



INSTITUT FÜR ENERGIE-
UND UMWELTFORSCHUNG
HEIDELBERG

R-Beton

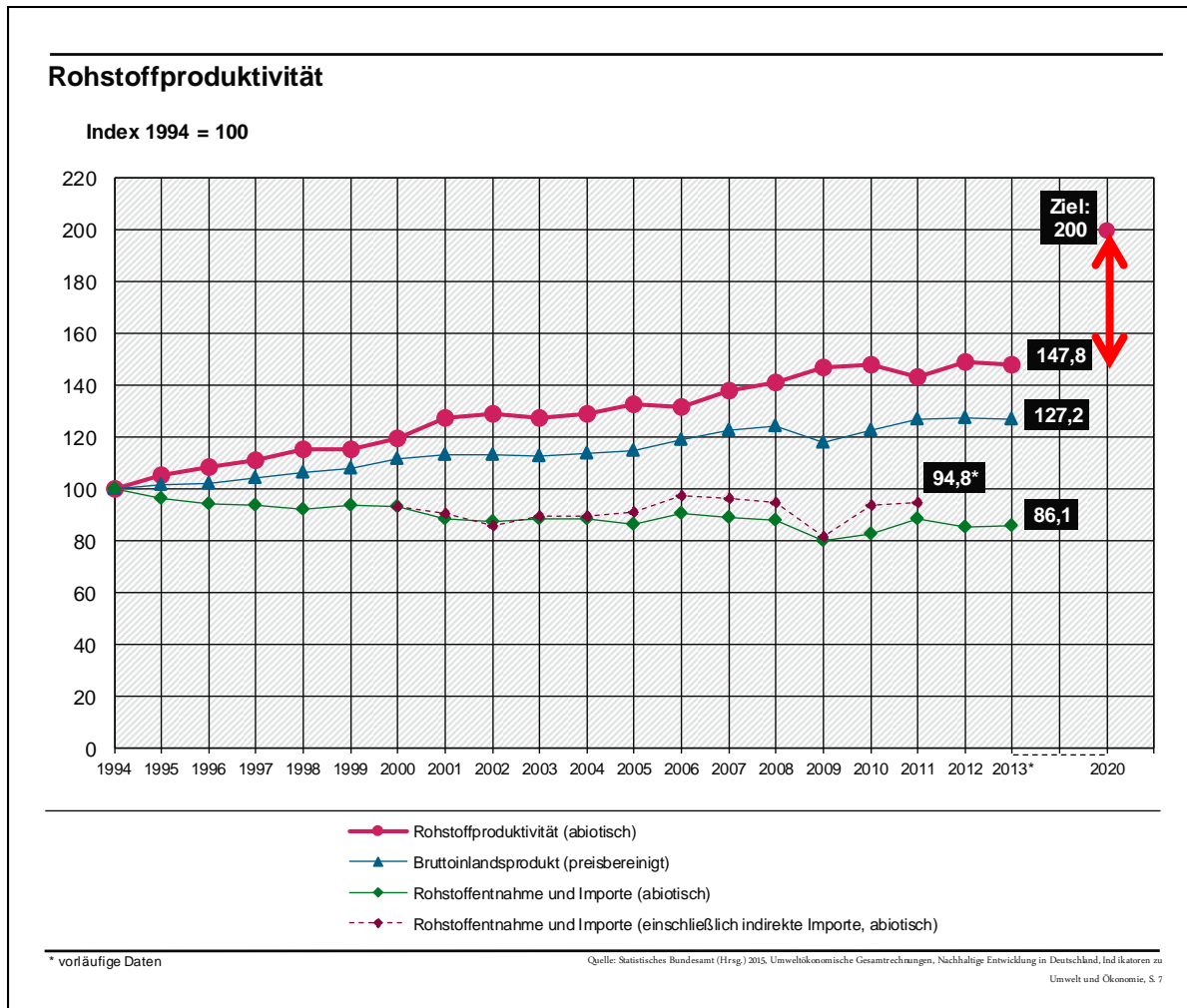
Zertifizierung für Material und Betriebe

