an Betonabbruch.
- Abnehmendes Bauvolumen; eventuell aber mit gleichbleibend hohem Einsatz von Beton.
- Wachsendes Know-how.

**Ausblick: Welche Entwicklung erwartet uns?**

Herausforderung:

- Qualitätssicherung entlang der gesamten Wertschöpfungskette von Rückbau bis zur Betonproduktion.
- Sicherstellen eines kontinuierlichen Lernprozesses im Einsatz von RC-Gesteinskörnung.





**Stand von Forschung und Entwicklung  
in der Schweiz**

**Cathleen Hoffmann, Dipl. Bauing. TU Dresden**  
Holcim (Schweiz) AG, Würenlingen

## Lebenslauf

Cathleen Hoffmann, Dipl. Bauing. TU Dresden  
 Holcim (Schweiz) AG, Würenlingen



### Ausbildung

- |             |   |
|-------------|---|
| 1992 – 1997 | Studium an der TU Dresden, Fakultät Bauwesen Vertiefungsrichtung Baubetrieb & Konstruktiver Ingenieurbau, Abschluss als Dipl. Bauing. |
| 2 Jahre     | Baugymnasium (Abitur), Dresden  |
| 10 Jahre    | Allgemeinbildende Polytechnische Oberschule, Dresden  |

### Berufslaufbahn

- |             |  |
|-------------|--|
| seit 2011   | Produktionsingenieurin Holcim (Schweiz) AG, Würenlingen  |
| 2001        | Wissenschaftliche Mitarbeiterin, Bereich Betontechnologie Empa, Dübendorf  |
| 2000        | Praxisbezogene Fortbildung in «Management/Marketing for international Business and Trade», inlingua Dresden (Deutschland) und Cheltenham (England) |
| 1996 – 2000 | Projektingenieurin, Bereich Bauausführung<br>Züblin Sachsen GmbH, Dresden (Deutschland)  |

# Stand von Forschung und Entwicklung in der Schweiz

## Cathleen Hoffmann

### Historie

Recycling als die Rückführung genutzter Produkte und Materialien in den Stoffkreislauf ist kein Phänomen unserer Zeit. In Bezug auf das Baustoffrecycling kann bei den meisten erhaltenen Bauwerken von der Antike bis zum Mittelalter der Rückgriff auf das Material älterer Bauwerke nachgewiesen werden. Erst nachdem die industrielle Revolution die Massenproduktion von Baustoffen ermöglichte, verlor das Baustoffrecycling seine Bedeutung und war immer nur dann wieder notwendig, wenn in Krisensituationen der Baustoffbedarf nicht anders gedeckt werden konnte. Das meistgenannte Beispiel hierfür ist das Recycling in Schweizer Großstädten nach dem 2. Weltkrieg.

Den Zeitpunkt des Beginns des «modernen» Baustoffrecyclings angeben zu wollen, ist sicher schwierig. Hervorgehend oftmals aus Fuhrunternehmen, beginnt in der Schweiz Anfang der achtziger Jahre des vorigen Jahrhunderts der Aufbau von stationären Recyclinganlagen. Eine Wende vollzieht sich – vom Abbruch zum Rückbau und von der Deponierung von Bauabfällen zur Verwertung. In der Schweiz gewinnt das Recycling von mineralischen Rückbaustoffen zunehmend an Bedeutung. Gründe hierfür sind insbesondere, dass natürliche Ressourcen immer schwieriger zugänglich werden;

eine Abbaubewilligung zu erhalten, ist alles andere als einfach. Ebenso schwierig ist es, neue Deponiestandorte zu finden. Die zunehmend sehr hohe Siedlungsdichte führt dazu, dass Bewilligungsverfahren über zehn Jahre dauern können. Diese Zwänge aus Beschaffung und Entsorgung verstärken den Druck auf eine Wiederverwendung von Rückbaumaterialien hin zum Materialkreislauf. Als Beitrag zur Lösung dieser Umweltprobleme erscheinen 1993 und 1994 Normen und Empfehlungen, die auf der Grundlage der technischen Verordnung über Abfälle (TVA) entstanden sind und den qualitätsgerechten Einsatz u.a. von mineralischen Recyclingbaustoffen ermöglichen [SN 640743 «Verwertung von Betonabbruch» (1993); SN 640744 «Verwertung von Mischabbruch» (1994)]. Für eine umwelt- und anwendungsge-rechte Verwertung von aufbereiteten Granulaten aus Beton- und Mischabbruch sowie Recyclingkiessand als Kiesersatz erscheint 1994 die SIA-Empfehlung «Recyclingbeton» vom Schweizerischen Ingenieur- und Architektenverein.

Der Druck, mineralische Rückbaumaterialien wiederzuverwenden, verstärkt sich in den 90er-Jahren drastisch: 1997 verankert der Bundesrat die Förderung des nachhaltigen Bauens in seiner Strategie zur nachhaltigen Entwicklung; es werden Instru-

mente zur Erhöhung der Akzeptanz von Recyclingbaustoffen entwickelt. Ziel ist es, das bereits erreichte hohe Verwertungs-niveau langfristig zu sichern. Verschiedene politische Instrumente helfen, dieses Ziel zu erreichen. Dabei arbeitet der Bund/ das BBL mit weiteren öffentlichen Bauherren, namentlich Kantonen und Gemeinden, Vereinen (wie bspw. eco-bau oder Minergie), aber auch mit der Interessengemeinschaft privater professioneller Bauherren (IPB) zusammen. Es werden Anreizsysteme wie Nachhaltigkeitsstandards formuliert und vermarktet (Minergie eco (2005)) sowie Grundlagen erarbeitet, um Bauherren, Projektleitende und Planende bei nachhaltigen Bauleistungen zu unterstützen. Dabei wird auf die Verwendung von Recyclingbeton explizit hingewiesen. Im Baumaterialbereich wird die Empfehlung «Beton aus recycelter Gesteinskörnung» (2007/2) erarbeitet, die alles Wissenswerte zum Einsatz von Recyclingbeton in der damaligen Zeit aufführt.

### Entwicklung von Recyclingbeton in der Schweiz

Empfehlungen wie jene für «Beton aus recycelter Gesteinskörnung» (2007/2) basieren u. a. auf Forschungsprojekten, die seit 2003 an der Empa durchgeführt und durch das Baugewerbe sowie öffentliche Institutionen finanziell unterstützt

wurden. Ziel dieser Forschungsarbeiten war es, betontechnologisches und bautechnisches Wissen zu erarbeiten, um die vorhandenen Unsicherheiten im Umgang mit Recyclingbeton und das daraus resultierende Informationsbedürfnis seitens Baugewerke zu verringern. Hierfür wurden die Besonderheiten des Recyclingbetons im Vergleich zu Beton aus natürlicher Gesteinskörnung aufgezeigt und die daraus resultierenden, damals empfehlenswerten und verantwortbaren Einsatzgebiete abgeleitet. Es wurden die charakteristischen Eigenschaften der rezyklierten Gesteinskörnungen und deren Streuung untersucht, deren Einfluss auf die Betonzusammensetzung und Eigenschaften des Recyclingbetons beurteilt und daraus spezifische Regelungen und Handhabungen dieser Betonart aufgezeigt.

#### **SIA Merkblatt 2030 «Recyclingbeton»**

Die Empfehlung SIA 162/4 (1994) «Recyclingbeton» basierte auf den im Jahr 2003 zurückgezogenen Tragwerksnormen SIA 160ff und war damit veraltet. Auf Grund dessen wurde im Jahr 2005 eine Arbeitsgruppe gebildet, welche ein SIA-Merkblatt zu Recyclingbeton erarbeitete. Das SIA-Merkblatt 2030 wurde Ende 2009 veröffentlicht und berücksichtigt sowohl den aktuellen Stand des Wissens als auch die neuen Beton- und Gesteinsnormen sowie die heutigen Tragwerksnormen und

Umweltvorschriften und nimmt Bezug auf die Norm SIA 262. Das Merkblatt enthält u.a. Regeln zur Betonbezeichnung und zur Bemessung von Recyclingbeton und führt dessen Anwendungsgrenzen auf. Es richtet sich an Planer, Bauherren und Behörden sowie auch an Unternehmer für Rückbau, Aufbereitung und Betonherstellung und an die Bauunternehmer.

Konkret bringt das Merkblatt folgende Neuerungen: Recyclingbeton wird wie ein Beton nach Eigenschaften gemäss SN EN 206-1 deklariert, es muss jedoch zusätzlich noch der E-Modul oder die Rohdichte angegeben werden. Ferner wird bei Anwendung und Bemessung zwischen Recyclingbeton aus Betongranulat (RC-C) und Mischgranulat (RC-M) unterschieden. Auch die Mengenanteile der Zusammensetzung beider Recyclingbeton sind neu festgelegt worden. Material aus der Bodenwäsche wird in betontechnologischer Hinsicht dem Primärmaterial gleichgestellt, in ökologischer Hinsicht handelt es sich jedoch um Recyclingmaterial. Definierte Einsatzgebiete: Infolge der eher geringen Datenlage und Erfahrungen zu dauerhaftigkeitsrelevanten Aspekten wie Frost-Tausalz-Widerstand, Chloridwiderstand (hinsichtlich Bewehrungskorrosion), Gaspermeabilität (hinsichtlich Karbonatisierung des Betons) und Alkali-Aggregat-Reaktion

(AAR) ist eine Beschränkung für die Verwendung von Recyclingbeton auf bestimmte Expositionsklassen sinnvoll. Bis weitere Erfahrungen vorliegen, werden folgende Expositionen und Einsatzbereiche für Recyclingbeton empfohlen:

