



# Recycling-Beton in Bauvorhaben der Stadt Zürich

naBe-Webinar: Einsatz von Recycling-Beton und CO<sub>2</sub>-reduzierten Betonen

16.02.2023

Armin Grieder

Leiter Fachstelle Bauingenieurwesen

# Das Amt für Hochbauten der Stadt Zürich

## Bauherren-Vertretung für städtische Eigentümer



**175** Mitarbeiterinnen und  
Mitarbeiter

**6000**  
stadteigene Bauten

**500** Mio. Franken  
verbauen wir pro Jahr

**50** Architekturwettbewerbe  
und Planerwahlen pro Jahr

# Betonrecycling: Warum?

# Das Materiallager 1

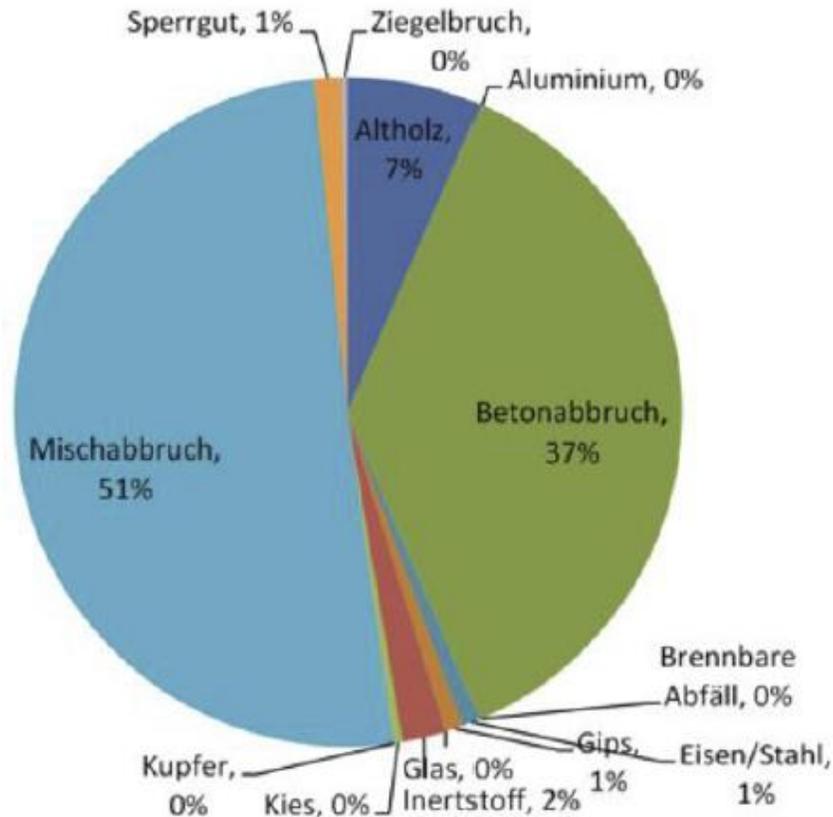


# Das Materiallager 2



# Materialzusammensetzung heutiger Rückbauten

Materialzusammensetzung Rückbauprojekte



Materialzusammensetzung Sanierungsprojekte

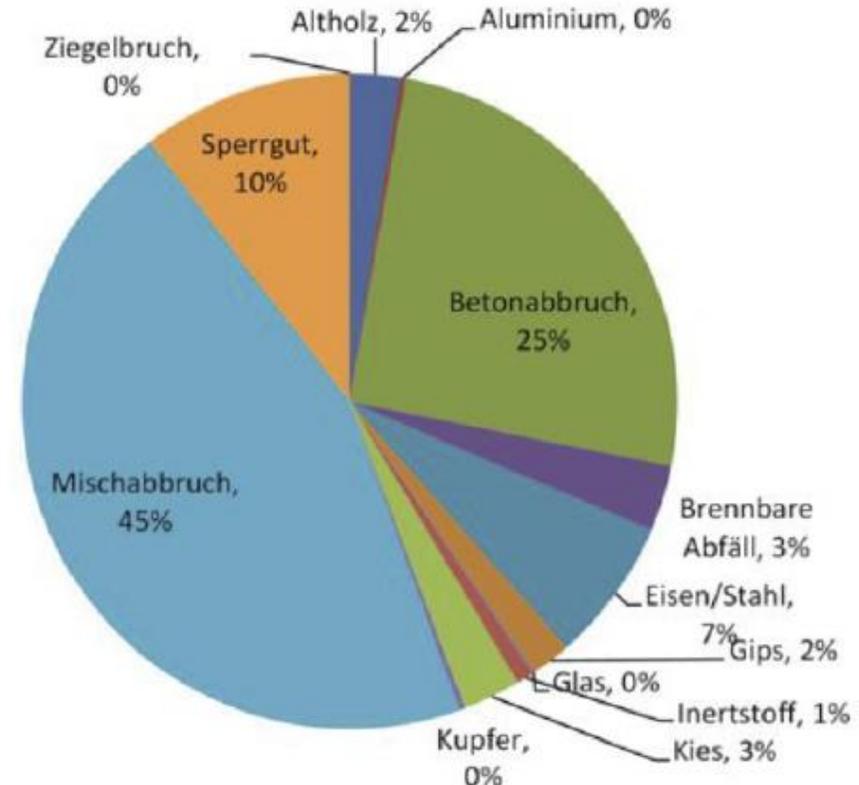


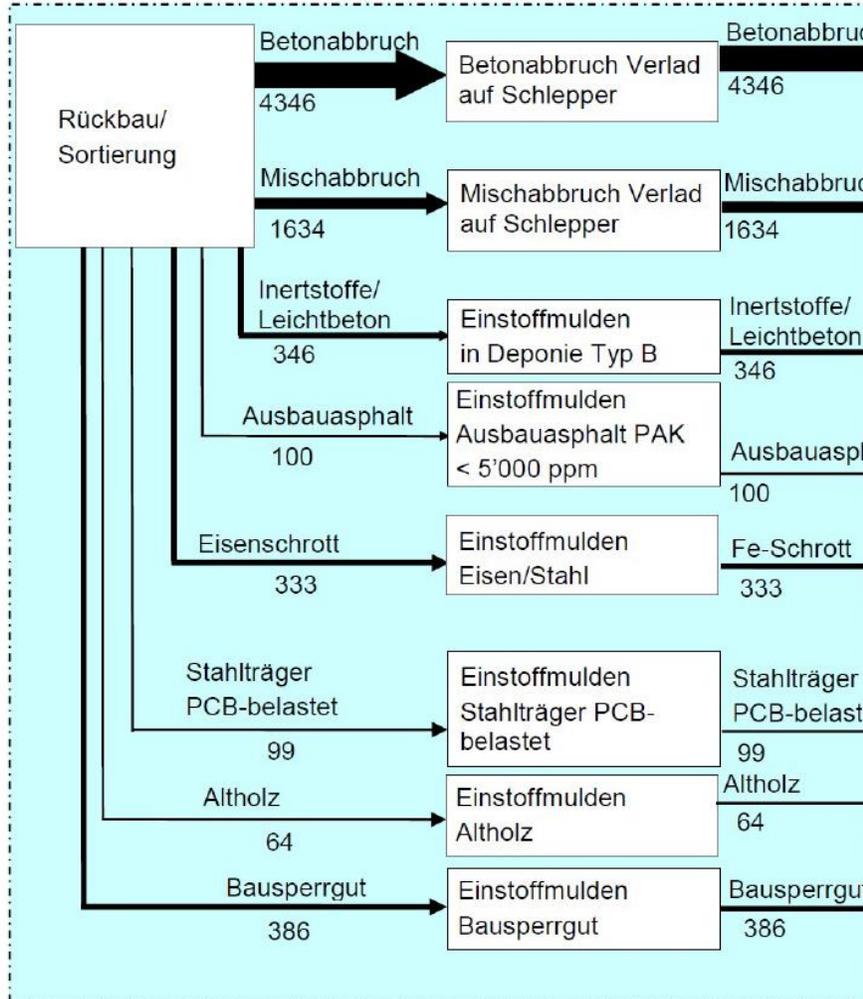
Abbildung 1: Durchschnittliche Zusammensetzung der Bauabfälle bei den begleiteten Rückbau- (links) und Sanierungsprojekten (rechts) der Stadt Zürich. Angaben in Massenprozenten.

# Controlling Rückbauarbeiten

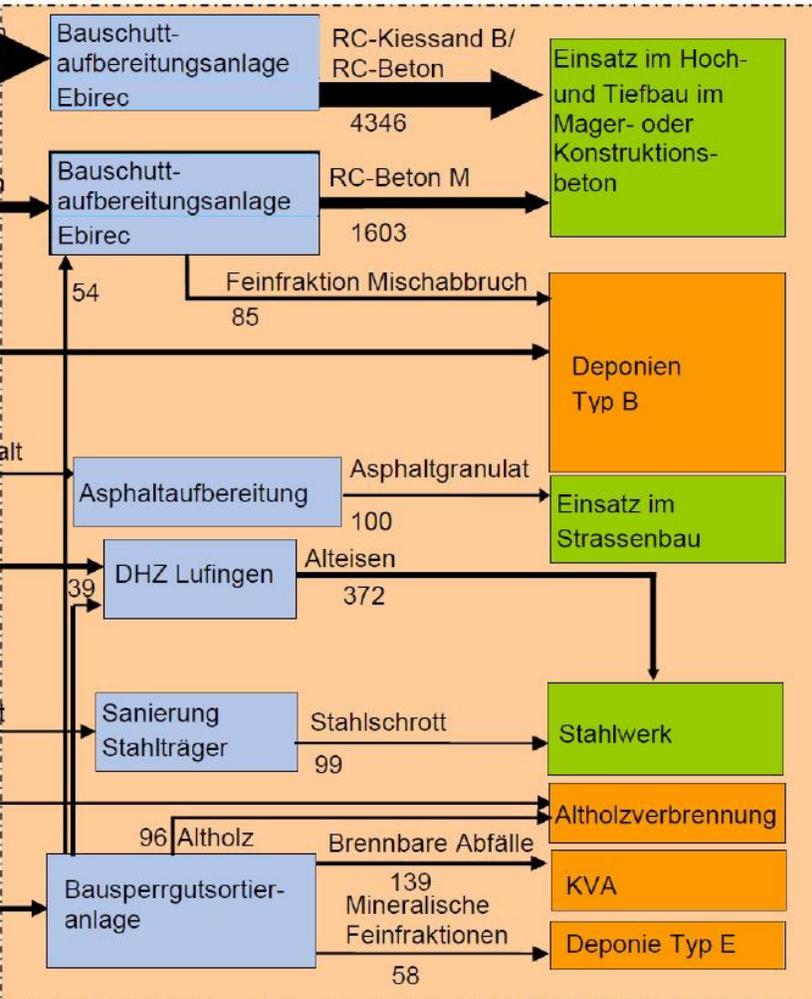
- Seit 2003 systematisch bei grösseren Bauten
- Aktuell: hohe Verwertungsquote 97%
- Kurze Transporte: 8.7 km
- mindestens EURO-4: 95% EURO-5-Fahrzeuge