Florian Knappe

10. Unternehmerseminar, Abbruchverband Nord e.V., 01.04.2022 Bad Salzuflen

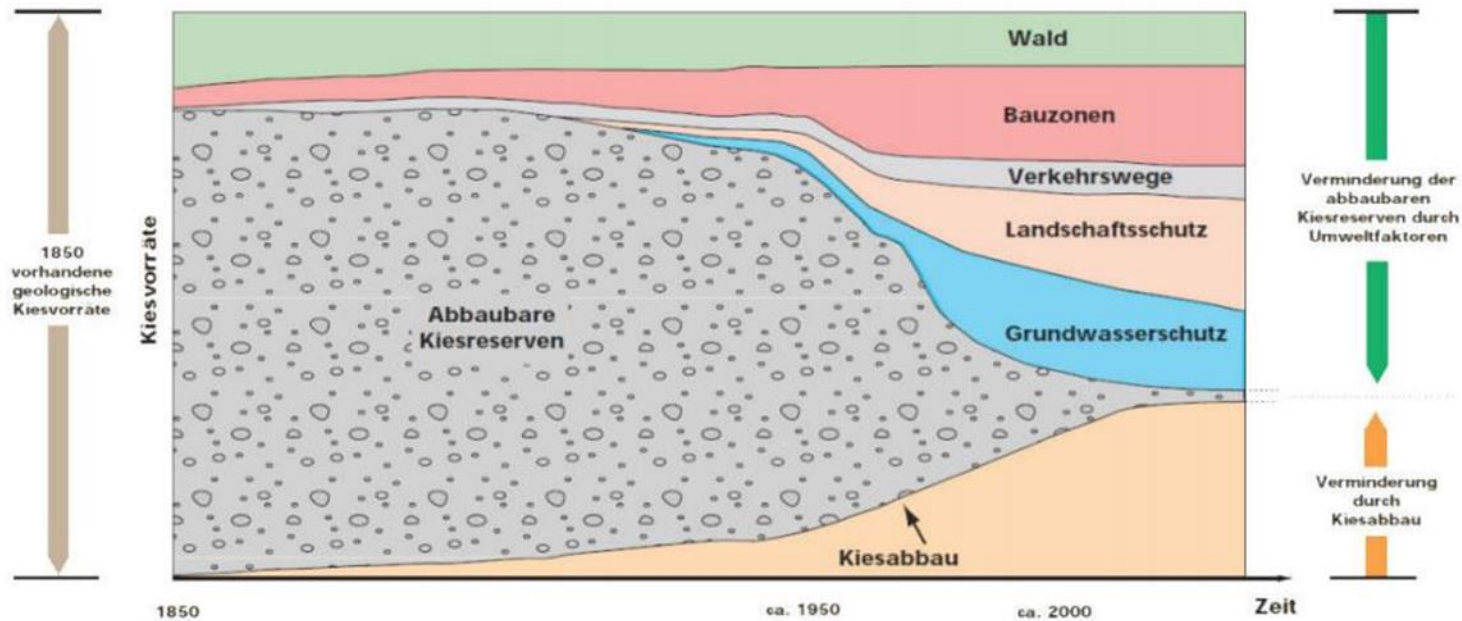


Ressourcenpolitische Agenda

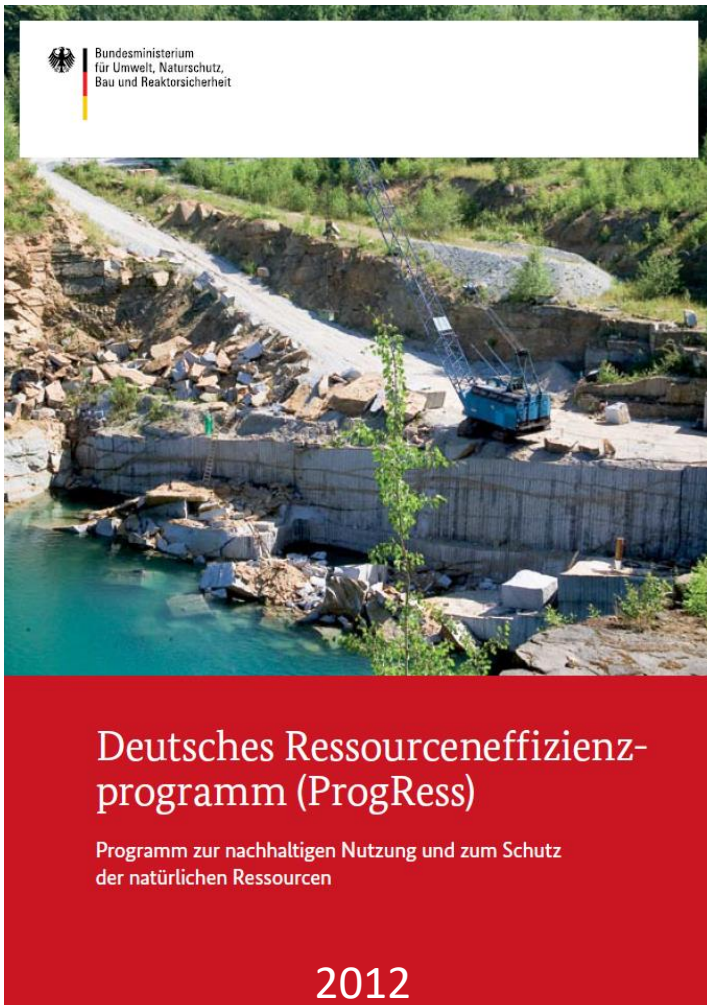


Ressourcenpolitische Agenda

Kiesreserven : Rückblick und Prognose



Auch "Steine" sind ein knappes Gut



Beispiele für konkrete Maßnahmen

7.4 Ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft ausbauen

7.4.4 Erfassung und Recycling ressourcenrelevanter Mengenabfälle optimieren

Gestaltungsansätze

- Analyse und gegebenenfalls Erschließung bisher nicht oder kaum genutzter Metallpotenziale in Schrotten, insbesondere der in Schrotten enthaltenen Legierungsbestandteile
- • Verstärkter Einsatz von rezyklierten Gesteinskörnungen
- Ausschleusung von Schadstoffen aus Recyclingkreisläufen