Der RC-C wird üblicherweise als NPK A-, NPK B- und eventuell NPK C-Beton angeboten. Einsatzmöglichkeiten von Recyclingbeton RC-C im Hochbau als Konstruktionsbeton sind sowohl Innen- als auch Aussenwände und Decken. Bei aufgezwungenen oder behinderten Verformungen führt der geringere Elastizitätsmodul jedoch zu geringeren Spannungen im Bauteil, so dass ihr Effekt zum Teil kompensiert wird. Beim Einsatz von RC-C in Geschosdecken sind bei der Berechnung der Durchbiegungen die niedrigeren Elastizitätsmodule und die grösseren Kriechverformungen des Recyclingbetons zu berücksichtigen. Die Bemessung erfolgt bei Recyclingbeton wie bei Beton mit natürlicher Gesteinskörnung nach SIA 262. Ein RC-M mit einem Gehalt von 5 bis 25 M.-% rezyklierter Gesteinskörnung  $R_b$ , bestehend aus Mauer- und Dachziegeln aus gebranntem Ton, Kalksandsteinen und nicht schwimmenden Porenbetonsteinen, kann für die Expositionsklassen XC1(CH), XC2(CH) und XC3(CH) verwendet werden. Ein RC-M mit einem Gehalt von mehr als 25 M.-%  $R_b$  ist ohne entspre-

chende Voruntersuchungen nur für die Expositions-klasse XC1(CH, trocken) zu verwenden. Beim Ein-satz von RC-M in Decken ist ausserdem zu beachten, dass die Querkraftbemessung und der Durchstanznachweis der SIA 262 mit  $D_{\max} = 0$  wie für Leichtbeton zu führen ist. Die Eigenschaften des RC-M (Elastizitätsmodul, Schwinden und Krie-chen) unterscheiden sich tendenziell stärker als jene des RC-C von Beton mit natürlicher Gesteins-körnung. Deshalb ist ein Einsatz von RC-M in Bauteilen vorzuziehen, bei denen ein erhöhtes Schwinden und Kriechen unproblematisch ist. Für die Expositions-klassen XD(CH), XF(CH) und XA sowie generell für Spannbeton und ermüdungs-gefährdete Bauteile darf RC-M nicht und RC-C nur nach den entsprechenden Voruntersuchungen verwendet werden.

#### **Ausblick: Forschung und Entwicklung Tragverhalten**

Untersuchungen zum Schubtrag- und Durchstanz-verhalten von Recyclingbeton aus Mischgranulat (RC-M) ergaben neue Resultate, die darauf hin-weisen, dass der bisher im SIA-Merkblatt 2030 «Recyclingbeton» empfohlene Bemessungsansatz  $D_{\max} = 0$  wie für Leichtbeton zu restriktiv ist. Stattdessen wird ein definierter Bemessungswert aufgeführt.

#### **Verwendung feiner/feinster rezyklierter Gesteinskörnung als Zement- oder Betonzusatzstoff**

Mischgranulat mit einer Korngrösse kleiner gleich 4 mm ist normativ und technologisch nur begrenzt im Recyclingbeton einsetzbar. Aus diesem Grunde fallen bei den Aufbereitern und RC-Betonherstel-lern grosse Mengen an Mischgranulat an, die nicht weiterverwendet und damit deponiert werden. Mit dem SIA Merkblatt 2049 «Anforderungen an neue Zemente» sind Möglichkeiten geschaffen worden, neue Zemente, die nicht unter eine Pro-duktnorm für Normalzement (SN EN 197-1) fallen, zertifizieren zu lassen. In einem an der Holcim bearbeiteten Projekt sollen Versuchszemente mit Mischgranulat als neuer Hauptbestandteil herge-stellt werden.

Die Vorteile eines Zementes mit Mischgranulat sind: Der Klinkerfaktor im Zement kann mit diesem Zusatzstoff reduziert werden, wodurch ein erheb-licher Beitrag zur Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen bei der Zementherstellung erwirkt wird. Mit dem Einsatz von Mischgranulat im Zement werden der Recyclingkreislauf geschlossen und Deponie-volumen geschont, da das Material nicht mehr deponiert werden muss.

#### **Karbonatisierungswiderstand von Recyclingbeton**

Aufgrund von unzureichenden Erfahrungen und nicht vorhandenen Prüfdaten zu dauerhaftigkeits-relevanten Aspekten wie Karbonatisierungswider-stand von Recyclingbeton, wurden dessen Einsatz-möglichkeiten im Merkblatt 2030 nur beschränkt zugelassen. Seit dem Jahr 2013 steht jedoch hierfür in der Schweiz eine Normprüfung zur Verfügung.

In einem an der Empa durchgeführten Projekt soll untersucht werden, ob der Recyclingbeton gegen-über Beton aus natürlicher Gesteinskörnung einen verminderten Karbonatisierungswiderstand auf-weist. Dabei ist aufzuzeigen, welchen Einfluss das karbonatisierte rezyklierte Korn auf die Ausbildung der Karbonatisierungsfront hat und ob das poröse rezyklierte Korn und/oder die stellenweise Ablö-sungen zwischen rezykliertem Korn und Zement-stein zu einer beschleunigten Karbonatisierung beim Recyclingbeton führt.

#### **Alternative Aufbereitung**

Rezyklierte Gesteinskörnungen stellen grösstenteils Komposite dar, bestehend aus dem natürlichen Gesteinskorn und Zementstein. Ihre Zusammen-setzung kann sich von Korn zu Korn unterscheiden.

Die Folge sind Eigenschaftsschwankungen. Insbesondere die Porosität kann sich in einem Bereich bewegen, der sich theoretisch von der Porosität des Zementsteins bis zur Porosität der natürlichen Gesteinskörnungen erstreckt. Dadurch wird die Qualität der rezyklierten Gesteinskörnung vermindert.

Mit Hilfe des Verfahrens der elektrodynamischen Fragmentierung (EDF) besteht die Möglichkeit, Altbeton sortenrein in seine einzelnen Komponenten aufzutrennen. In einem Forschungsprojekt soll untersucht werden, wie hoch der Wirkungsgrad des Trennprozesses mittels EDF-Verfahren ist, und welche Eigenschaften die mit diesem Verfahren gewonnene rezyklierte Gesteinskörnung und der damit hergestellte Recyclingbeton im Vergleich zu Beton aus natürlicher Gesteinskörnung aufweist. Des Weiteren soll untersucht werden, welche Verwertungsmöglichkeiten die feinen rezyklierten Gesteinskörnungen und insbesondere die (Filterrückstand-)Mehle im Zement und/oder Beton haben können.

### **Zusammenfassung**

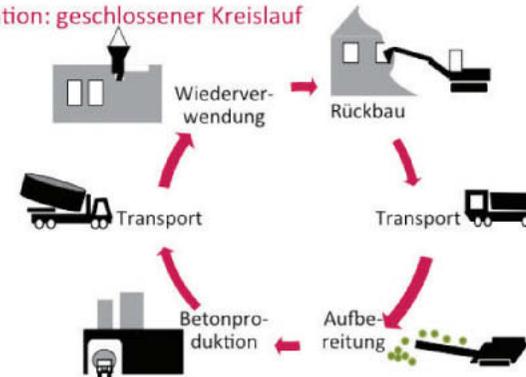
Die Schweiz ist in der Verwendung von Recyclingbeton im internationalen Vergleich führend. Dies ist einerseits darauf zurückzuführen, dass die Nachfrage nach Recyclingbeton aus politischen Gründen (Strategie zur Nachhaltigen Bauweise durch Bundesrat) und umweltpolitischen Gründen (Abnahme der Kiesreserven, begrenzter Deponieraum) vorhanden ist. Andererseits konnte sich der Recyclingbeton auf dem Markt zunehmend etablieren, weil zahlreiche fundierte Forschungs- und Entwicklungsarbeiten dessen sichere Planung und sinnvolle Verwendung ermöglichen.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung
2. Entwicklung von Recyclingbeton in der Schweiz
3. SIA-Merkblatt 2030 «Recyclingbeton»
4. Markt Recyclingbeton
5. Ausblick: Forschung und Entwicklung
6. Zusammenfassung

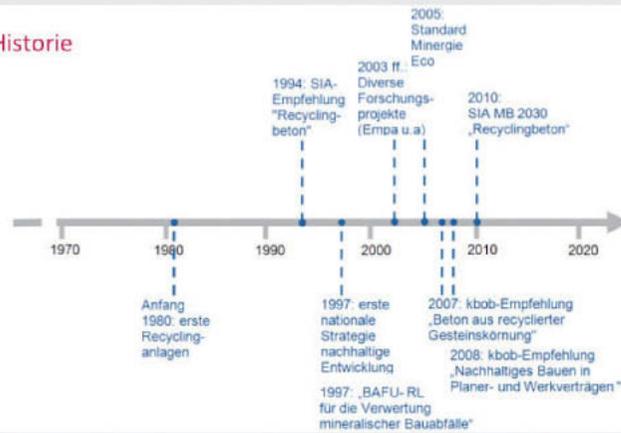
Stand von Forschung und Entwicklung in der Schweiz, Cathleen Hoffmann Seite 2  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

Motivation: geschlossener Kreislauf



Stand von Forschung und Entwicklung in der Schweiz, Cathleen Hoffmann Seite 3  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

Historie



Stand von Forschung und Entwicklung in der Schweiz, Cathleen Hoffmann Seite 4  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

Definitionen und Begriffe (1/4)



**Betonabbruch**  
Rückgebaute bewehrte/unbewehrte Betonkonstruktionen und -beläge



**Mischabbruch**  
Gemisch aus rückgebauten Massivbauteilen wie Betonabbruch, Backstein-, Kalkstein- und Natursteinmauerwerk

Stand von Forschung und Entwicklung in der Schweiz, Cathleen Hoffmann Seite 5  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

Definitionen/Begriffe (2/4)



**Betongranulat (C)**

Gemisch aus aufbereitetem Betonabbruch (rezyklierte Körner aus Beton, -produkten, Mörtel, Mauersteinen aus Beton, natürlichem Gestein)

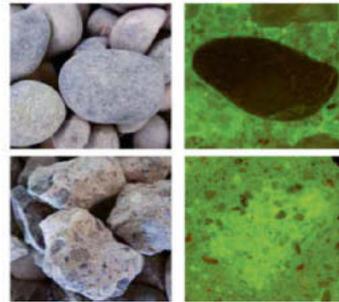


**Mischgranulat (M)**

Gemisch aus aufbereitetem Mischabbruch (rezyklierte Körner aus Beton, -produkten, Mörtel, Mauersteinen aus Beton, Mauer- und Dachziegeln aus gebranntem Ton, Kalksandsteinen, natürlichem Gestein)

Stand von Forschung und Entwicklung in der Schweiz, Cathleen Hoffmann Seite 6  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

Definitionen/Begriffe (3/4)