Projekt	Massnahmen	Materialeinsatz (t)	Materialeinsatz (m³)	Schuttgewicht (t)	Verwertungsquote (%)	Transporte (Anfahr/Abricht)	Emissionen (t CO <sub>2</sub> e)	Anforderung an Mischfraktion				Treibhausgasemissionen (t CO <sub>2</sub> e)
								Umweltbelastungsindex (UBI)	Umweltbelastungsindex (UBI)	Umweltbelastungsindex (UBI)	Umweltbelastungsindex (UBI)	
Rückbauwerkung Verordnungsamt West	Controling	3'650	9'750	374	61	21	656	6	2'616	48	2,8	
Rückbauwerkung Altersheim Gernsbach	ökologische Kriterien Controling	3'023	3'378	965	88	9	244	12	1'059	19	1,1	
Rückbauwerkung Schulhaus Pfäfers	ökologische Kriterien Controling	3'812	5'208	587	34	41	286	10	5'106	94	5,5	
Rückbauwerkung Schulhaus Pfäfers	ökologische Kriterien Controling	1'072	1'377	779	88	30	80	13	3'736	69	4,0	
Rückbauwerkung Schulhaus Mülbach	ökologische Kriterien Controling	2'810	2'935	967	75	43	287	11	5'356	99	5,8	
Rückbauwerkung Schulhaus Mülbach	ökologische Kriterien Controling	2'899	2'267	550	82	16	216	13	1'972	36	2,1	
Rückbauwerkung Schulhaus Mülbach	ökologische Kriterien Controling	6'068	6'944	886	88	19	536	11	2'362	43	2,6	
Rückbauwerkung Schulhaus Mülbach	ökologische Kriterien Controling	964	951	582	75% (22*)	7	125	4	662	17	1,0	
Rückbauwerkung Schulhaus Mülbach	ökologische Kriterien Controling	964	951	583	75% (22*)	7	125	4	3'979	62	3,7	
Rückbau Werkleitung Wertheim	ökologische Kriterien Controling	31'000	30'200	1'028	91	13	2'190	14	1'919	30	1,8	
Rückbau Schulhaus Pfäfers	ökologische Kriterien Controling	6'350	6'700	1'246	93	23	470	18	2'965	53	3,1	
Rückbau Station Letzigrund	ökologische Kriterien Controling	46'200	n.b.	n.b.	99	8,4	2'854	16	1'946	19	1,1	
Rückbau Werkleitung Wertheim	ökologische Kriterien Controling	7'825	7'700	1'016	87	21	440	18	2'616	48	2,8	
Tafelberg Schulhaus Wertheim	ökologische Kriterien Controling	14'294	12'800	1'117	90	29	663	22	3'566	66	3,9	
Rückbau Werkleitung Wertheim	ökologische Kriterien Controling	4'710	6'430	734	97	8,7	301	12	1'094	20	1,2	
Benchmark Rückbau					> 96	< 20			2'491	46	2,7	
Benchmark Rückbau					> 75	< 20			2'491	46	2,7	

## Subsystem Bauabfallentsorgung (vor Ort)



## Subsystem Verwertung/Entsorgung extern



# **Betonrecycling: Rechtliche und normative Grundlagen**

# Rechtliche Vorgaben

## Bund

- Bundesgesetz über den Umweltschutz (USG), 1983 / 2022
- Verordnung über den Verkehr mit Abfällen (VeVA), 2005 / 2020
- Richtlinie für die Verwendung mineralischer Bauabfälle, 2006 (Vollzugshilfe)
- Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (VVEA), 2015 / 2022:
  - Gemäss [Art. 12](#) und [Art. 17](#) der Abfallverordnung (VVEA) müssen Bauabfälle getrennt und möglichst weitgehend der Wiederverwertung zugeführt werden.

# Rechtliche Vorgaben

## Gemeinde (Stadt Zürich)

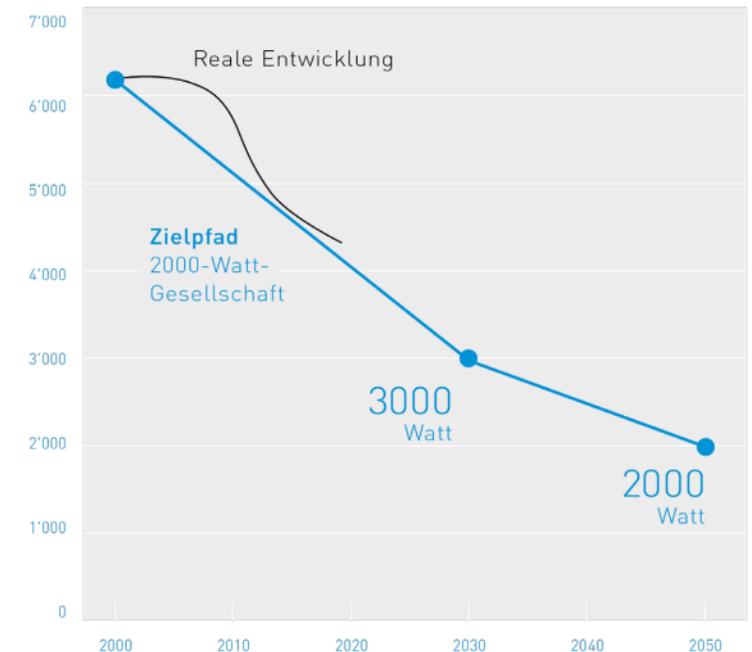
- 2000 Watt-Gesellschaft (Volksentscheid 2008, Gemeindeordnung):
  - den Energieverbrauch langfristig auf 2000 Watt pro Person zu senken. Das Zwischenziel für 2050 ist 2500 Watt pro Person.
  - ihren CO<sub>2</sub>-Ausstoss bis 2050 auf eine Tonne pro Person und Jahr zu reduzieren.
  - erneuerbare Energien und Energieeffizienz zu fördern.
- "7 Meilenschritte" (Stadtratsbeschluss 2008 / 2014):
  - Spezifische Anforderungen an städtische Bauvorhaben
- Netto Null 2040 / 2035

Watt

### Zielpfad Primärenergie Schweiz

Daten gemäss Gesamtenergiestatistik Schweiz mal Primärenergiefaktoren gemäss KBOB

Dauerleistung in Watt pro Einwohner/in



# Rechtliche Vorgaben

## «7-Meilenstritte» für umwelt- & energiegerechtes Bauen

Die 7-Meilenstritte gelten für städtische Bauten und Bauvorhaben stadtnaher Institutionen. Ausnahmen sind zu begründen. Die Ziele beziehen sich auf anerkannte Standards. Wenn keine Zertifizierung erfolgt, muss die Qualität projektspezifisch sichergestellt und nachgewiesen werden.

### 1 Energie bei Neubauten

«Umwelt- und energiegerechtes Bauen» ist eines der Entscheidungskriterien in Wettbewerben und Studienaufträgen. Neubauten erreichen den Standard Minergie-P-ECO.

#### Mögliche Abweichung:

Anforderungen von Minergie-P an die Gebäudehülle können gelockert werden.

#### Alternativ:

Neubauten sind SIA-Effizienzpfad Energie (SIA 2040) kompatibel.

### 2 Energie bei Instandsetzungen

Instandsetzungen erreichen den Standard Minergie-ECO für Neubauten (1. Priorität) oder für Modernisierungen (2. Priorität).

#### Mögliche Abweichung:

Anforderung von Minergie an die Lüftungsanlage kann gelockert werden.

#### Alternativ:

Instandsetzungen sind SIA-Effizienzpfad Energie (SIA 2040) kompatibel.

### 3 Effizienter Elektrizitätseinsatz

Neubauten und Instandsetzungen von Nicht-Wohnbauten erreichen die Minergie-Zusatzanforderungen für Beleuchtung.

Bei grösseren Nicht-Wohnbauten wird der Elektrizitätsbedarf für Betriebseinrichtungen (z.B. Küche, Wäscherei) ausgewiesen und optimiert. Die technischen Anlagen ermöglichen einen minimalen Stromverbrauch im Betrieb ausserhalb der Nutzungszeiten.

Es werden hocheffiziente Haushalt- und Bürogeräte gemäss [www.topten.ch](http://www.topten.ch) (1. Priorität) oder ECO-BKP (2. Priorität) beschafft.

### 4 Erneuerbare Energien

Der Energiebedarf für Raumwärme und Warmwasser wird mit Abwärme oder Energie aus erneuerbaren Ressourcen oder Abfall gedeckt.

#### Mögliche Abweichung:

Spitzenlastabdeckung und Redundanz mit nicht erneuerbaren Energien.

### 5 Gesundheit und Bauökologie

Für Neubauten und Instandsetzungen im Minergie-Standard gilt der Zusatz ECO.

#### Alternativ:

Grenzwerte oder anerkannte Richtwerte bezüglich eines gesunden Innenraumklimas werden unterschritten. Es werden gesundheitlich unbedenkliche und ökologisch günstige Baustoffe gemäss ECO-BKP gewählt ([www.eco-bau.ch](http://www.eco-bau.ch)). Der Bedarf an Erstellungsenergie (Graue Energie) wird optimiert.

### 6 Mobilität

Der Energiebedarf aus gebäudeinduzierter motorisierter Mobilität ist mit geeigneten baulichen und betrieblichen Massnahmen zu minimieren.

Die Unterschreitung der minimal erforderlichen Autoparkplatzzahl gemäss gültiger Parkplatzverordnung (autoarme Nutzungen) wird geprüft. Der Pflichtbedarf bildet die Obergrenze.

Die Infrastruktur für Velo und Fussverkehr ist mit geeigneten baulichen und betrieblichen Massnahmen zu optimieren.

### 7 Bewirtschaftung Energie

Innerhalb der 2-Jahres-Garantie wird eine Energieanalyse (Erfolgskontrolle) durchgeführt.

Die Bauten werden in geeigneter Form nach ihrem Energieverbrauch bewertet (z.B. Energieausweis). Es wird eine periodische Betriebsoptimierung durchgeführt.

Über die ökologische Qualität der verwendeten Energieträger wird regelmässig Bericht erstattet.

## 5 Gesundheit und Bauökologie

Für Neubauten und Instandsetzungen im Minergie-Standard gilt der Zusatz ECO.

#### Alternativ:

Grenzwerte oder anerkannte Richtwerte bezüglich eines gesunden Innenraumklimas werden unterschritten. Es werden gesundheitlich unbedenkliche und ökologisch günstige Baustoffe gemäss ECO-BKP gewählt ([www.eco-bau.ch](http://www.eco-bau.ch)). Der Bedarf an Erstellungsenergie (Graue Energie) wird optimiert.

«ECO»

«ökologisch günstige Baumaterialien»

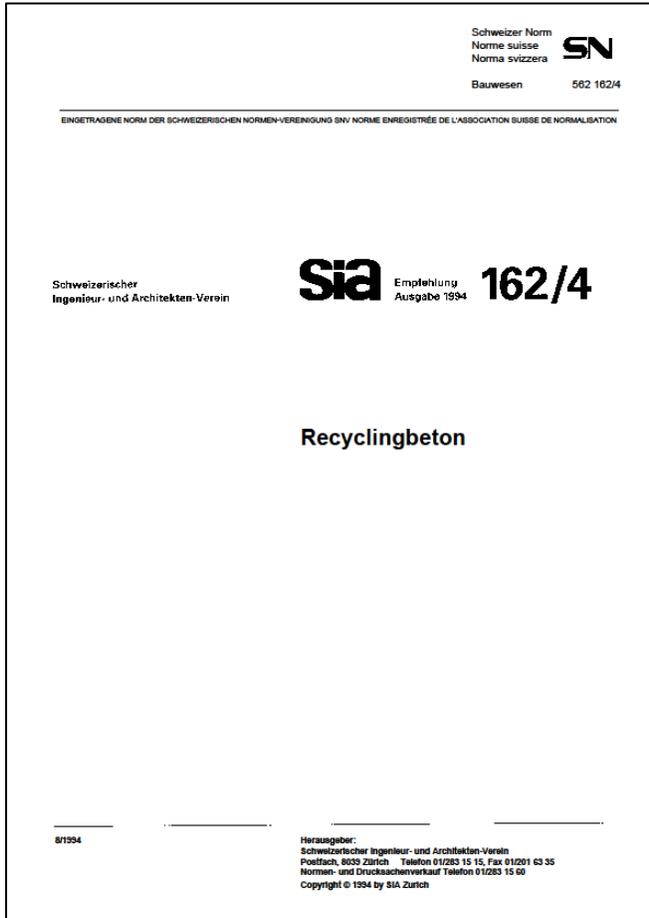
Ressourcen und Stoffflüsse sind uns wichtig!