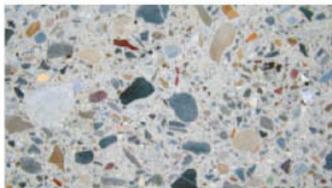
Natürliches Gesteinskorn (oben links) und rezykliertes Betongranulatkorn (unten links)

Eigenschaften der rezyklierten Gesteinskörnung im Vergleich zu natürlicher Gesteinskörnung:

- Geringere Rohdichte mit grösseren Schwankungen
- Höhere Wasseraufnahme
- Höhere Porosität
- Säurelöslicher Chloridgehalt sowie wasserlöslicher Sulfatgehalt sind stetig zu kontrollieren

Stand von Forschung und Entwicklung in der Schweiz, Cathleen Hoffmann Seite 7  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

Definitionen/Begriffe (4/4)



**RC-C**

Recyclingbeton aus Betongranulat (C)

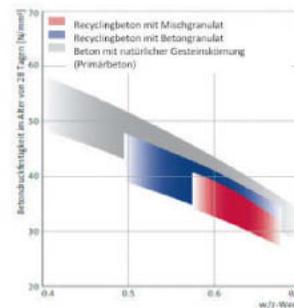


**RC-M**

Recyclingbeton aus Mischgranulat (M)

Stand von Forschung und Entwicklung in der Schweiz, Cathleen Hoffmann Seite 8  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

Druckfestigkeit von Recyclingbeton



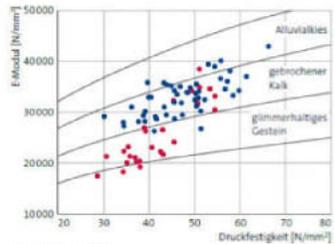
Druckfestigkeit (28 Tage) in Abhängigkeit vom w/z-Wert für Recyclingbetone und Primärbeton

- Im Vergleich zu Beton aus natürlicher Gesteinskörnung weist Recyclingbeton bei vergleichbarem w/z-Wert eine tiefere Druckfestigkeit auf infolge

- geringerer Kornfestigkeit der rezyklierten Gesteinskörnung
- grösseren Zementsteinvolumens.

Stand von Forschung und Entwicklung in der Schweiz, Cathleen Hoffmann Seite 9  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

### Elastizitätsmodul (E-Modul) von Recyclingbeton

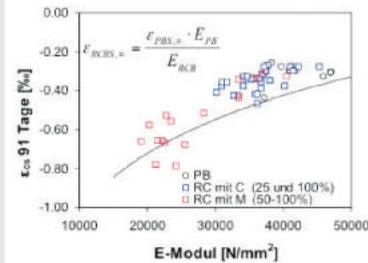


- Der E-Modul  $E_{rcm}$  von Recyclingbeton ist je nach Art der verwendeten rezyklierten Gesteinskörnungsart geringer als derjenige von Beton aus natürlicher Gesteinskörnung aufgrund
  - geringerer Rohdichte der rezyklierten Gesteinskörnung
  - höheren Zementsteinvolumens.

E-Modul in Abhängigkeit von der Druckfestigkeit (28 Tage) für Recyclingbetone im Vergleich zu Primärbeton

Stand von Forschung und Entwicklung in der Schweiz, Cathleen Hoffmann Seite 10  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

### Schwinden von Recyclingbeton

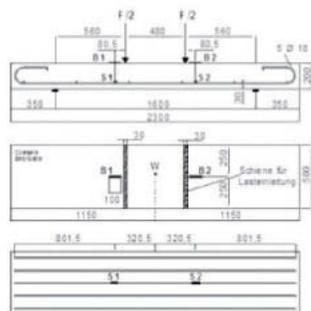


Schwindmass (91 Tage) in Abhängigkeit vom Elastizitätsmodul für Recyclingbetone im Vergleich zu Primärbeton

- Das Schwinden von Recyclingbeton ist grösser als dasjenige von Beton aus natürlicher Gesteinskörnung aufgrund des
  - geringeren E-Moduls der rezyklierten Gesteinskörnung
  - höheren Zementsteinvolumens.
- Das Schwindmass kann für den Recyclingbeton zuverlässig über die Abhängigkeit vom Elastizitätsmodul beschrieben werden.

Stand von Forschung und Entwicklung in der Schweiz, Cathleen Hoffmann Seite 11  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

### Tragwerksverhalten von Recyclingbeton



Versuchsaufbau für die Bestimmung des Querkraftwiderstandes an Plattenstreifen

- Recyclingbeton zeigt im Vergleich zu Beton aus natürlicher Gesteinskörnung:
  - Vergleichbares Verbundverhalten
  - Leicht geringeres Querkraftverhalten
  - Grössere Druckstauchungen in der Betondruckzone.
- Durchstanzen von punktgestützten Platten aus Recyclingbeton wurde nicht untersucht.

Stand von Forschung und Entwicklung in der Schweiz, Cathleen Hoffmann Seite 12  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

### Grundwasserverträglichkeit von Recyclingbeton



Eluatuntersuchungen an Recyclingbetonproben

- Das Immobilisieren und Auswaschen möglicher Schadstoffe ist im Recyclingbeton durch die hydraulische Bindung (zementgebundenes System) behindert und vernachlässigbar.
- Recyclingbeton ist geeignet für Bauteile im Grundwasserbereich wie wasserdichte Wannen.

Stand von Forschung und Entwicklung in der Schweiz, Cathleen Hoffmann Seite 13  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

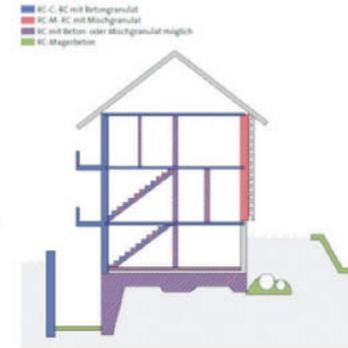
SIA-Merkblatt 2030 «Recyclingbeton» (1/4)

- Beton nach SN EN 206-1
- Recyclingbeton aus Betongranulat:
  - RC-C:**  $R_c \geq 25 \text{ M.-%}$  und  $R_b \leq 5 \text{ M.-%}$
- Recyclingbeton aus Mischgranulat:
  - RC-M:**  $R_b \geq 5 \text{ M.-%}$  und  $(R_c + R_b) \geq 25 \text{ M.-%}$
  - höhere Gehalte an rezyklierten Körnern  $R_c + R_b (>25 \text{ M.-%})$  bei Minergie-eco (Hüll- und Füllbeton > 80 M.-%, Konstruktionsbeton > 40 M.-%)
- Gesteinskörnungen aus der Bodenwäsche:
  - technisch: Primärmaterial
  - ökologisch: Beurteilung gemäss eco-bau, MINERGIE-ECO etc.

Stand von Forschung und Entwicklung in der Schweiz, Cathleen Hoffmann Seite 14  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

SIA-Merkblatt 2030 «Recyclingbeton» (2/4)

Recyclingbeton	Expositionsklassen (CH)					
	Anteile	X0	XC1 trocken	XC1 mass, XC2 XC3	XC4	XD XF XA
RC-C	$R_c \geq 25 \text{ M.-%}$ $R_b < 5 \text{ M.-%}$		zulässig			①
RC-M	$R_b \geq 5 \text{ M.-%}$ $\leq 25 \text{ M.-%}$ $R_c + R_b \geq 25 \text{ M.-%}$		zulässig		①	nicht zulässig
	$R_b > 25 \text{ M.-%}$		zulässig	①	①	



- ① Nur nach entsprechenden Voruntersuchungen
- Für Spannbeton und ermüdungsgefährdete Bauteile darf RC-C nur nach Voruntersuchungen und RC-M nicht verwendet werden.

Stand von Forschung und Entwicklung in der Schweiz, Cathleen Hoffmann Seite 15  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

SIA-Merkblatt 2030 «Recyclingbeton» (3/4)

- Der **w/z- Wert** ist nach SN EN 206-1 anzugeben, d.h. die Wasseraufnahme der Gesteinskörnung ist zu berücksichtigen.
- Die **Druckfestigkeit** dient als primäre Bezeichnung des Recyclingbetons.
- Der **Elastizitätsmodul**  $E_{rcm}$  ist als zusätzlicher Kennwert in Prüfungen zu ermitteln und vom Betonhersteller anzugeben.
- Der Elastizitätsmodul für RC-C ist in Abhängigkeit vom verwendeten Anteil an rezyklierter Gesteinkörnung abzumindern; für RC-M sind folgende Mindestwerte einzuhalten:  
 $E_{rcm} \geq 19'000 \text{ N/mm}^2$  und  $\rho_{rcm} \geq 2'000 \text{ kg/m}^3$ .

Stand von Forschung und Entwicklung in der Schweiz, Cathleen Hoffmann Seite 16  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

SIA-Merkblatt 2030 «Recyclingbeton» (4/4)

- Die Werte für das **Schwinden** und **Kriechen** sind durch einen Umrechnungsfaktor bzw. Teilsicherheitsfaktor belegt.
- Für Recyclingbeton mit Mischgranulat (**RC-M**) sind folgende Bemessungswerte zu beachten:
  - Die **Querkraftbemessung** und der **Durchstanznachweis** erfolgen mit dem Ansatz  $D_{max} = 0$  wie für Leichtbeton.
  - Für die maximalen **Stauchungen** sind definierte Werte formuliert.

Stand von Forschung und Entwicklung in der Schweiz, Cathleen Hoffmann Seite 17  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

**Recyclingbeton: Markt Schweiz**



- Gesteinskörnung<sup>1)</sup>:**
- Ausstoss: 52.1 Mio. Tonnen<sup>2)</sup>
  - rezyklierte Gesteinskörnung: ca. 14 Mio. Tonnen
- Beton<sup>1)</sup>:**
- Ausstoss: 41.5 Mio. Tonnen
  - Beton mit rezykl. Gesteinskörng. ca. 5.4 Mio. Tonnen (13%)
    - Magerbeton (~65%)
    - Konstruktionsbeton (~35%)
  - Anteil an Recyclingbeton differiert regional stark

1) Angaben NEROS, Rubli et al., fskb  
 2) exkl. Nettoimporte von ca. 8.7 Mio. Tonnen

**Ausblick: Forschung und Entwicklung**



1. Tragwerksverhalten
  - Schubtragverhalten
  - Durchstanzverhalten
2. Verwendung feiner/feinster rezyklierter Gesteinskörnung als Zement- oder Betonzusatzstoff
3. Karbonatisierungswiderstand von Recyclingbeton
4. Verbesserung des Trennprozesses bei der Aufbereitung

**1. Tragverhalten**



Richti Areal (2012)

- Untersuchungen zum Schubtragverhalten und Durchstanzverhalten von Recyclingbeton aus Mischgranulat (RC-M)
- Ziel:
  - Abklären weiterer Einsatzgebiete (z.B. Decken)
- Untersuchungen ergaben:
  - Ansatz  $D_{max} = 0$  wie für Leichtbeton zu restriktiv
  - Angabe eines definierten Bemessungswertes

**2. Verwendung feiner/feinster rezyklierter Gesteinskörnung als Zement- bzw. Betonzusatzstoff**



Mischgranulat, Fraktion 0-4mm

- Herstellen von Zement mit Mischgranulat
- Ziel:
  - Schliessen des Recyclingkreislaufs
  - Schonen des Deponievolumens
  - Reduzieren des Klinkerfaktors im Zement









**Praxisbeispiel:  
Die Schulanlage Hirzenbach, Zürich –  
ein frühes Werk**

**Daniel Christen**  
Boltshauser Architekten AG, Zürich

## Lebenslauf

Daniel Christen

Boltshauser Architekten AG, Zürich



### Ausbildung

- 2001 – 2004 Studium der Innenarchitektur und des Designs an der Hochschule für Gestaltung und Kunst Basel
- 1996 – 2000 Ausbildung zum Schreiner, begleitend gestalterische Berufsmittelschule in Lenzburg

### Berufslaufbahn

- Seit 2012 Führung des eigenen Büros Netwerch in Brugg und Basel
- Seit 2010 Freelancer für Boltshauser Architekten AG in Zürich
- 2006 Gründung der eigenen Firma Netwer.ch GmbH Architektur, Design, Grundsätzliches, zusammen mit Noah Baumgartner und Andreas Christen
- 2005 – 2010 Architekt bei Boltshauser Architekten AG in Zürich

# Die Schulanlage Hirzenbach, Zürich – ein frühes Werk

Daniel Christen

## Grundlagen des Projekts

Die Überbauung Hirzenbach wurde als Teil der Gesamtplanung des ehemaligen Stadtbaumeisters Adolf Wasserfallen zwischen 1955 und 1965 realisiert. Das städtebauliche Konzept des Quartiers basiert auf einer orthogonalen Anordnung von Baukörpern, die je nach Typus unterschiedlich ausgeprägt sind. Mehrgeschossige scheibenförmige Baukörper, gespickt mit punktuellen Hochhäusern, beides für Wohnnutzungen, stehen im Kontrast zu niedrigen Baukörpern, die die öffentlichen Nutzungen beherbergen. Einer dieser öffentlichen Bauten ist das Schulhaus Hirzenbach, das 1959 vom Architekten Charles Steinmann errichtet wurde. Das Äussere dieses zweigeschossigen Baukörpers ist geprägt vom sichtbaren Betonskelett, das die Struktur der Innenräume an den Fassaden abzeichnet.

2003 wurde für eine Erweiterung der Schulanlage mit Kindergarten- und Hortnutzungen sowie einer Doppelturnhalle ein Wettbewerb ausgeschrieben. Das Siegerprojekt orientierte sich zum einen stark am städtebaulichen Konzept der 50er-Jahre, zum anderen aber auch am bestehenden Schulgebäude. Mit zwei weiteren Baukörpern, einem eingeschossigen Kindergarten-/Hortgebäude und einem zwei-

geschossigen Turnhallengebäude, wurde die Anlage in der Folge zwischen 2005 und 2007 ergänzt.

## Konstruktion der Neubauten

Das Turnhallengebäude wie auch das Kindergartengebäude sind beide sowohl aussen wie auch im Gebäudeinneren in Sichtbeton gefertigt. Vom Grundsatz her ist es eine zweischalige Betonkonstruktion, wobei die beiden Schichten auf ein Skelett reduziert sind. Die Fassaden werden vom vorgehängten, kastenförmigen Brise Soleil bestimmt, welches sich in den Proportionen am Betonskelett des Schulhauses aus den 50er-Jahren orientiert. Das Kindergartengebäude weist zudem auf der Nord- und Südfassade Glasbauflächen auf, die ebenfalls ein Element des bestehenden Schulhauses sind.

Eine weitere Gemeinsamkeit der beiden Neubauten sind die Oberlichtaufbauten, die auch aus Ortbeton gefertigt sind und die tiefen Schulräume zusätzlich mit Tageslicht versorgen.

## Verwendung von Recyclingbeton im Fall Hirzenbach

Die Stadt Zürich, vertreten durch das Amt für

Hochbauten, hat als Auftraggeberin die Verwendung von RC-Beton als Projektvoraussetzung definiert. Schon beim 2004 fertiggestellten Schulhaus Im Brich von Peter Märkli, kam RC-Beton zur Anwendung. Die Stadt Zürich hat mit dieser Vorgabe, kombiniert mit den technischen Entwicklungen im Bereich Recyclingbeton, die Verwendung dieses spezifischen Baustoffes im vergangenen Jahrzehnt stetig erhöht. So wurden z. B. im Jahr 2005 ca. 28 000 m<sup>3</sup> verbaut, im Jahr 2014 bereits mehr als 170 000 m<sup>3</sup>.

Parallel zu den Aushubarbeiten im Hirzenbach fand im Sommer 2005 eine breit angelegte Bemusterung des Betons statt. Dabei ging es zum einen um die Frage, inwieweit RC-Beton die Anforderungen von Sichtbeton erfüllt, zum anderen aber auch um die Prüfung von Zusatzstoffen.

Nach mehreren Runden war die Mischung mit dem richtigen Zement, der richtigen Grösse Kies, sowie einer minimalen Einfärbung gefunden und kurz darauf wurden die ersten Sichtbetonmauern gegossen.

Während des Bauablaufes gab es wenige Unregelmässigkeiten, bei denen die Qualität der sichtbaren

Oberflächen nicht zufriedenstellend war. Das Problem lag dabei aber wohl weniger bei der Verwendung von RC-Beton, als bei anderen Faktoren. Letztlich ist es aber immer schwer zu beurteilen, welche Faktoren sich an den Sichtflächen wie auswirken, da eine Vielzahl von Komponenten mitwirkt.

#### **Weitere persönliche Beispiele**

In der weiteren persönlichen Projektabfolge kam immer wieder RC-Beton zur Anwendung. Nicht zuletzt durch die Anforderungen von eco-bau. So wurde z. B. auch bei der Erneuerung des Schulpavillons Allenmoos II in Zürich 2011, wie auch beim Tribünengebäude St.Jakob in Basel 2014 RC-Beton verbaut. Dabei wurde die Palette der Möglichkeiten immer grösser. In Basel kam z. B. ein RC-Beton mit Mischabbruch zur Anwendung, auch wenn hohe Anforderungen an die Dichtheit bestanden.

**BETONSUISSE**

Überbauung Hirzenbach



Luftbild von Schwamendingen 1962 (ETH-Bibliothek Zürich, Bildarchiv)

Schulanlage Hirzenbach, Daniel Christen Seite 2  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

**BETONSUISSE**

Überbauung Hirzenbach



Luftbild der Überbauung 1960 (ETH-Bibliothek Zürich, Bildarchiv)

Schulanlage Hirzenbach, Daniel Christen Seite 3  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

**BETONSUISSE**

Überbauung Hirzenbach



Luftbild der Überbauung 1962 (ETH-Bibliothek Zürich, Bildarchiv)

Schulanlage Hirzenbach, Daniel Christen Seite 4  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

**BETONSUISSE**

Erweiterung Schulanlage Hirzenbach



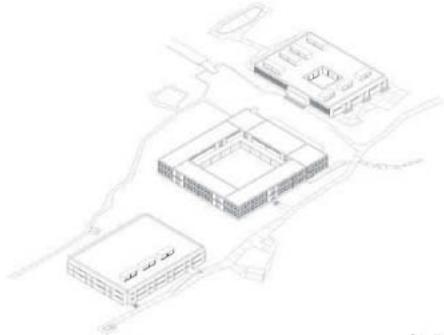
Satellitenbild Hirzenbach 2006

Schulanlage Hirzenbach, Daniel Christen Seite 5  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

Series of horizontal dotted lines for notes, spanning the right side of the page.

BETONSUISSE

Erweiterung Schulanlage Hirzenbach



Axonometrie Projekt

Architect: Schulanlage Hirzenbach

Schulanlage Hirzenbach, Daniel Christen Seite 6  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

BETONSUISSE

Erweiterung Schulanlage Hirzenbach



Situationsplan Schulanlage



Schulanlage Hirzenbach, Daniel Christen Seite 7  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

BETONSUISSE

Erweiterung Schulanlage Hirzenbach

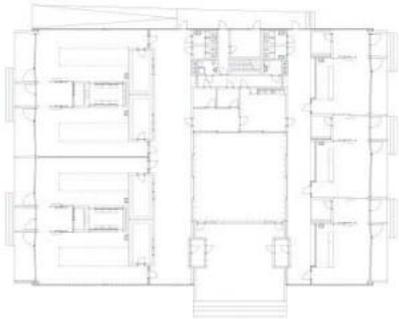


Foto Schulhaus Turnhalle

Schulanlage Hirzenbach, Daniel Christen Seite 8  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

BETONSUISSE

Kindergartengebäude Hirzenbach



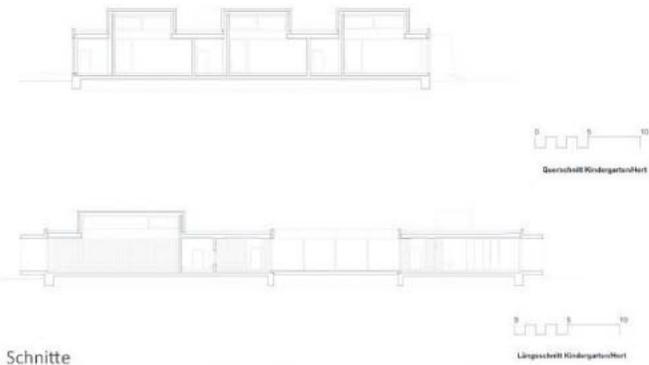
Grundriss

Schulanlage Hirzenbach, Daniel Christen Seite 9  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

Series of horizontal dotted lines for notes.