# Das neue Klimaziel

Differenzierte Zielsetzungen mit unterschiedlichen Systemgrenzen

	<b>Stadt Zürich</b>	<b>Stadtverwaltung</b>
<b>Direkte Treibhausgasemissionen <u>minus</u> negative Emissionen</b>	<b>Netto-Null bis 2040</b>  Zwischenziel: Minus 50% bis 2030	<b>Netto-Null bis 2035</b>
<b>Indirekte Treibhausgasemissionen</b>	Minus 30% pro Einwohner/in bis 2040 (gegenüber 1990)	Minus 30% bis 2035 (gegenüber 1990)
Fokus auf Massnahmen und Investitionen in Zürich. Es kommen <b>keine</b> Klimaschutzzertifikate zum Einsatz.	<b>Abstimmung vom 15.5.22</b>	<b>In Kraft seit STRB vom 21.4.21</b>

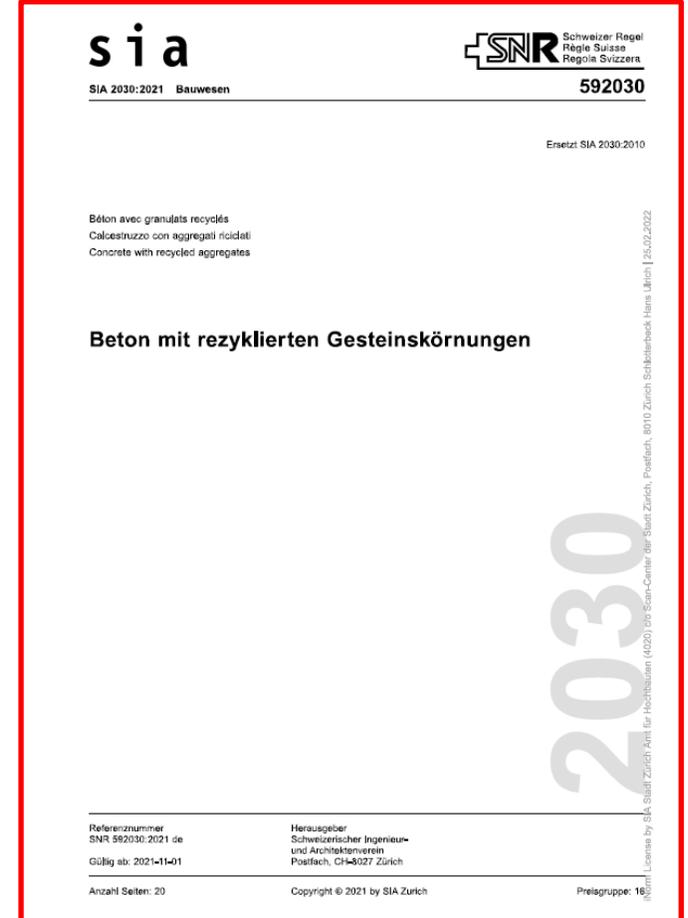
# Normen für die Anwendung von Recycling-Beton



1994 (ungültig)



2010 (ungültig)



Seit 1.11.2021

# SIA-Norm Merkblatt 2030 (Version 2021)



Tabelle 1 Verwendung von Recyclingbeton

Recyclingbetonklasse	Betonsorte gemäss SN EN 206:2013+A2:2021, Tabellen NA.5 und NA.8								
	0	A	B	C	D	E	F	G	Pfahlbeton P1, P2, P3, P4
RC-C25	zulässig			1)	unzulässig			zulässig	
RC-C50	zulässig			1)	unzulässig			1)	
RC-M10	zulässig		1)	unzulässig			1)		
RC-M40	zulässig	1)		unzulässig			1)		

1) Nur nach entsprechenden Voruntersuchungen zulässig. Die Resultate der Voruntersuchungen können nur dann als Nachweis für die Zulässigkeit verwendet werden, wenn die Zusammensetzung des Betons, insbesondere der rezyklierten Gesteinskörnung, für den Prüfbeton und den Beton für das auszuführende Bauteil vergleichbar ist.

Tabelle 2 Definition der E-Modulklassen und Anforderungen an gemessene Elastizitätsmoduli

E-Modulklasse	$E_{rcm}$ N/mm <sup>2</sup>	$E_{rc,i,min}$ N/mm <sup>2</sup>
EX	Keine Anforderung	Keine Anforderung
E15	≥ 15 000	≥ 12 000
E20	≥ 20 000	≥ 17 000
E25	≥ 25 000	≥ 22 000
E30 <sup>1)</sup>	≥ 30 000	≥ 27 000

1) Höhere E-Modulklassen sind nach entsprechenden Voruntersuchungen in 2000er-Schritten zulässig.

Tabelle 3 Anforderungen an die Zusammensetzung des Granulats aus der rezyklierten Gesteinskörnung

Bezeichnung	Bestandteile an rezyklierter Gesteinskörnung in Anlehnung an SN EN 12620:2002+A1:2008, Tabelle 20				Fremdstoffe	
	Rc+Ru M.-%	Rc M.-%	Rb M.-%	Ra M.-%	X + Rg M.-%	FL cm <sup>3</sup> /kg
Betongranulat (C)	Rcu <sub>90</sub> (≥ 90 M.-%)	Rc <sub>50</sub> (≥ 50 M.-%)	Rb <sub>10-</sub> (≤ 10 M.-%)	Ra <sub>1-</sub> (≤ 1 M.-%)	XRg <sub>0,5-</sub> (≤ 0,5 M.-%)	FL <sub>2-</sub> (≤ 2 cm <sup>3</sup> /kg)
Mischgranulat (M)	Rcu <sub>90-</sub> (< 90 M.-%)	Rcu <sub>angegeben</sub> <sup>1)</sup>	Rb <sub>10-</sub> (> 10 M.-%)	Ra <sub>1-</sub> (≤ 1 M.-%)	XRg <sub>0,5-</sub> (≤ 0,5 M.-%)	FL <sub>2-</sub> (≤ 2 cm <sup>3</sup> /kg)

1) Rcu<sub>angegeben</sub> bedeutet, dass der Gehalt an Rc < 50 M.-% sein muss und der effektive Gehalt anzugeben ist, d. h. z. B. Rc<sub>40</sub> (< 40 M.-%). Dabei handelt es sich um eine herstellerspezifische Angabe.

# Weitere Empfehlungen, z.B. KBOB

## KBOB

Konferenz der Bau- und Liegenschaftswesen der öffentlichen Bauherren  
Conférence de coordination des services de la construction et des immeubles des maîtres d'ouvrage publics

## c o - b a u

## IPB

Nachhaltigkeit in öffentlichen Bau  
Durabilité et constructions publiques

---

Interessengemeinschaft privater professioneller Bauherren  
Communauté d'intérêts des maîtres d'ouvrage professionnels privés

## 2007/2

Stand Februar 2012 / Etat de février 2012

---

**EMPFEHLUNG-RECOMMANDATION-EMPFEHLUNG-RECOMMANDATION-EMPFEHLUNG**  
 NACHHALTIGES BAUEN • CONSTRUCTION DURABLE • NACHHALTIGES BAUEN • CONSTRUCTION DURABLE • NACHHALTIGES BAUEN • CONSTRUCTION DURABLE

**Beton aus recycelter Gesteinskörnung**  
**Béton de granulats recyclés**

**Wussten Sie schon...**

- ... dass Sie durch Einsatz von Recyclingbeton (beim massenreichsten Baumaterial) die Ressourcen schonen und die Landschaft schützen?
- ... dass die EMPA im Auftrag von öffentlichen Bauherren und der Bauindustrie die Verwendbarkeit von Recyclingbeton untersucht hat?
- ... dass in der Agglomeration Zürich der Anteil Recyclingbeton ständig wächst und bereits ca. 10% des Betonbedarfs ausmacht?
- ... dass Sie das Label Minergie-Eco nur erreichen können, wenn Sie für mindestens 50% der Betonbauteile Recyclingbeton einsetzen?

**Saviez-vous...**

- ... qu'en utilisant du béton de recyclage (comme matériau le plus volumineux) vous ménagez les ressources et contribuez à préserver le paysage?
- ... que, à la demande des maîtres d'ouvrage publics et de l'industrie du bâtiment, le LFEM a testé l'utilisation du béton de recyclage?
- ... que, dans l'agglomération de Zurich, la part de béton de recyclage augmente constamment et représente déjà environ 10% des besoins en béton?
- ... que vous ne pouvez obtenir le label Minergie-Eco qu'en utilisant du béton de recyclage pour au moins 50% des parties en béton.

**Definition**

Als Recyclingbeton (RC) wird ein Beton nach SIA Merkblatt 2030 und SN EN 206-1 (nationaler Anhang) bezeichnet. Die ökologische Leistung des Einsatzes von Gesteinskörnung aus Bodenwäsche wird gemäss Label Minergie-Eco bewertet.

**Définition**

On appelle béton de recyclage le béton fabriqué selon la fiche technique SIA 2030 et la norme SN EN 206-1 (annexe nationale). Les résultats écologiques de l'application de granulats provenant de matériaux décontaminés lavés sont évalués sur la base du label Minergie-Eco.

**RC-Beton C**

Gesteinskörnung: Betongranulat aus aufbereitetem Betonsabbruch Gebrochen

Kornform: Wie Primärbeton mit gebrochenem Gesteinskorn



**Béton RC-C**

Granulats: obtenu par traitement de béton de démolition

Forme des grains: concassé

Qualité: comme le béton ordinaire avec grains concassés

**RC-Beton M**

Gesteinskörnung: Mischgranulat aus aufbereitetem Mischabbruch Gebrochen

Kornform: Grösseres Schwinden und Kriechen, grössere Durchbiegungen als bei Primärbeton



**Béton RC-M**

Granulats: par traitement des matériaux de démolition non triés

Forme des grains: concassé

Qualité: retrait important et fluage, flèches plus importantes qu'avec le béton ordinaire

## KBOB

Konferenz der Bau- und Liegenschaftswesen der öffentlichen Bauherren  
Conférence de coordination des services de la construction et des immeubles des maîtres d'ouvrage publics

## c o - b a u

## IPB

Nachhaltigkeit in öffentlichen Bau  
Durabilité et constructions publiques

---

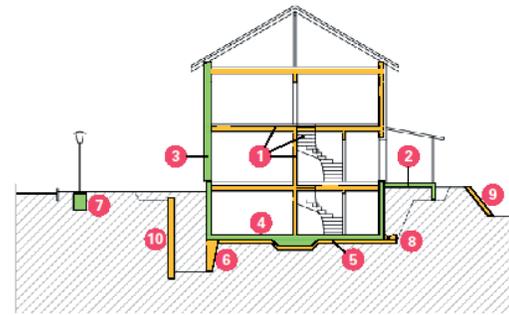
Interessengemeinschaft privater professioneller Bauherren  
Communauté d'intérêts des maîtres d'ouvrage professionnels privés

## 2007/2

Stand Februar 2012 / Etat de février 2012

---

**Einsatzbereiche für Recyclingbeton**      **Utilisation du béton de recyclage**



Geeignet für Beton RC-M, RC-C	<b>M C</b>	Adapté au béton RC-M, RC-C
Geeignet nur für Beton RC-C	<b>C</b>	Adapté uniquement au béton RC-C

Beispiele	Expositionsklasse* Classe d'exposition*	Exemples
-----------	--	----------

**Hochbau**

- 1 Wände, Decken, Treppen bewehrt innen trocken.
- 2 Aussenbereich, vor Regen geschützt
- 3 Aussenfassaden, wasserbetriezte Flächen
- 4 Wasserdichter Beton\*\*
- 5 Sauberkeitsschicht
- 6 Unterfangungen

**Strassenbau**

- 7 Fundamente für Kandelaber, Leitplanken, Lichtsignal- und Signalisationsanlagen

**Kanalisation, Werkleitungen usw.**

- 8 Füll- und Hüllbeton
- 9 Temporäre Böschungssicherung
- 10 Rühlwände (je nach Anforderung)

**Construction de bâtiments**

- 1 Parois, plafonds, cages d'escaliers armés, etc à l'intérieur.
- 2 A l'extérieur, protégé de la pluie
- 3 Façades extérieures, surfaces absorbant l'eau
- 4 Béton étanche\*\*
- 5 Couche de propreté
- 6 Murs de reprise en sous-oeuvre

**Construction de routes**

- 7 Fondations pour candélabres, glissières de sécurité, installations de signalisation

**Canalisations, conduites, etc.**

- 8 Béton d'injection et d'enrôlage
- 9 Renforcement temporaire de talus
- 10 Parois berlinoises (selon les exigences)

\* Gemäss SIA 262

\*\* Zusätzliche Anforderungen beachten

Die XF-Expositionsklassen benötigen Vorversuche. Die Frost- und Frostauslastbeständigkeit von RC-Beton sind noch nicht nachgewiesen.