BETONSUISSE

Kindergarten/Hort Hirzenbach



Schnitte

Schulanlage Hirzenbach, Daniel Christen Seite 10  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

BETONSUISSE

Kindergarten/Hort Hirzenbach



Ansicht von Westen

Schulanlage Hirzenbach, Daniel Christen Seite 11  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

BETONSUISSE

Kindergarten/Hort Hirzenbach



Ansicht von Osten

Schulanlage Hirzenbach, Daniel Christen Seite 12  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

BETONSUISSE

Kindergarten/Hort Hirzenbach



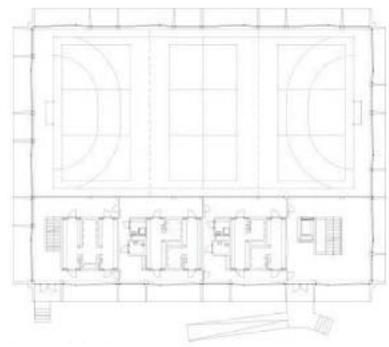
Kindergartenraum

Schulanlage Hirzenbach, Daniel Christen Seite 13  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

A series of horizontal dotted lines for taking notes, spanning the right side of the page.

**BETONSUISSE**

Turnhalle Hirzenbach



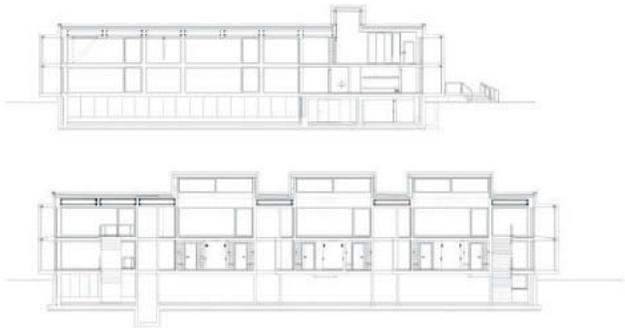
Grundriss EG



Schulanlage Hirzenbach, Daniel Christen Seite 14  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

**BETONSUISSE**

Turnhalle Hirzenbach



Schnitte



Schulanlage Hirzenbach, Daniel Christen Seite 15  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

**BETONSUISSE**

Turnhalle Hirzenbach



Ansicht Nordost

Schulanlage Hirzenbach, Daniel Christen Seite 17  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

**BETONSUISSE**

Turnhalle Hirzenbach



Ansicht Südost

Schulanlage Hirzenbach, Daniel Christen Seite 18  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

Series of horizontal dotted lines for handwritten notes.











**Unternehmerische Aspekte zur Materialwahl**

**Thomas Merz**  
Merz Gruppe, Gebenstorf

## Lebenslauf

Thomas Merz

Unternehmensleiter und Inhaber der Merz Gruppe, Gebenstorf/AG



### Ausbildung

2001 – 2003	Betriebsökonom KLZ, Zürich
1997 – 1999	Unternehmensschule SIU, Zürich
1996 – 1997	Handelsschule, Limania Baden/AG
1993 – 1995	Zusatzlehre als Maurer, Jäggi AG, Bauunternehmung, Brugg/AG
1989 – 1993	Lehre als Hochbauzeichner, Merlo+Singer Architekten, Gebenstorf/AG
1979 – 1989	Volksschule

### Berufslaufbahn

ab 2014	Unternehmensleiter und VR-Präsident Merz Gruppe
1999 – 2014	Geschäftsführer Merz Gruppe
1996 – 1999	Technischer Leiter Kies Merz AG
1995 – 1996	Um- und Anbau eines Mehrfamilienhauses als selbstständiger Polier
1995	3-monatiger Auslandsaufenthalt
1989 – 1995	Lehrzeit

### Aktuelle Verbandstätigkeiten und Arbeitsgruppen

zurzeit	Arbeitsgruppe Recycling Aargau
Seit 2013	Vorstand ARV Schweiz
Seit 2012	Vorstand bauen aargau
Seit 2009	Vorstand VKB Aargau (seit 2012 Präsident)

## Unternehmerische Aspekte zur Materialwahl

Thomas Merz

### Wieso Beton aus sekundären Rohstoffen?

So vielfältig wie sich die Regionen der Schweiz präsentieren, so vielfältig sind auch die Beweggründe für den unternehmerischen Entscheid, Recyclingbeton (Beton aus sekundären Rohstoffen) herzustellen. Ist es eine Frage der Verfügbarkeit der Rohmaterialien? – Ist es eine Frage der Nachfrage? – Oder ist es mit unternehmerischer Überzeugung zu erklären?

Aus langfristiger Sicht ist natürlicher Kies ein knappes Gut, wohl in gewissen Regionen der Schweiz in grossen Mengen im Boden vorhanden, aber nicht unbeschränkt verfügbar. Als beinahe unerschöpfliche Rohstoffquelle für sekundäre mineralische Rohstoffe entwickelte sich in den letzten Jahren der Gebäudepark Schweiz. Dieser bietet mit regional grossen Unterschieden immer wieder neue Rohstoffreserven für die Zukunft. So wird Betonabbruch und Mischabbruch als Rohmaterial für die Produktion hochwertiger ungebundener und gebundener Baustoffe gewonnen.

Durch die hohe Verfügbarkeit von Rückbaustoffen ergibt sich in den meisten Regionen der Schweiz eine Überkapazität an Mischabbruch, welcher in ungebundener Form keine ausreichenden Verwen-

dungsmöglichkeiten bietet. Es ergibt sich hier nebst Betonabbruch ein wertvoller Rohstoff als Zuschlagsstoff für Recyclingbeton.

Die Wiederverwendung von Rückbaustoffen schont das beschränkt verfügbare Deponievolumen von Inertstoffdeponien und substituiert die natürlichen Kiesreserven. Somit schliesst die Verwendung von Rückbaumaterial nachhaltig den Baustoffkreislauf.

Es ist eine Frage des Geschäftsmodells und der Marktbedingungen, ob und wann sekundäre Baustoffe aus ökologischer wie auch ökonomischer Sicht Sinn machen und unternehmerisch betrachtet ein Erfolgsmodell darstellen. Der ökologische Nutzen von Recyclingbeton wird dabei im Wesentlichen durch die Verfügbarkeit der Rohstoffe, die Rahmenbedingungen des Marktes sowie die Rezeptierung der verschiedenen Betonsorten bestimmt.

### Herausforderungen bei der Produktion

Ein wichtiger Prozess bei der Produktion von Recyclingbeton ist die Materialkonditionierung des Betonabbruchs und des Mischabbruchs. Nach der Rohstoffgewinnung beim Rückbau werden unterschiedlichste Materialqualitäten und stark schwan-

kende Anlieferungsmengen verarbeitet. So werden Rohmaterialien mit hohem Fremdstoffanteil zu einheitlichen, reinen Ausgangsstoffen verarbeitet, welche die Basis für die Produktion normativer und hochwertiger Produkte bilden.

Basis für eine laufende Qualitätskontrolle und Produkteentwicklung bildet die Materialprüfung. Die Frischbetonprüfungen ergeben wichtige Erkenntnisse für die wirtschaftliche Verarbeitbarkeit des Recyclingbetons. Weitergehende Materialprüfungen dienen insbesondere zur Festlegung der Zementmenge und Anteile der sekundären Rohmaterialien im Recyclingbeton sowie den normativen Nachweisen.

Das Ziel ist, die Anteile der sekundären Zuschlagstoffe wie Mischabbruch und Betonabbruch in den entsprechenden Betonsorten in hohem Masse und hoher Reinheit zu verwenden und die Zementmenge zu minimieren. Das sind wichtige Parameter, um Recyclingbeton als wirtschaftliches und nachhaltiges Produkt am Markt langfristig zu positionieren.

### Aspekte bei der Vermarktung

Gewiss ist es verkaufsfördernd, wenn Beton aus

sekundären Baustoffen aufgrund eines Labels verwendet werden muss. Langfristig betrachtet hält sich jedoch ein Produkt nur, wenn es sowohl aus ökonomischer wie ökologischer Sicht überzeugt.

Beton soll unabhängig von der Herkunft der Rohmaterialien aufgrund der zu erbringenden Leistung nachgefragt werden! So kann Recyclingbeton wie Primärbeton als gutes Produkt überzeugen.

Für die verschiedenen Anspruchsgruppen spielen in der Vermarktung von Recyclingbeton unterschiedliche Kriterien eine wichtige Rolle. So ist für den Baumeister nebst der Preisfindung die wirtschaftliche Verarbeitbarkeit des Produkts auf der Baustelle von grosser Bedeutung. Architekten und Ingenieure benötigen bei der Verwendung von Recyclingbeton Kenntnisse der aktuellen normativen Vorgaben und das Auseinandersetzen mit den Einsatzmöglichkeiten von Recyclingbeton, um den alltäglichen Umgang damit zu vertiefen. Dabei ist eine hohe Produktesicherheit ein wichtiger Faktor. Recyclingbeton bietet aber auch architektonisch unverwechselbare Gestaltungsmöglichkeiten.

Aus Sicht der Bauherrschaft bestehen sehr unterschiedliche Bedürfnisse. Öffentlichen Bauherren ist es wichtig, Gebäude nachhaltig und mit Zertifikat

zu erstellen. Private Bauherren stellen oft rein wirtschaftliche Kriterien bei der Materialwahl in den Vordergrund oder setzen aus Überzeugung auf Recyclingbeton.

#### **Fazit**

Die Nachhaltigkeit und der ökologische Nutzen eines Betons sind nicht per Definition abhängig von der Verwendung sekundärer Rohmaterialien. Das heisst, Beton aus sekundären Baustoffen (Recyclingbeton) überzeugt nicht per Definition als nachhaltiger Baustoff durch die Tatsache, dass es Recyclingbeton ist.

Recyclingbeton überzeugt dann als nachhaltiger und ökologisch wertvoller Baustoff, wenn die Verfügbarkeit der Rohstoffe gegeben ist, Ressourcen geschont werden und die Anteile der sekundären Rohstoffe in hoher Masse und Reinheit im Beton Verwendung finden. Dies erfordert einen stetigen Umgang mit den Zielkonflikten zwischen Ökonomie und Ökologie.