\* selon SIA 262

\*\* Tenir compte des exigences supplémentaires

Les classes d'exposition XF nécessitent un essai préalable. La résistance du béton au gel et aux sels de dégellement n'est pas encore prouvée.

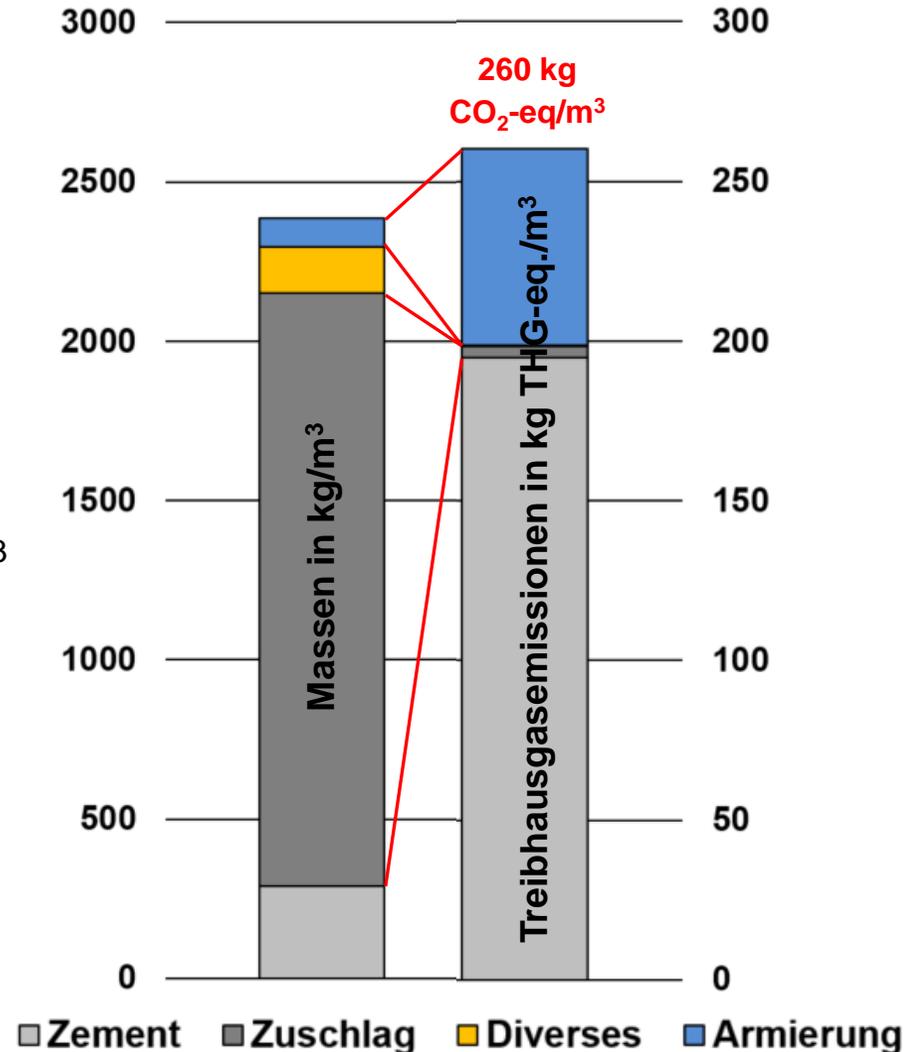
3

# **(Recycling-)Beton und Netto-Null**

# Umwelt-Eigenschaften CH Durchschnittsbeton

## Rezeptur:

- **90 kg/m<sup>3</sup> Armierung**
- **Diverses 145 kg/m<sup>3</sup>**  
(145 kg/m<sup>3</sup> Wasser,  
0.2 kg/m<sup>3</sup> Zusatzmittel)
- **Zuschlag 1675 kg/m<sup>3</sup>**  
Kies/Sand (1070 kg/m<sup>3</sup>  
Rundkies, 605 kg/m<sup>3</sup>  
Sand, 93 kg/m<sup>3</sup> RC-C,  
93 kg/m<sup>3</sup> RC-M)
- **Zement 290 kg/m<sup>3</sup>**  
CEM CH-Mix (130  
kg/m<sup>3</sup> CEM II/B, 130  
kg/m<sup>3</sup> CEM II/A, 30  
kg/m<sup>3</sup> CEM I)

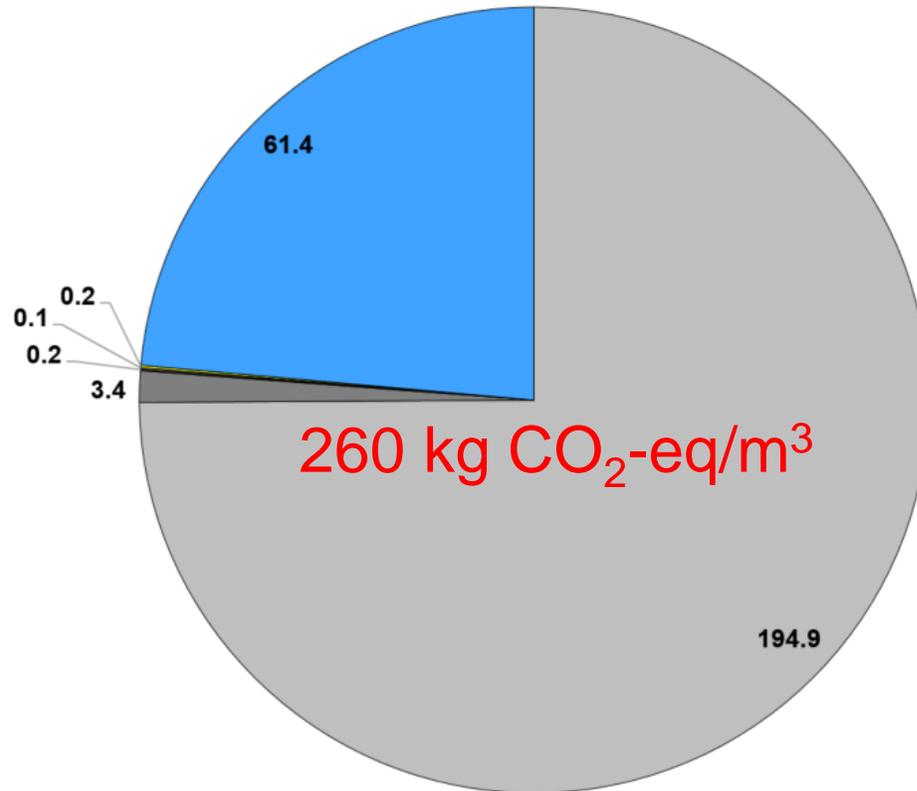


## Treibhausgasintensität:

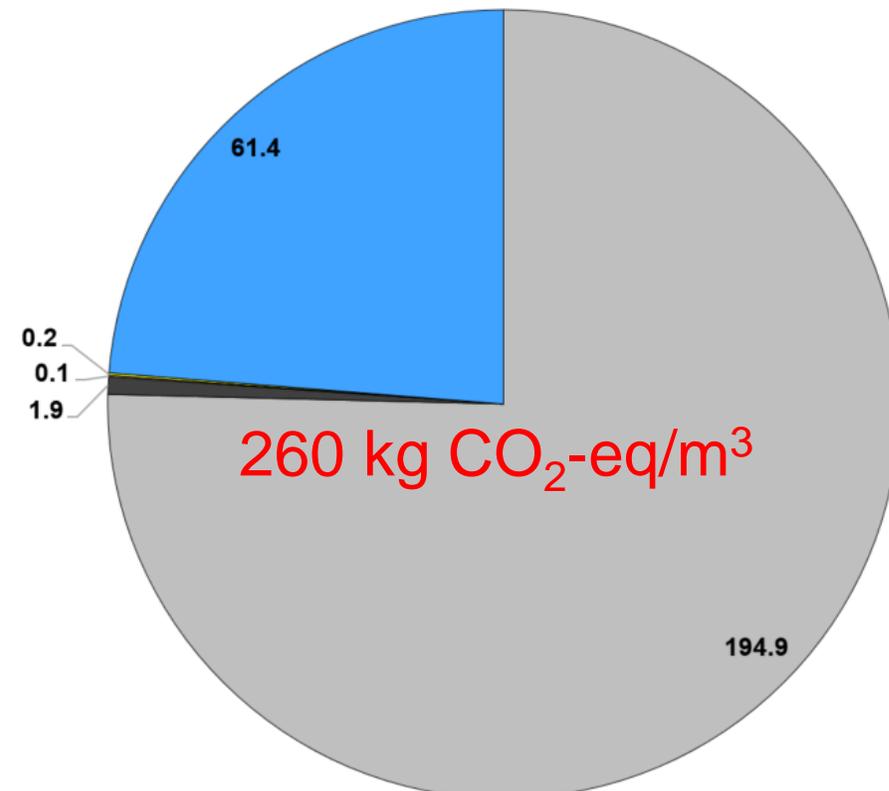
- **Armierung:** 0.68 kg CO<sub>2</sub>-eq/kg
- **Diverses:** Wasser 0.001 kg CO<sub>2</sub>-eq/kg, Zusatzmittel 1.25 kg CO<sub>2</sub>-eq/kg
- **Zuschlag:** Kies/Sand 0.002 kg CO<sub>2</sub>-eq/kg, RC-Granulat 0.001 kg CO<sub>2</sub>-eq/kg
- **Zement:** 0.67 kg CO<sub>2</sub>-eq/kg

# Treibhausgasemissionen

## CH Durchschnittsbeton



## Recyclingbeton

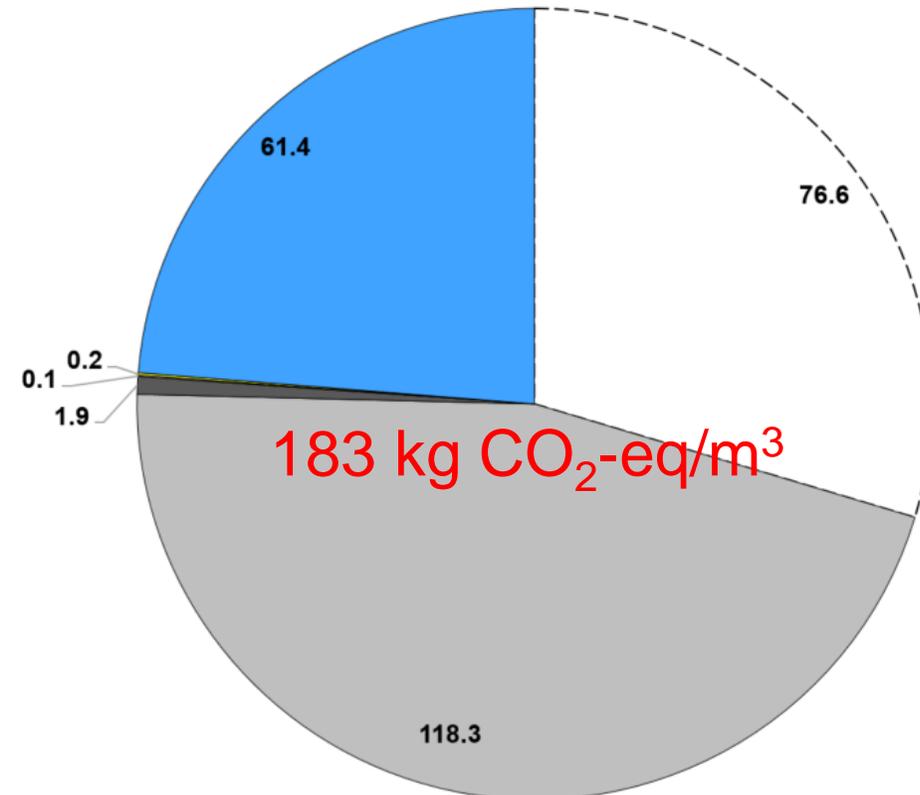
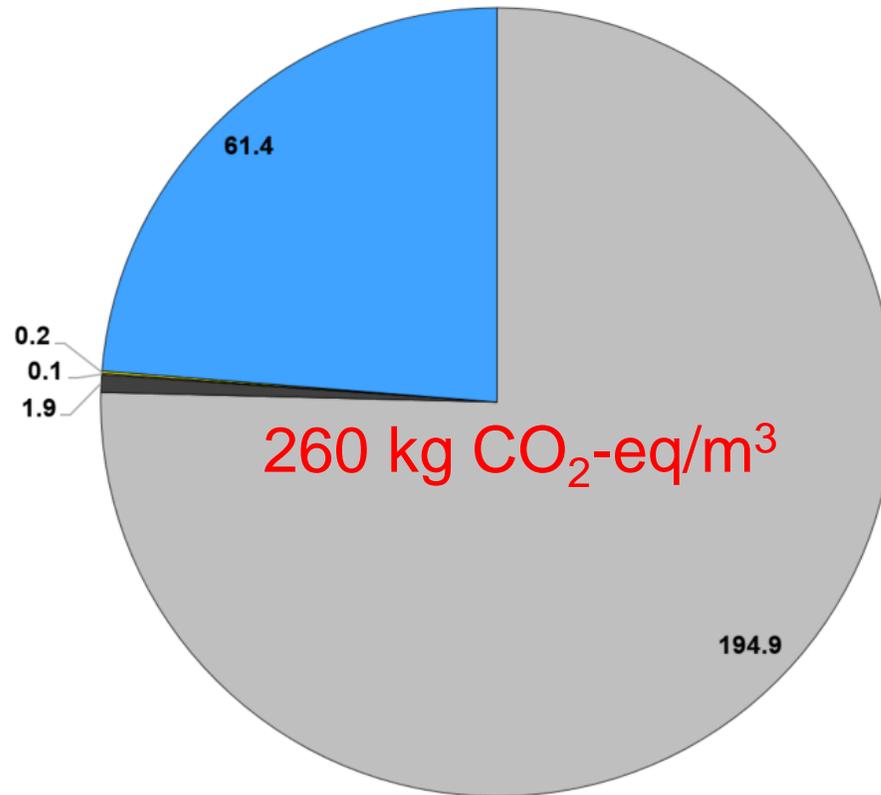


■ CEM CH-Mix. ■ Kies/Sand ■ RC-Granulat □ Wasser ■ Additive ■ Armierungsstahl

# Treibhausgasemissionen

CH Durchschnittsbeton

Beton mit Zementart CEM III/B

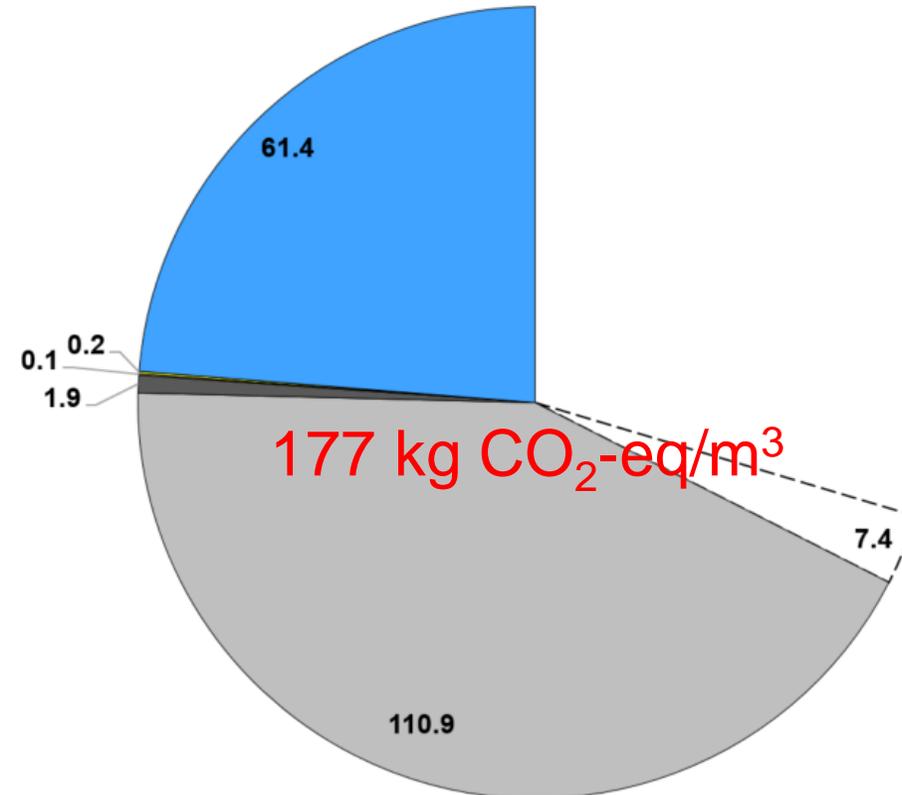
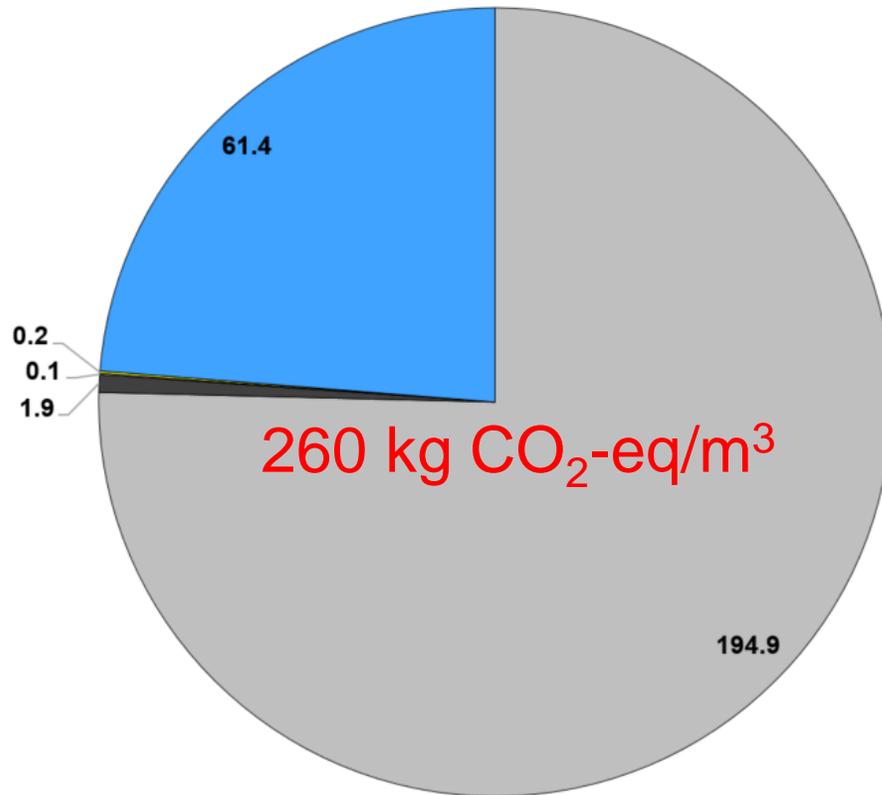


□ CO<sub>2</sub>-Reduktion   ■ RC-Granulat   □ Wasser   ■ Additive   ■ Armierungsstahl

# Treibhausgasemissionen

CH Durchschnittsbeton

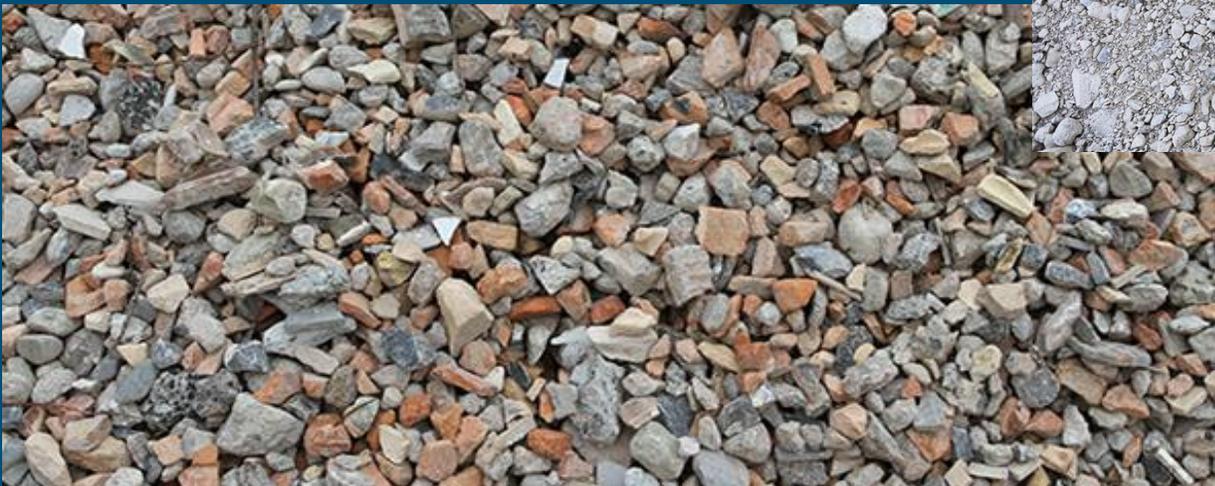
Recyclingzuschlag karbonatisiert



□ CO<sub>2</sub>-Reduktion   ■ RC-Granulat   □ Wasser   ■ Additive   ■ Armierungsstahl

# Recyclingbeton in der Stadt Zürich

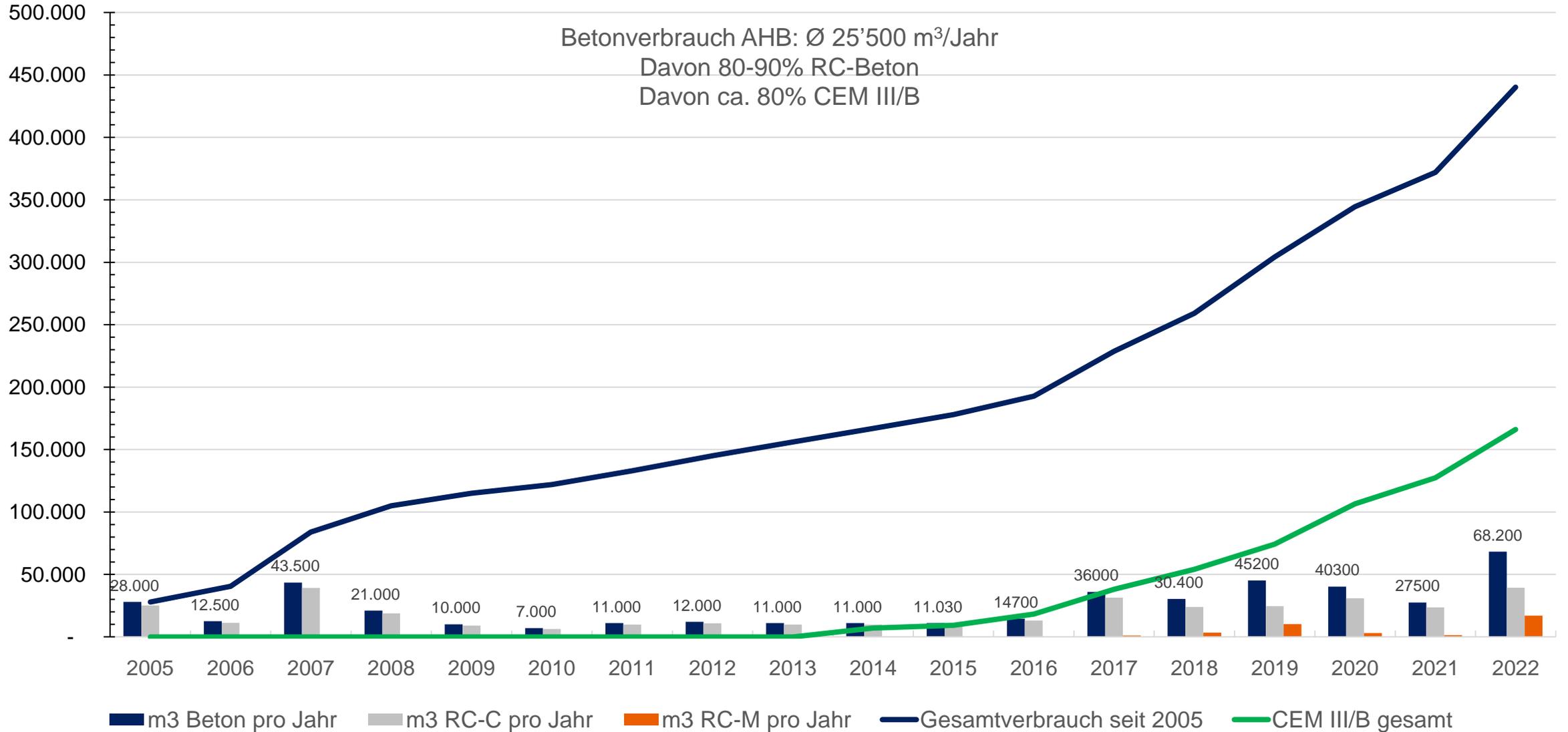
Mischgranulat M  
(ca. 15% Rb)