Das heisst, es sind innerhalb eines Marktes entsprechende Rahmenbedingungen erforderlich und der unternehmerische Wille und die Überzeugung, gute Produkte herstellen zu wollen und diese bei den Anspruchsgruppen gewinnbringend zu vermarkten.

So ist es letztlich eine Frage der strategischen Ausrichtung und des Geschäftsmodells der Unternehmungen, auf welche Art und Weise sich Recyclingbeton in den vielfältigen Regionen der Schweiz langfristig etablieren wird.







**BETONSUISSE**

### Herausforderungen bei der Produktion

Unternehmerische Aspekte zur Materialwahl, Thomas Merz Seite 10  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

### Herausforderungen bei der Produktion (1)

- ❖ Rohmaterialgewinnung
- ❖ Qualität der Rohstoffe
- ❖ Bauschadstoffe



Unternehmerische Aspekte zur Materialwahl, Thomas Merz Seite 11  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

### Herausforderungen bei der Produktion (2)

- ❖ Unregelmässige Anlieferungsvolumen
- ❖ Zerkleinerung
- ❖ Materialkonditionierung
- ❖ Aufbereitungsprozess



Unternehmerische Aspekte zur Materialwahl, Thomas Merz Seite 12  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

### Herausforderungen bei der Produktion (3)

- ❖ Materialförderung und Silierung
- ❖ Materialmischungen
- ❖ Betonproduktion



Unternehmerische Aspekte zur Materialwahl, Thomas Merz Seite 13  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015





**BETONSUISSE**

### Aspekte bei der Vermarktung

Unternehmerische Aspekte zur Materialwahl, Thomas Merz Seite 18  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

### Aspekte bei der Vermarktung (1)

- ❖ Verarbeitbarkeit auf der Baustelle
- ❖ Rahmenbedingungen bei der Verarbeitung
- ❖ Umgang mit den Produkten nach den Regeln der Baukunst



Unternehmerische Aspekte zur Materialwahl, Thomas Merz Seite 19  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

**BETONSUISSE**

### Aspekte bei der Vermarktung (2)

Bauunternehmer:

- ❖ Weil Beton über die Leistung definiert werden soll
- ❖ Verarbeitbarkeit
- ❖ Gesamtkostenbetrachtung



Unternehmerische Aspekte zur Materialwahl, Thomas Merz Seite 20  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

**BETONSUISSE**

### Aspekte bei der Vermarktung (3)



Unternehmerische Aspekte zur Materialwahl, Thomas Merz Seite 21  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

**BETONSUISSE**

### Aspekte bei der Vermarktung (4)

Bauplanung:

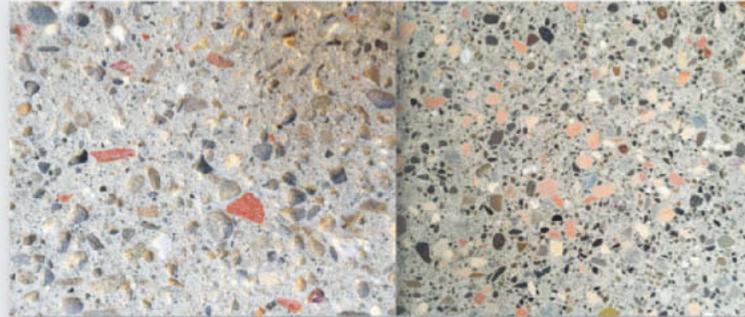
- ❖ Weil Beton über die Leistung definiert werden soll
- ❖ Normen und Richtlinien
- ❖ Gestaltungsmöglichkeiten



Unternehmerische Aspekte zur Materialwahl, Thomas Merz Seite 22  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

**BETONSUISSE**

### Aspekte bei der Vermarktung (5)



Unternehmerische Aspekte zur Materialwahl, Thomas Merz Seite 23  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

**BETONSUISSE**

### Aspekte bei der Vermarktung (6)

Bauherr:

- ❖ Label, Zertifikate und Co.
- ❖ Verkaufsargumentation
- ❖ aus Überzeugung gute Produkte verbauen
- ❖ Ressourcenschonung



Unternehmerische Aspekte zur Materialwahl, Thomas Merz Seite 24  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

**BETONSUISSE**

### Aspekte bei der Vermarktung (7)



Unternehmerische Aspekte zur Materialwahl, Thomas Merz Seite 25  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015







**Zielsetzungen des öffentlichen Bauherrn:  
ökologisches Bauen**

**Paul Eggimann**

Leiter Fachgruppe nachhaltiges Bauen der Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren KBOB

## Lebenslauf

Paul Eggimann, Leiter Fachgruppe nachhaltiges Bauen der Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren KBOB



### Ausbildung

- 2004 – 2006 Nachdiplomkurs Risiko und Sicherheit
- 1997 Kurs Umweltmanagement (14 Tage) an der Hochschule St. Gallen
- 1987 – 1993 Physikstudium an der ETH Zürich

### Berufserfahrung

- seit März 2015 Leiter der KBOB-Fachgruppe Nachhaltiges Bauen  
Leiter der Fachgruppe «Ressourcen- und Umweltmanagement der (zivilen) Bundesverwaltung RUMBA»
- 2007 – 2015 Leiter Umweltmanagement des Hochbauamtes Kanton Zürich  
jährliches Bauvolumen ca. 400 Mio. Fr.
- 2010 – 2013 Mitglied im Vorstand des Vereins eco-bau  
– Leitung der Fachgruppe Minergie-eco
- 2005 – 2006 Leiter des Fachbereiches II der Kantonalen Feuerpolizei  
– Chemische Betriebe, Industrielle Grossrisiken
- 2003 – 2004 Bezirksverantwortlicher Kantonale Feuerpolizei
- 2003 – 2006 Offizieller Vertreter (VKF, SIA, SNV) der Schweiz im  
CEN TC 127 Fire safety in buildings
- 2000 – 2003 Leiter des Brandlabors der Empa Dübendorf
- 1994 – 1999 Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Empa Dübendorf,  
Abt. Bauphysik
- 1993 – 1994 Wissenschaftlicher Mitarbeiter ETH am Institut für Hochbautechnik,  
Professur für Bauphysik (Prof. Keller)

## Zielsetzungen des öffentlichen Bauherrn: ökologisches Bauen

Paul Eggimann

Die öffentliche Hand geht von anderen Voraussetzungen aus als die privaten Bauherren. So hält die öffentliche Hand ihre Immobilien über einen langen Zeitraum. Darum lohnen sich Investitionen zu Beginn, die die Lebenszykluskosten senken. Verursachte externe Kosten werden in der Regel auch durch die öffentliche Hand getragen, weshalb sich deren Vermeidung volkswirtschaftlich lohnt. Der öffentliche Bauherr tut gut daran, seine «eigenen» Vorschriften vorbildlich umzusetzen und damit aufzuzeigen, dass diese umsetzbar und sinnvoll sind. Mit seinem grossen Investitionsvolumen auf Stufe Bund, Kantone und Gemeinden kann er im Markt als «first» oder «early mover» wirken und so Entwicklungen anstossen oder fördern. Da der Staat nicht Konkurs gehen kann, verfügt er auch über eine grössere finanzielle Risikofähigkeit als ein privates Unternehmen.

In all diesen fünf Aspekten setzt sich die öffentliche Hand für RC-Beton ein. Aufgrund des Standes der Technik ergibt sich bei den Lebenszykluskosten kein signifikanter Unterschied zwischen RC-Beton und Beton aus Primärkies. Stoffkreisläufe zu schliessen und damit knappen Deponieraum zu schonen, reduziert externe Kosten. Dank Empfehlungen der Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren KBOB

werden die Vorgaben im Sinne der Vorbildfunktion der öffentlichen Hand einheitlich umgesetzt. Gerade in der Frühphase des RC-Betons konnte die öffentliche Hand mit ihrer Nachfrage nach RC-Beton die Entwicklung und Verbreitung von RC-Angeboten fördern. Dabei profitierte sie auch von ihrer grösseren finanziellen Risikofähigkeit.

Die Förderung von RC-Beton in der Anwendung und der Entwicklung ist deshalb ein gutes Beispiel, wie die öffentliche Hand zusammen mit den privaten Bauherren innovative Ansätze zur nachhaltigen Entwicklung umsetzen kann. Die Strukturen und Mittel sind vorhanden, sodass diese Erfolgsgeschichte auch für andere Themen wiederholt werden kann. Packen wir es an!

**BETONSUISSE**

**KBOB** Association suisse des entrepreneurs de l'industrie et du commerce de la construction et des installations de génie civil et des entreprises de construction publique  
Associazione di costruttori edili e imprese edili e artigiane costruttrici  
AEPG - Associazione dei costruttori pubblici  
Construction Group for Construction and Trading Services

Mitglieder der KBOB

- Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra
- Bundesamt für Bauten und Logistik  
BBL
- Bundesamt für Strassen  
ASTRA
- Bundesamt für Verkehr  
BAV
- Schweizerische Bau-, Planungs- und  
Umweltdirektorenkonferenz  
BPUK
- armasuisse  
Immobilien
- Schweizerischer Städteverband  
SSV
- Schweizerischer Gemeindeverband  
SGV
- ETH Bereich  
ETHZ | EPFL | PSI | WSI | Empa | Eawag

Zielsetzung des öffentlichen Bauherrn, Paul Eggimann Seite 3  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

**BETONSUISSE**

**Besonderheiten der öffentlichen Hand als Bauherr**

- Langfristiger Fokus  
-> Lebenszykluskosten statt reine Investitionskosten
- Sollte volkswirtschaftlich und nicht privatwirtschaftlich rechnen  
-> externe Kosten berücksichtigen
- Vorbildfunktion  
-> Nicht nur von den Privaten fordern, sondern selbst auch umsetzen
- Grosses Investitionsvolumen  
-> kann als «first mover» oder «early mover» den Markt beeinflussen
- Grössere Risikofähigkeit  
-> trägt «nur» politisches und kein direktes Marktrisiko

Zielsetzung des öffentlichen Bauherrn, Paul Eggimann Seite 4  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

**BETONSUISSE**

**Langfristiger Horizont  
Lebenszykluskosten statt reine Investitionskosten**

**Keine signifikanten Unterschiede**

Weder bei den Baukosten noch bei der Funktionalität oder Lebensdauer ergeben sich signifikante Unterschiede zwischen Primärbeton und RC-Beton.  
Entsprechend bestehen auch keine signifikanten Unterschiede bezüglich Lebenszykluskosten.