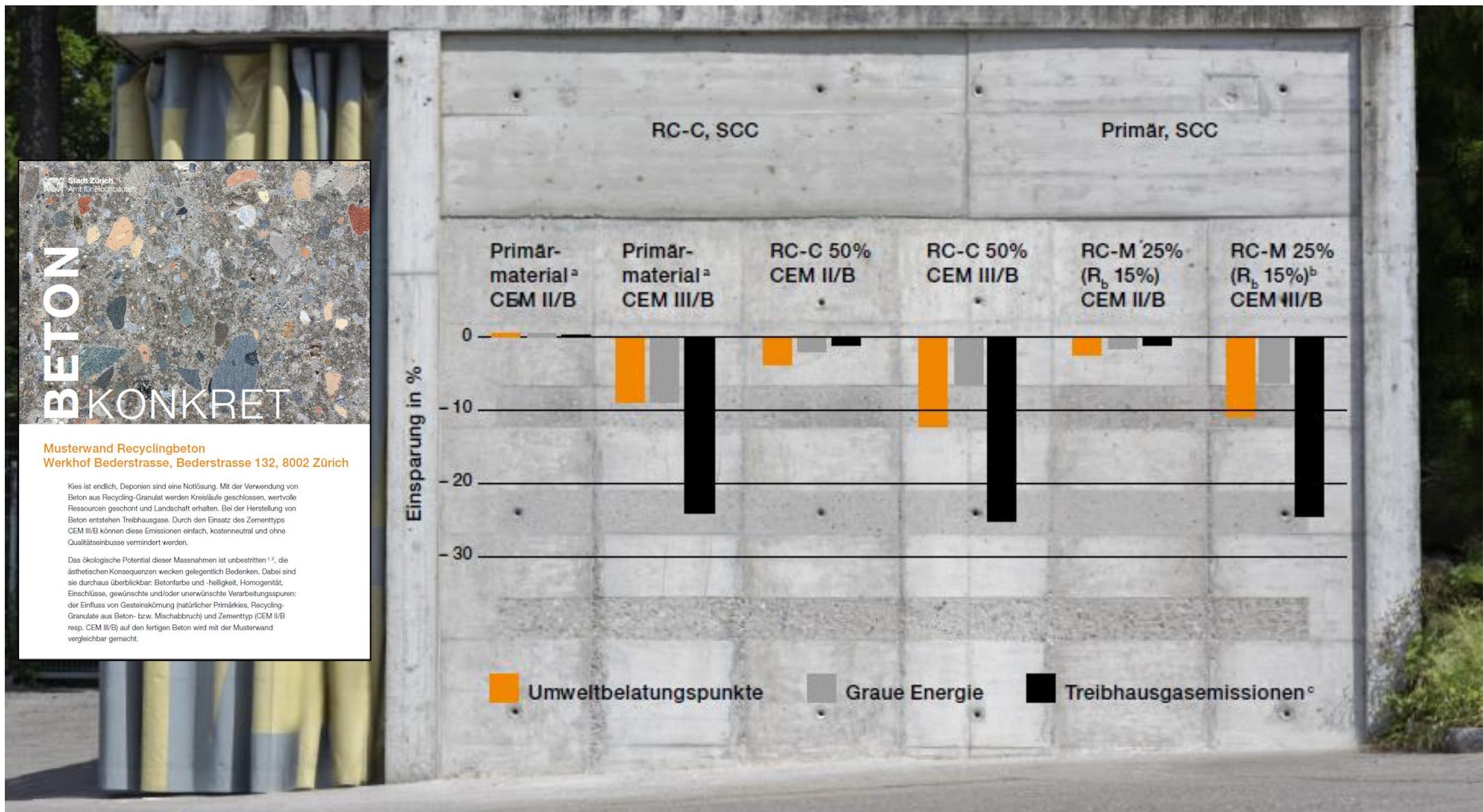
Betongranulat C  
(ca. 50% R<sub>c</sub>)

# Betonverbrauch AHB

Betonverbrauch AHB: Ø 25'500 m<sup>3</sup>/Jahr  
 Davon 80-90% RC-Beton  
 Davon ca. 80% CEM III/B



# Musterwand Recyclingbeton: TAZ-Werkhof Bederstrasse



Stadt Zürich  
Amt für Hochbauten

**BETON**  
**BKONKRET**

**Musterwand Recyclingbeton**  
Werkhof Bederstrasse, Bederstrasse 132, 8002 Zürich

Kies ist endlich, Deponien sind eine Notlösung. Mit der Verwendung von Beton aus Recycling-Granulat werden Kreisläufe geschlossen, wertvolle Ressourcen geschont und Landschaft erhalten. Bei der Herstellung von Beton entstehen Treibhausgase. Durch den Einsatz des Zementtyps CEM III/B können diese Emissionen einfach, kostenneutral und ohne Qualitätseinbußen vermindert werden.

Das ökologische Potential dieser Massnahmen ist unbestritten<sup>1,2</sup>, die ästhetischen Konsequenzen wecken gelegentlich Bedenken. Dabei sind sie durchaus überblickbar: Betonfarbe und -helligkeit, Homogenität, Einschlüsse, gewünschte und/oder unerwünschte Verarbeitungspuren: der Einfluss von Gesteinskörnung (natürlicher Primärkies, Recycling-Granulate aus Beton- bzw. Mischabbruch) und Zementtyp (CEM II/B resp. CEM III/B) auf den fertigen Beton wird mit der Musterwand vergleichbar gemacht.

# Betonsortenrechner

Berechnen

Zurücksetzen

Drucken

**KBOB** Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren  
Conférence de coordination des services de la construction et des immeubles des maîtres d'ouvrage publics  
Conferenza di coordinamento degli organi della costruzione e degli immobili dei committenti pubblici  
Coordination Group for Construction and Property Services

 **Stadt Zürich**  
Amt für Hochbauten

## Betonsortenrechner für Planer

Beton Variante 1  
Anwendungsbereich

### Zusammensetzung Betonsorte

Zementtyp	CEM I
Zusammensetzung Zuschlagstoffe	100.00%
Natürliche Gesteinskörnung	100%
Betongranulat	0%
Mischgranulat	0%

### Umweltindikator

Rohdichte	2240 kg/m <sup>3</sup>
Herstellung	348 kWh Öl-eq/m <sup>3</sup>
Zement	286 kWh Öl-eq/m <sup>3</sup>
Gesteinskörnung	27 kWh Öl-eq/m <sup>3</sup>
Übriges (Energie, Wasser, Zusatzmittel)	55 kWh Öl-eq/m <sup>3</sup>
Entsorgung	120 kWh Öl-eq/m <sup>3</sup>
Total	467 kWh Öl-eq/m <sup>3</sup>

Beton Variante 2  
Anwendungsbereich

### Zusammensetzung Betonsorte

Zementtyp	CEM II/B-LL
Zusammensetzung Zuschlagstoffe	100.00%
Natürliche Gesteinskörnung	100%
Betongranulat	0%
Mischgranulat	0%

### Umweltindikator

Rohdichte	2270 kg/m <sup>3</sup>
Herstellung	308 kWh Öl-eq/m <sup>3</sup>
Zement	226 kWh Öl-eq/m <sup>3</sup>
Gesteinskörnung	27 kWh Öl-eq/m <sup>3</sup>
Übriges (Energie, Wasser, Zusatzmittel)	55 kWh Öl-eq/m <sup>3</sup>
Entsorgung	121 kWh Öl-eq/m <sup>3</sup>
Total	429 kWh Öl-eq/m <sup>3</sup>

Beton Variante 3  
Anwendungsbereich

### Zusammensetzung Betonsorte

Zementtyp	CEM II/B-LL
Zusammensetzung Zuschlagstoffe	100.00%
Natürliche Gesteinskörnung	50%
Betongranulat	50%
Mischgranulat	0%

### Umweltindikator

Rohdichte	2220 kg/m <sup>3</sup>
Herstellung	302 kWh Öl-eq/m <sup>3</sup>
Zement	225 kWh Öl-eq/m <sup>3</sup>
Gesteinskörnung	22 kWh Öl-eq/m <sup>3</sup>
Übriges (Energie, Wasser, Zusatzmittel)	55 kWh Öl-eq/m <sup>3</sup>
Entsorgung	119 kWh Öl-eq/m <sup>3</sup>
Total	421 kWh Öl-eq/m <sup>3</sup>

Mit dem Betonsortenrechner können Sie die Umweltwirkungen von einem m<sup>3</sup> Beton Ihrer Wahl berechnen. Legen Sie den Anwendungsbereich, den Betontyp sowie den Zementtyp fest und geben Sie die Anteile an natürlicher Gesteinskörnung, Beton- und Mischgranulat ein. Für die Quantifizierung der Umweltwirkungen wählen Sie den gewünschten Umweltindikator aus. Welche Betonsorten in der Schweiz gemäss Norm SN EN 206:2013 freigegeben sind, entnehmen Sie bitte dem Register der frei gegebenen Zemente und Kombinationen von Zementen und Zusatzstoffen (SIA 2016).

Der Betonsortenrechner sowie dessen zugrundeliegenden Annahmen werden im "Hintergrundbericht Betonsortenrechner" beschrieben.

Die dem Rechner zugrunde liegenden Ökobilanzen wurden mit dem KBOB Ökobilanzdatenbestand v2.2:2016 (basierend auf demecoinvent Datenbestand v2.2) berechnet. Die Sachbilanzen zur Herstellung von Recycling-Gesteinskörnung sowie von CEM I, CEM III/A, CEM II/B CH-Mix, CEM II/B-LL, CEM III/A und CEM II/B Zementen sind in der Studie "Ökobilanz ausgewählter Betonsorten" von Tschümpelrin & Frischknecht (2016) dokumentiert.

[Register der frei gegebenen Zemente und Kombinationen von Zementen und Zusatzstoffen \(SIA 2017\)](#)

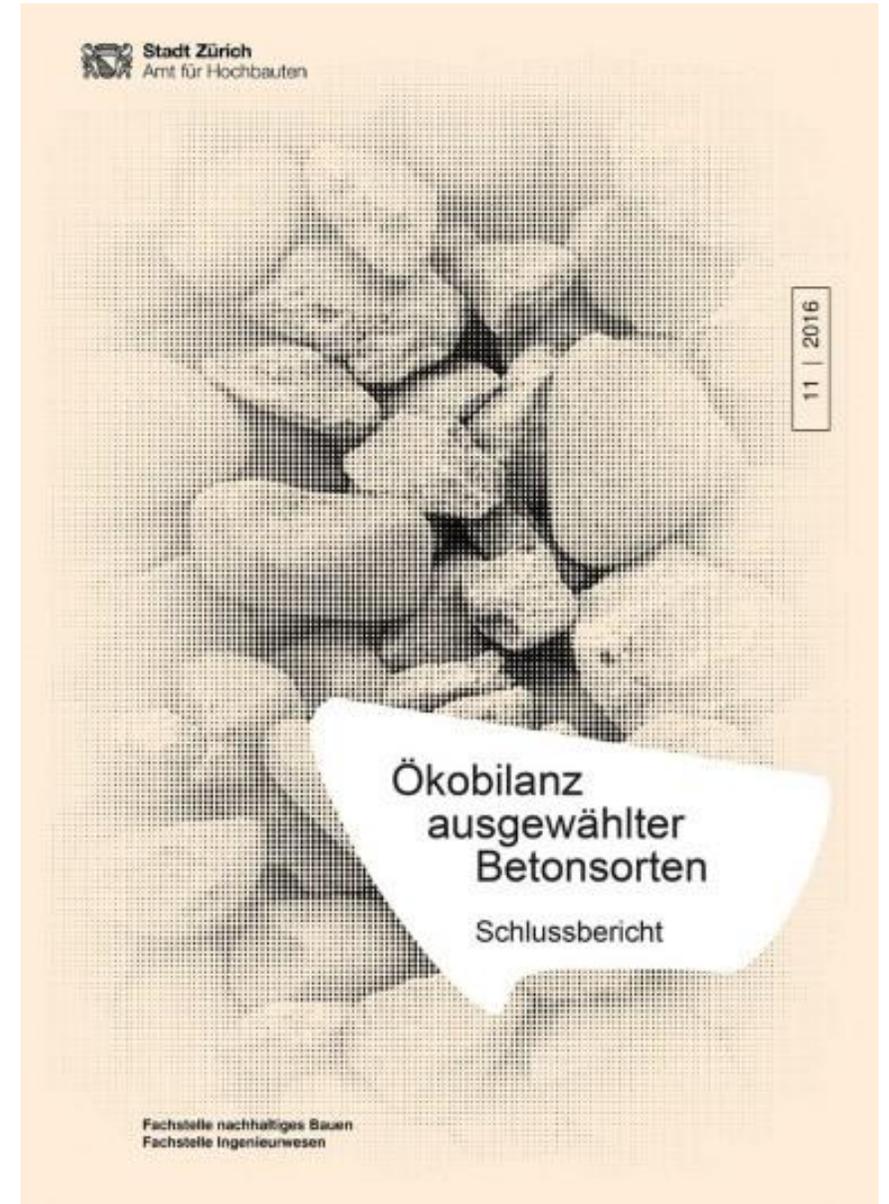
["Hintergrundbericht Betonsortenrechner" herunterladen](#)

[Studie "Ökobilanz ausgewählter Betonsorten" herunterladen](#)

[zurück zur treeze Website](#)



# Ökobilanz ausgewählter Betonsorten



# Mitfinanzierung von Durchstanzversuchen an Platten aus RC-M (2013 / 2018)

→ Revision SIA-Merkblatt 2030 Beton aus rezyklierten Gesteinskörnungen



# Ausschreibungspraxis Recyclingbeton

# Ausschreibungspraxis

## Vorgabe des AHB betreffend die Verwendung von Recycling-Beton und CO<sub>2</sub>-optimiertem Zement:

Bauteile aus Beton sind gemäss Vorgabe des Amtes für Hochbauten der Stadt Zürich in Recycling-Beton (mindestens RC-C, wo technisch möglich RC-M) mit Zement CEM III/B zu erstellen.

Ausnahmen sind von der Fachstelle Ingenieurwesen des AHB bewilligen zu lassen.

- Seit 2002 sämtliche Bauten des AHB aus Recycling-Beton
- Seit 2015 sämtliche Bauten des AHB mit Zement CEM III/B

060 Beton

061 Beton nach Eigenschaften (1).

R .900 Beton nach Norm SN EN 206- 1:2000 / NE:2013, Recyclingbeton nach Beton nach Eigenschaften und Merkblatt 2030  
 . Druckfestigkeitsklasse:  
 C25/30 RC-M Rb >= 15 M. %; Ercm = 25'000 N/mm2  
 . Expositionsklasse;; XC2, XF1  
 . Nennwert Grösstkorn: D\_max 32.

R .910 Beton nach Norm SN EN 206- 1:2000 / NE:2013, Recyclingbeton nach Beton nach Eigenschaften und Merkblatt 2030  
 . Druckfestigkeitsklasse:  
 C25/30 RC-C Ercm = 30'000 N/mm2  
 . Expositionsklasse;; XC4, XF1  
 . Nennwert Grösstkorn: D\_max 32.

R .920 Beton nach Norm SN EN 206- 1:2000 / NE:2013, Recyclingbeton nach Beton nach Eigenschaften und Merkblatt 2030  
 . Druckfestigkeitsklasse:  
 C30/37 RC-C Ercm = 30'000 N/mm2  
 . Expositionsklasse;; XC4, XF1  
 . Nennwert Grösstkorn: D\_max 32.

R .950 Zementsorte:  
 Das ganze Bauvorhaben wird im MINERGIE Eco Standard realisiert. Für die Betone sind ausschliesslich Zemente der Sorte CEM III/B einzusetzen. Das beim Einsatz dieses Zementes langsamere Abbindeverhalten ist durch den Unternehmer bei der Arbeitsplanung und den Einheitspreisen einzurechnen

720 Beton für Decken- und Kragplatten

721 Beton für Deckenplatten, liefern, einbauen und verdichten.

.301 Beton Typ C25/30 RC-M  
 Horizontal oder einseitig geneigt bis % 5.0  
 Plattendicke m 0.15 bis 0.20  
 LE = m3 68 LE 180.00

721.302 Beton Typ C25/30 RC-M  
 Horizontal oder einseitig geneigt bis % 5.0  
 Plattendicke m 0.21 bis 0.30  
 LE = m3 3'950 LE 160.00

.307 Beton Typ C30/37 RC-C  
 Horizontal oder einseitig geneigt bis % 5.0  
 Plattendicke m 0.41 bis 0.50  
 LE = m3 1'095 LE 165.00

063	Recyclingbeton mit Betongranulat RC-C nach Eigenschaften.
063.300	Beton nach Norm SN EN 206 und Merkblatt SIA 2030, Betonsorte NPK C RC-C. . Druckfestigkeitsklasse C30/37. . Expositionsklasse XC4(CH). . Nennwert Grösstkorn D <sub>max</sub> 32. . Klasse des Chloridgehalts Cl 0,20. . Konsistenzklasse C3. . Frost-Tausalz-Widerstand: nein. E- Modulkategorie: E30 Mindestgehalt Betongranulat C > 40%M Zement CEM III/B

630	<u>Beton für Wände, Aufzugschächte, Treppenhauswände, Konsolen und Rippen</u>			
631	Beton für Wände ohne Anzug liefern, einbauen und verdichten.			
631.409	Betonsorte NPK C RC-C Wandhöhe m 3,00 bis 4,00 Wanddicke m 0,26 bis 0,30 LE = m3	LE	669	179.00
631.411	Betonsorte NPK C RC-C Wandhöhe m 3,00 bis 4,00 Wanddicke m über 0,30 LE = m3	LE	704	179.00
660	<u>Beton für Decken-, Krag- und Schachtkopfplatten</u>			
661	Beton für Deckenplatten liefern, einbauen und verdichten.			
661.402	Betonsorte NPK C RC-C Oberfläche horizontal. Plattendicke m 0,21 bis 0,3 LE = m2	LE	2'818	155.00

063 Recyclingbeton mit Betongranulat RC-C nach Eigenschaften.

.200 Beton nach Norm SN EN 206 und Merkblatt SIA 2030, Betonsorte NPK B RC-C.

. Druckfestigkeitsklasse C25/30.

. Expositionsklasse XC3(CH).

. Nennwert Grösstkorn

D\_max 32.

. Klasse des Chloridgehalts

Cl 0,20.

. Konsistenzklasse C3.

. Frost-Tausalz-Widerstand: nein.

Mittlerer Elastizitätsmodul

N/mm<sup>2</sup> 28'000.

Anteil Rc % >40.0

Zement CEM IIIb.

.400 Recyclingbeton RC-C nach Norm SN EN 206 und Merkblatt SIA 2030.

Sorte NPK C RC-C.

Druckfestigkeitsklasse C 30/37.

Expositionsklasse XC4(CH).

Nennwert Grösstkorn D\_max 32.

Klasse des Chloridgehalts

Cl 0,20.

Konsistenzklasse C3.

Frost-Tausalz-Widerstand nein.

Anteil Rc % >40.0

Zement CEM IIIb.

Zusätzliche Anforderungen Maximaler Wasserdurchgang g/m<sup>2</sup>h 10.0.

661 Beton für Deckenplatten liefern, einbauen und verdichten.

.300 Betonsorte NPK C.

.310 Oberfläche horizontal oder einseitig geneigt bis % 5,0.

.311 Plattendicke bis m 0,20.

10 m3 200.00

.312 Plattendicke m 0,21 bis 0,30.

188 m3 160.00

.313 Plattendicke m 0,31 bis 0,40.

411 m3 160.00

685 Mehr- oder Minderpreis bei Verwendung von Recyclingbeton nach Merkblatt SIA 2030 anstelle von Beton mit natürlichen Gesteinskörnungen.

.300 Betonsorte NPK C RC-C.

.301 Zu Pos. 063.300.

1'095 m3 1.00

.302 Zu Pos. 063.400.

Erdberührte Bauteile.

Bodenplatten, Schächte, Aussenwände UG.

955 m3 1.00

686 Mehr- oder Minderpreis für spezielle Zementarten.

.400 Sofern nach Norm SN EN 206 zulässig, ist der Beton mit Zement CEM III/B herzustellen.

.401 Für alle Betonsorten.

Ausmass: Volumen verbauter Beton.

LE = m<sup>3</sup>.

2'400 LE 10.00

# Stadteigene Gebäude sind Vorbilder

# Schulanlage «Im Birch»



- Fertigstellung: 2002
- Kosten: CHF 65 Mio.
- Anteil RC-Beton: 80%
- Speziell: Einbauten ins Grundwasser  
Vorgespannte Turnhallendecke

# Wohnsiedlung «Werdwies»



- Fertigstellung: 2006
- Kosten: CHF 70 Mio.
- Anteil RC-Beton: 75%
- Speziell: Mischabbruch-Beton für Erdbeben- Aussteifungswände

# Schulanlage «Blumenfeld»



- Fertigstellung: 2016
- Kosten: CHF 58 Mio.
- Anteil RC-Beton: 95%
- Speziell: RC-C mit CEM III/B

# Wohnsiedlung «Kronenwiese»



- Fertigstellung: 2017
- Kosten: CHF 51 Mio.
- Anteil RC-Beton: 95%
- Speziell: RC-C, teilweise Wände in RC-M, mit CEM III/B

# Erweiterung Kunsthaus Zürich



- Fertigstellung: 2021
- Kosten: ca. CHF 260 Mio.
- Anteil RC-Beton: 95%
- Speziell: RC-C, mit CEM III/B, Betonanlage vor Ort

# Schulanlage Schauenberg



- Fertigstellung: 2019
- Kosten: ca. CHF 49 Mio.
- Anteil RC-Beton: 90%
- Speziell: RC-C, mit CEM III/B,

# Wohnsiedlung Hornbach



- Fertigstellung: 2021
- Kosten: ca. CHF 93 Mio.
- Anteil RC-Beton: 95%, davon 50% RC-M
- Speziell: Wände und Decken in RC-M, mit CEM III/B