Zielsetzung des öffentlichen Bauherrn, Paul Eggimann Seite 5  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

**BETONSUISSE**

**Welche Teile sind mit Primär- und welche mit RC-Material betoniert?**



Schulanlage  
BWS Hardau Zürich  
Fertigstellung 2004  
90% RC-Beton

Zielsetzung des öffentlichen Bauherrn, Paul Eggimann Seite 6  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

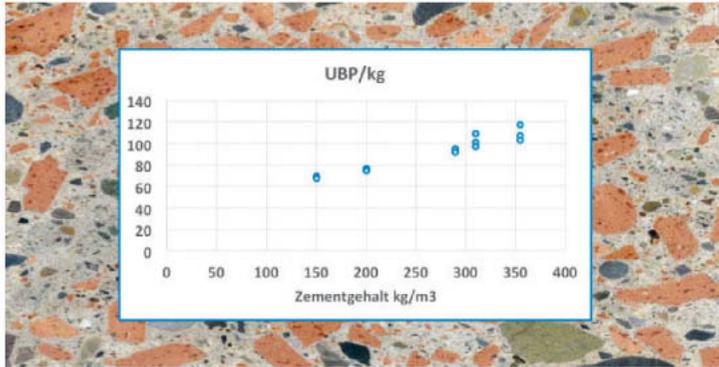
### Volkswirtschaftlich statt privatwirtschaftlich rechnen Externe Kosten berücksichtigen / Ökobilanz

Treiber bei grauer Energie, CO<sub>2</sub> und Schadstoffen ist primär der Zement, die Zuschlagsstoffe sind sekundär

Es bestehen leichte aber keine signifikanten Vorteile für RC-Beton. Resultat stark abhängig von den angenommenen Produktionsbedingungen und Rezepturen.

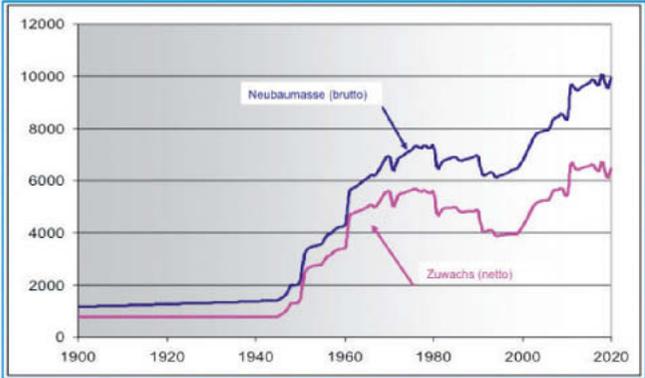
Zielsetzung des öffentlichen Bauherrn, Paul Eggimann Seite 7  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

### KBOB-Merkblatt 2009/1:2014 Ökobilanzdaten im Baubereich

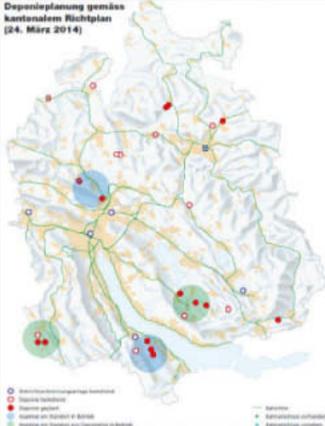


Zielsetzung des öffentlichen Bauherrn, Paul Eggimann Seite 8  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

### Baumengen in 1000 t/a für den Kanton Zürich



Zielsetzung des öffentlichen Bauherrn, Paul Eggimann Seite 9  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015



### URBAN MINING Die Stadt als Bergwerk der Zukunft



Zielsetzung des öffentlichen Bauherrn, Paul Eggimann Seite 10  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

BETONSUISSE

**Vorbildfunktion  
Nicht nur vorschreiben, sondern auch vorleben**



Kleintierklinik Kanton Zürich; > 95% RC-Beton

Zielsetzung des öffentlichen Bauherrn, Paul Eggimann Seite 11  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

BETONSUISSE

**Grosses Investitionsvolumen  
First oder early mover**

Dank den KBOB-Empfehlungen können die öffentlichen Bauherren Nachhaltigkeitsmassnahmen einheitlich und koordiniert umsetzen

KBOB-Empfehlung 2007/2:2012: Beton aus recycelter Gesteinskörnung  
KBOB-Empfehlung 2008/1: Nachhaltiges Bauen in Planer- und Werkverträgen

Zielsetzung des öffentlichen Bauherrn, Paul Eggimann Seite 12  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

BETONSUISSE

**KBOB e c o - b a u IPB**

Konferenzkomitee der Bau- und Ingenieurverbände der öffentlichen Bauherren  
Conférence de coordination des services de la construction et des membres des métiers d'ouvrage publics  
Nachhaltigkeit in öffentlichen Bau  
Durabilité et constructions publiques  
Interessengemeinschaft privater professioneller Bauherren  
Communauté d'intérêt des métiers d'ouvrage professionnels privés

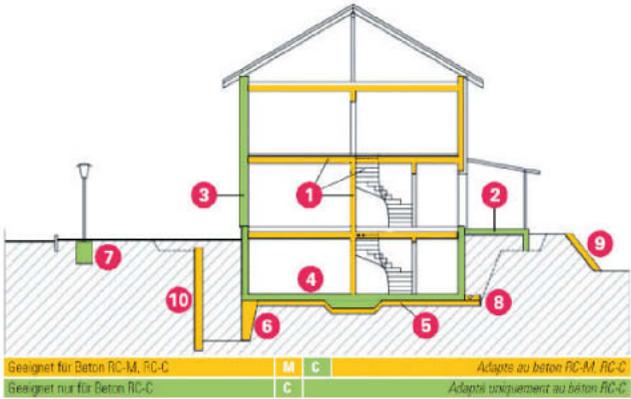
EMPFEBUNG-RECOMMANDATION-EMPFEHLUNG-RECOMMANDATION-EMPFEHLUNG  
NACHHALTIGES BAUEN + CONSTRUCTION DURABLE + NACHHALTIGES BAUEN + CONSTRUCTION DURABLE + NACHHALTIGES BAUEN + CONSTRUCTION DURABLE

**Beton aus recycelter Gesteinskörnung  
Béton de granulats recyclés**  
2007/2  
Stand Februar 2012 / Etat de février 2012

<p><b>RC-Beton C</b> Gesteinskörnung: Restgranulat aus auflöserbarem Betonabbruch Kornform: Gebrochen Qualität: Wie Primärbeton mit gebrochenem Gesteinskorn</p>		<p><b>Beton RC-C</b> Granulate: erhalten par traitement de béton de démolition Forme des grains: concassé Qualité: comme le béton ordinaire avec grains concassés</p>
<p><b>RC-Beton M</b> Gesteinskörnung: Mischgranulat aus auflöserbarem Mischabbruch Kornform: Gebrochen Qualität: Brisantes Schwenden und Kriechen, grössere Durchbiegungen als bei Primärbeton</p>		<p><b>Beton RC-M</b> Granulate: par traitement des matériaux de démolition non traités Forme des grains: concassé Qualité: serait important et fâcheux, fâches plus importantes qu'avec le béton ordinaire</p>

Zielsetzung des öffentlichen Bauherrn, Paul Eggimann Seite 13  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

BETONSUISSE



Zielsetzung des öffentlichen Bauherrn, Paul Eggimann Seite 14  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

**BETONSUISSE**

Geeignet für Beton RC-M, RC-C	M	C	Adapté au béton RC-M, RC-C
Geeignet nur für Beton RC-C	C		Adapté uniquement au béton RC-C

Beispiele	Expositionsklasse* Classe d'exposition*	Exemples
<b>Hochbau</b>		<b>Construction de bâtiments</b>
1 Wände, Decken, Treppen bewehrt innen trocken	XC1, XC2	Parois, plafonds, cages d'escaliers armés, sec à l'intérieur
2 Aussenbereich, vor Regen geschützt	XC2, XC3	À l'extérieur, protégé de la pluie
3 Aussenfassaden, wasserbenetzte Flächen	XC4, XF1	Façades extérieures, surfaces absorbant l'eau
4 Wasserdichter Beton**	XC2, XC4	Béton étanche**
5 Sauberkeitsschicht		Couche de propreté
6 Unterfangungen	XC1, XC2	Murs de reprise en sous-œuvre
<b>Strassenbau</b>		<b>Construction de routes</b>
7 Fundamente für Kandelaber, Leitplanken, Lichtsignal- und Signalisationsanlagen	XC1, XC2	Fondations pour candélabres, glissières de sécurité, installations de signalisation
<b>Kanalisation, Werkleitungen usw.</b>		<b>Canalisations, conduites, etc.</b>
8 Fall- und Hüllbeton		Béton d'injection et d'enrobage
9 Temporäre Böschungssicherung	X0	Renforcement temporaire de talus
10 Röhrlände (je nach Anforderung)	X0 ... XC3	Parois berlinoises (selon les exigences)

Zielsetzung des öffentlichen Bauherrn, Paul Eggimann Seite 15  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

**BETONSUISSE**



Koordination der Bau- und Logenschaftorgane des Bundes / Contribution des services fédéraux de la construction et de l'immobilier  
Nachhaltigkeit an öffentlichen Bau / Durabilité et constructions publiques  
Interessengemeinschaft privater professioneller Bauherren / Communauté d'intérêt des métiers d'ouvrage professionnels privés

EMPFEHLUNG-RECOMMANDATION-EMPFEHLUNG-RECOMMANDATION-EMPFEHLUNG  
NACHHALTIGES BAUEN + CONSTRUCTION DURABLE + NACHHALTIGES BAUEN + CONSTRUCTION DURABLE + NACHHALTIGES BAUEN + CONSTRUCTION DURABLE

**Nachhaltiges Bauen in Planer- und Werkverträgen**  
*La construction durable dans les contrats d'études et les contrats de réalisation*

**2008/1**

**Wussten Sie ...**  
... dass nachhaltiges Bauen eine gemeinsame Aufgabe von Nutzenden, Bauherrschaft, Planenden und Unternehmungen ist?

**Saviez-vous que...**  
... la construction durable est une tâche commune à l'utilisateur, au maître d'ouvrage, au bureau d'études et à l'entreprise de construction?

**Bedingungen für Werkleistungen, Ziffer 4.1: Beton**  
1 Grundsätzlich soll für alle Anwendungen RC-Beton eingesetzt werden, falls dieser im Umkreis von 25 km verfügbar ist.

Zielsetzung des öffentlichen Bauherrn, Paul Eggimann Seite 16  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

**BETONSUISSE**

Relativ grosse Verbindlichkeit für den öffentlichen Bauherrn



Bauschuttrecycling Amsterdam Flughafen

- Durch die öffentliche Hand wird ein Minimalumsatz generiert
- Die «Abnahmegarantie» erleichtert Investitionen und verringert das unternehmerische Risiko

Zielsetzung des öffentlichen Bauherrn, Paul Eggimann Seite 17  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015

**BETONSUISSE**

Die öffentliche Hand fördert und unterstützt Initiative aus der Privatwirtschaft



Zielsetzung des öffentlichen Bauherrn, Paul Eggimann Seite 18  
9. Schweizer Betonforum, 1.7.2015









**Praxisbeispiel:  
Schulhaus Zinzikon, Winterthur**

**Adrian Streich**  
Adrian Streich Architekten AG, Zürich

## Lebenslauf

Adrian Streich

Adrian Streich Architekten AG, Zürich



### Ausbildung

- 1992 Diplom an der ETH Zürich
- 1986 Vorkurs an der Schule für Gestaltung Zürich

### Berufslaufbahn

- 2013–2014 Gastprofessor an der EPFL in Lausanne
- 2008 Aufnahme in den Bund Schweizer Architekten
- 1998–2001 Assistent bei Professor Adrian Meyer an der ETH Zürich
- 1992–1998 Mitarbeit bei Burkard Meyer Architekten, Baden
- 1997 Gründung eigenes Architekturbüro

## Praxisbeispiel: Schulhaus Zinzikon, Winterthur

Adrian Streich

Zwischen der Binzhofstrasse und der Ruchwiesenstrasse wird das Schulhaus Zinzikon als flacher Baukörper mit einer liegenden Silhouette in die leicht bewegte Hügellandschaft eingebettet. Durch ihre markante horizontale Ausdehnung signalisiert die Schule ihre öffentliche Bedeutung. Die neue Schule ist aus einzelnen Teilen aufgebaut. In vier überschaubaren, zweigeschossigen Häusern sind die unterschiedlichen schulischen Nutzungen untergebracht und fächerförmig um die zentrale Doppelturhalle angeordnet. Mit dem ausgreifenden Dach werden die Teile der blumenförmigen Figur zu einer Grossform zusammengebunden. Die Grundbausteine des Schulhauses bleiben erkennbar und bilden einen auf die Kinder zugeschnittenen Massstab in der grossen, gemeinsamen Form. Es entsteht ein vielschichtiges Ganzes, in dem die Schule als Gemeinschaft erlebbar ist und das einzelne Kind sein individuelles Schulumfeld wahrnehmen kann.

Das konzentrisch aufgebaute Schulgebäude wird zum Kristallisationspunkt des neuen Wohnquartiers. Vier Zugänge vernetzen die blumenförmige Schule allseitig mit den umliegenden Wohnüberbauungen. Die überdachten Eingangsbereiche der Schule sind je nach Bedeutung verschieden gross ausgelegt. Vom südlichen Haupteingang aus sind die wichtig-

sten öffentlichen Nutzungen wie die Doppelturhalle, der Singsaal und die Schulleitung direkt zugänglich. Der nördliche Eingang bildet die Verbindung zum Pausenbereich mit Allwetterplatz und Spielwiese. Die Eingangshalle umschliesst die Doppelturhalle und dient als Foyer für die ganze Schule. Dank der clusterartigen Anordnung können das Foyer, die Doppelturhalle, der Singsaal, der Kinderhort und die übrigen Räume im Erdgeschoss je nach Veranstaltung einzeln oder gemeinsam genutzt werden.

Sämtliche Klassenzimmer und Gruppenräume befinden sich im Obergeschoss der Schule. Jeweils vier Klassenzimmer und zwei bis vier Gruppenräume werden zu einem Klassenzimmercluster zusammengefügt. Über einen Balkon mit Aussentreppe gelangt man von den Klassenzimmertrakten jeweils direkt ins Freie. In einem Spezialtrakt sind die Handarbeitsräume, das Werken und Nebenräume angeordnet. Da jeder Trakt über eine eigene Fluchttreppe verfügt, muss die Zone zwischen der Doppelturhalle und den Klassenzimmerclustern keine Fluchtwegfunktion übernehmen und kann frei möbliert werden. Dieser Raum wird zur Lernlandschaft für unterschiedliche Schulformen. Die Garderoben vor den Klassenzimmern sind als offene Nischen an die Lernlandschaft angeschlossen.

Über die beiden Haupttreppen gelangt man von der Lernlandschaft ins Foyer. Die Treppen sind im Obergeschoss zur Lernlandschaft hin abgetrennt, im Erdgeschoss stehen diese offen im Raum.

Der Rohbau des Schulhauses besteht aus einer Sichtbetonkonstruktion. Mit dieser Materialwahl reiht sich die Schule in die lange Tradition von Schulhäusern aus Sichtbeton ein. Der Sichtbeton eignet sich ausgezeichnet für die Darstellung der Plastizität der Figur aus einzelnen Baukörpern. Das Schulhaus Zinzikon ist nach dem Minergie-P-Eco-Standard zertifiziert. Entsprechend diesen energetischen Anforderungen wurde die Betonsorte CEM II/B-LL 32.5 R JURA ECO ohne Schlacken-zuschlagstoffe verwendet. Durch seinen geringen Klinkergehalt weist der JURA ECO-Beton eine sehr gute CO<sub>2</sub>-Bilanz auf. Er besteht zu 100 % aus Schweizer Rohmaterialien. Seine Produktion zeichnet sich durch kurze Anlieferungswege der Grundmaterialien und die Verwendung von alternativen Brennstoffen aus. Der hohe Anteil an Jurakalksteinmehl gibt dem Sichtbeton einen hellen und warmen Farbton. Es wurde fast ausschliesslich Recyclingbeton verwendet. Der E-Modul beim RC-Beton ist rund 10 % niedriger als beim Beton mit Primärkörnung. Um grössere Verformungen zu vermeiden, wurde bei den Foyertreppen und den vor-

gespannten Unterzügen des Turnhallendaches auf RC-Beton verzichtet. Bei den übrigen Bauteilen, insbesondere bei den Geschossdecken, konnten die Bauteilstärken so gewählt werden, dass die Durchbiegungsgrenzwerte auch mit RC-Beton eingehalten werden. Beim Magerbeton und Füllbeton wurden 100 % Mischabbruchgranulat als Zuschlagstoffe verwendet (Sorten N150 32M und N200 32M). Für die Bodenplatten, Fundationen und erdberührten Aussenwände wurde ein Beton mit 50 % Betonabbruchgranulat eingesetzt, der die Dichtigkeitsanforderungen für eine «weisse Wanne» erfüllt (Sorte B220R). Für die Sichtbetonflächen an den Fassaden und Innenwänden hat die Firma Toggenburger eine spezielle Rezeptur mit 25 % Betonabbruchgranulat erarbeitet, die besonders gut verarbeitet werden kann und auch die nötige Witterungsbeständigkeit aufweist (Sorte B222RECO). Für die Geschossdecken wurde ein RC-Beton mit 50 % Betonabbruchgranulat eingesetzt (Sorte B205R). Bei den Foyertreppen musste aufgrund der beschränkten Verarbeitbarkeit selbstverdichtender SCC-Beton eingesetzt werden, der nicht als RC-Beton verfügbar ist. Das Schalungsbild besteht aus grossen Schalungstafeln mit einer Abmessung von 1.0 Meter mal 3.0 Meter. Der Sockelbereich der Schulhaus-trakte wurde sandgestrahlt.



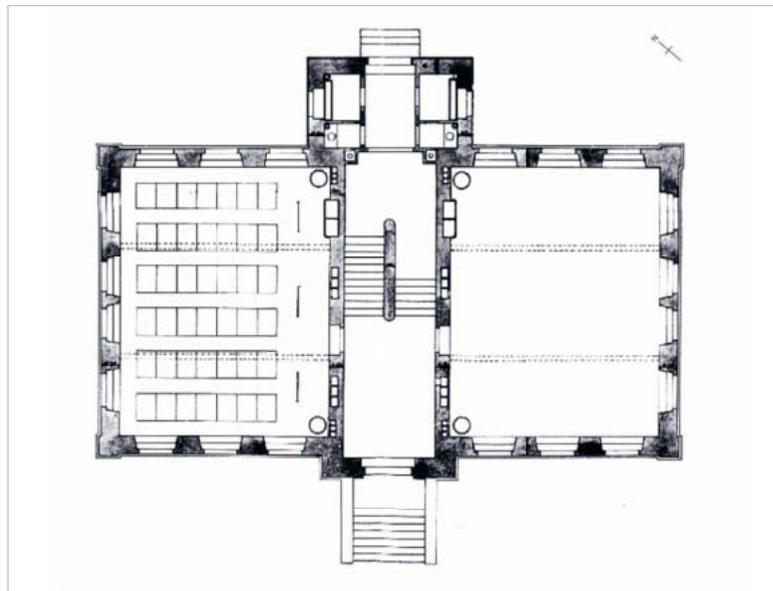




A series of horizontal dotted lines for writing, spanning the right side of the page.







A series of horizontal dotted lines for writing, spanning the right side of the page.









A series of horizontal dotted lines for writing, spanning the right side of the page.







BETONSUISSE Marketing AG  
Marktgasse 53  
3011 Bern

T 031 327 97 87  
F 031 327 97 70

[www.betonsuisse.ch](http://www.betonsuisse.ch)  
[www.betonistnachhaltig.ch](http://www.betonistnachhaltig.ch)  
[www.architekturpreis-beton.ch](http://www.architekturpreis-beton.ch)  
[info@betonsuisse.ch](mailto:info@betonsuisse.ch)

Sämtliche Präsentationen können unter  
[www.betonsuisse.ch](http://www.betonsuisse.ch) (Schweizer Betonforum)  
als PDF-Dokumente heruntergeladen werden.