# Ausblick: Bauteilwiederverwendung (ReUse)

# Projektwettbewerb "Recyclingzentrum Juch-Areal"

## Selektives Verfahren

### Vorbereitung

- Workshopserie mit Fachexperten

### Wettbewerbsprogramm

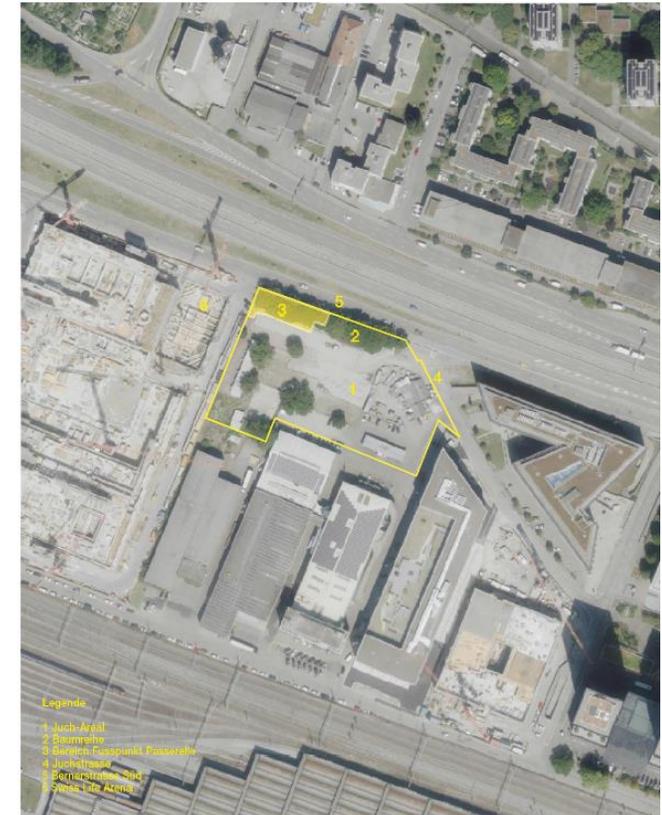
- Formulierung der Ziele
- Erläuterungen zu Reuse
- Workshop für Teilnehmende

### Fachjury

- Erfahrung in Praxis und Lehre mit Wiederverwendung von Bauteilen

### Bauteilkatalog

- Erstellen eines Bauteilkataloges für den Wettbewerb



# Bauteilkatalog

## Wiederverwendbare Bauteile der Stadt Zürich

component catalogue x +

juchareal.store/components/filter/cat/1

### Recyclingzentrum Juch-Areal

Bauteilkatalog

Projekt Kontakt Login Warenkorb 0

**Struktur** Flächen Elemente

Alle Bauteile

Material ^ Funktionen v

- Holz
- Mauerwerk
- Stahl
- Stahlbeton

Stahl HEA140 Stahl IPE450 Stahl HEA120 Stahl HEA220 Stahl HEA300

### Recyclingzentrum Juch-Areal

#### Bauteilkatalog

Projekt Kontakt Login Warenkorb 0

Dimensionen	HEA 220 6800 - 8400 mm
Menge	140 lfm
Durch ReUse eingesparte, CO2-eq-Emissionen	43 kg CO2-eq pro lfm 
Downloads	 

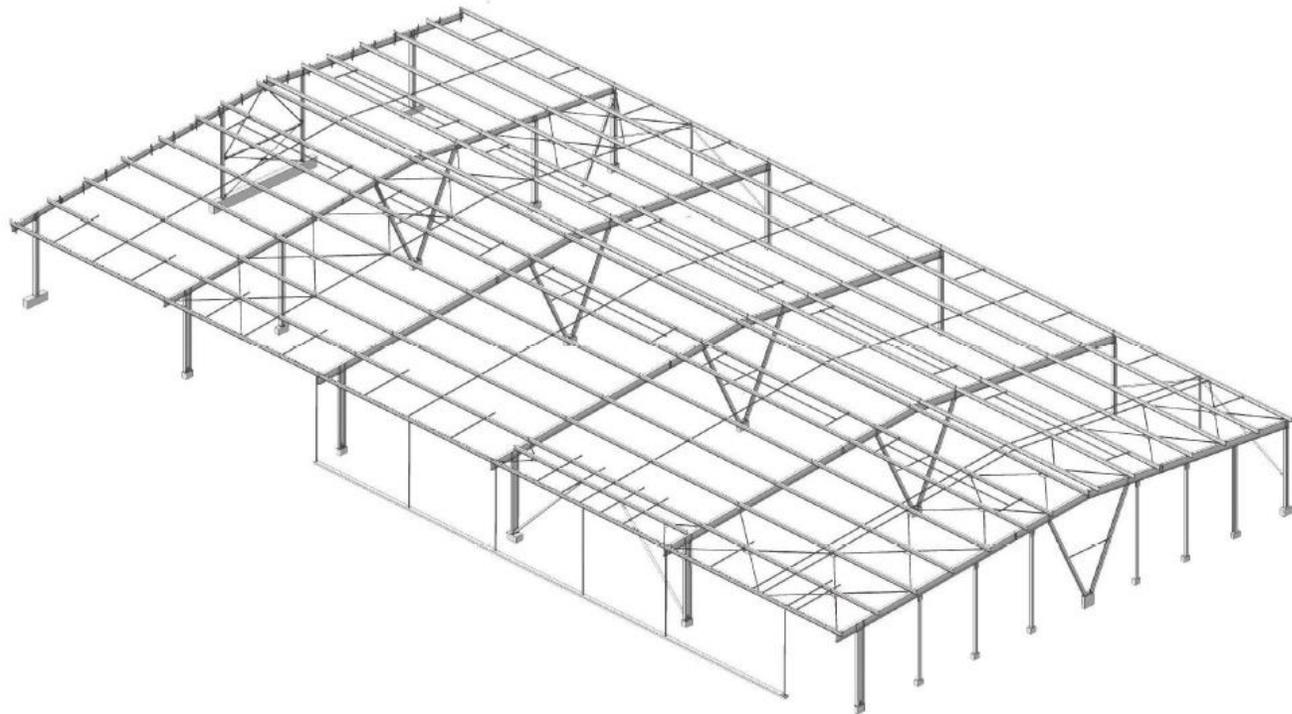


Stahlqualität	S235
Beschichtung	je nach Bewitterung 200 oder 120 µm (siehe IFC)
2 Stk	6800 mm
4 Stk	8100 mm
6 Stk	8400 mm

 See as PDF

# Scan-to-BIM Recyclinghöfe Hagenholz/Werdhölzli

## Umsetzung in 3D-Modell



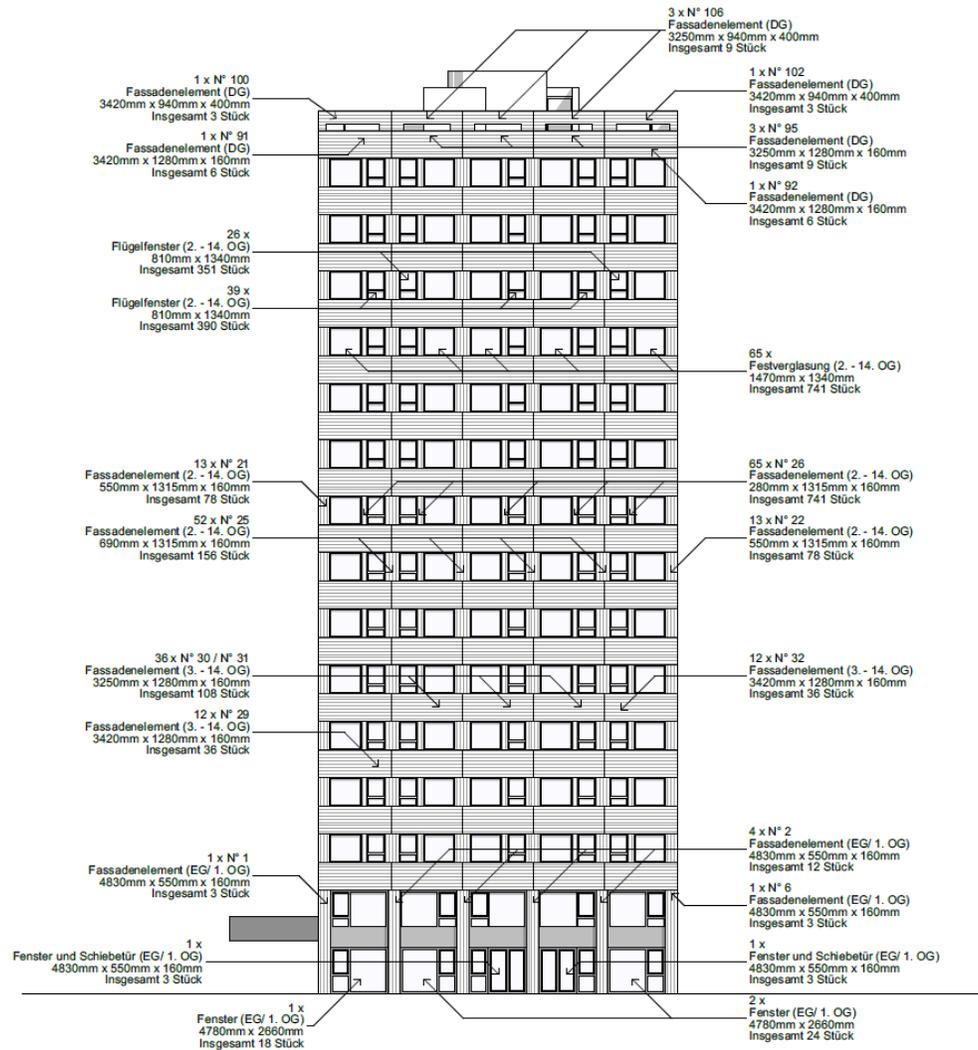
*Abbildung 5: Perspektive der Halle Hagenholz, In situ 2020.*



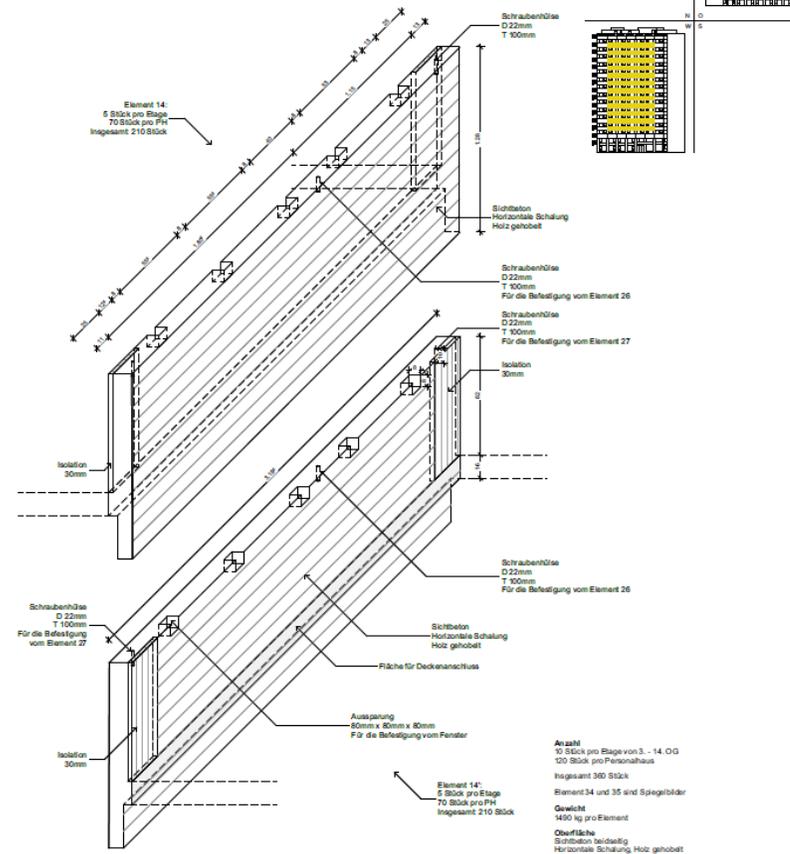
*Abbildung 6: Ansicht Achsträger Hagenholz, In situ 2020.*

# Fertigbetonelemente Personalhäuser Triemli

## Bestandesaufnahme und Katalogisierung



N° 34/ N° 35  
Fassadenelement  
3195mm x 1280mm x 160mm  
360 Stück  
536.4 Tonnen



An aerial photograph of Zurich, Switzerland, showing a dense urban landscape with a river (Limmat) winding through it. The city is surrounded by green hills and mountains under a clear blue sky. The sun is low in the sky, creating a bright glow over the water and buildings.

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.