7.5 Nachhaltiges Bauen und nachhaltige Stadtentwicklung

7.5.4 Stärkung der Kreislaufführung bei Bauprozessen

Gestaltungsansätze

- Übertragung der Instrumente und Erfahrungen der recyclinggerechten Dokumentation von Bauprojekten des Bundes auf die öffentlichen Bauvorhaben der Länder und Kommunen
- Förderung des selektiven Rückbaus und Prüfung der Möglichkeiten der Aufbereitung von Bauabfällen bei großen Abbruch-/Neubauvorhaben vor Ort auf oder nahe der Baustelle
- Informationsportal zur Steigerung der Akzeptanz von Recyclingbaustoffen und Förderung des Einsatzes von Recyclingmaterialien
- Die Bundesregierung wird im Rahmen der Mantelverordnung angemessene Materialwerte festsetzen, die ein Recycling von RC-Baustoffen unter Wahrung des vorsorgenden Grundwasser- und Bodenschutzes auch weiterhin sicherstellen und als Ziel eine Steigerung anstreben

Steigerung der Ressourcenproduktivität

- Nutzungsintensivierung
- Steigerung der Nutzungsflexibilität
- Erhalt der Bausubstanz – Umbau, Ertüchtigung, Erweiterung
- Recyclinggerechtes Bauen
- Getrennte Bereitstellung der Bauabfallmassen ab Baustelle
- *Bauen mit Rohstoffen aus dem Materialkreislauf*

=> Thema Ressourceneffizienz kommt immer mehr in der Praxis an <=

Bsp.: einige Kernaussagen aus den „prioritären Handlungsempfehlungen zur verstärkten Berücksichtigung der Ressourceneffizienz über die Förderung des Recyclings von mineralischen Baustoffen“, Ausschuss für Abfalltechnik der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall

- Festlegung von Quoten zur Substitution von Primärrohstoffen, abweichend zu §23 Abs. 2 Nr. 2 KrWG (Produktverantwortung) nicht als Soll-Regelung sondern als gesetzliche Verpflichtung
- Aufnahme in Curricula von Studiengängen und in die Aus- und Fortbildung entsprechender Berufsgruppen
- Verpflichtende Aufnahme der Wiederverwendbarkeit und Recyclingfähigkeit bei der Zulassung von Bauprodukten und Bauarten (DIBt)
- Bewertung von Baumaterialien, Bauelementen und Bauteilen wie auch konstruktiven Elementen hinsichtlich der Eignung für ein späteres Recycling, bspw. über
 - BNB Bewertungssystem nachhaltiges Bauen für den öffentlichen Bau
 - BIM Ableitung von Informationen zu Materialinventaren und Verwertungsstrategien

- Ergänzung der Musterbauordnung um die verpflichtende Vorgabe zum selektiven Rückbau und Erstellen eines Entsorgungskonzeptes bei >500 m³ Bau- und Abbruchabfälle pro Baustelle
- Verbesserter Vollzug der Gewerbeabfallverordnung und besseres regionales Zusammenspiel aller Akteure
- Festlegung von Spezifikationen für eine Getrennthaltung über die Ausdifferenzierung nach Abfallschlüsseln hinaus auf Basis von Vereinbarungen zwischen Akteuren
- Regeln für ein allgemein anerkanntes Ende der Abfalleigenschaft für bestimmte güteüberwachte Recyclingbaustoffe

Circular economy und hier auch die Verwendung von Rohstoffen aus dem Materialreislauf erlangen eine immer größere Bedeutung

Beispiel: Koalitionsvertrag Baden-Württemberg

(...) zusätzlich fördern wir Recyclingbeton und prüfen eine Recycling-Beton-Quote für Neubauten des Landes (...)

Ressourcenkataster für Gebäude in Pilotkommune erproben

Auftraggeber

Das Forschungsvorhaben wird im Auftrag des Umweltbundesamtes im Rahmen des Umweltforschungsplanes des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit durchgeführt und mit Bundesmitteln finanziert.

Laufzeit: 17.10.2016 – 18.09.2019

Förderkennzeichen: 3716353230

Umweltbundesamt
Fachgebiet III 2.2 – Ressourcenschonung,
Stoffkreisläufe, Mineral- und Metallindustrie

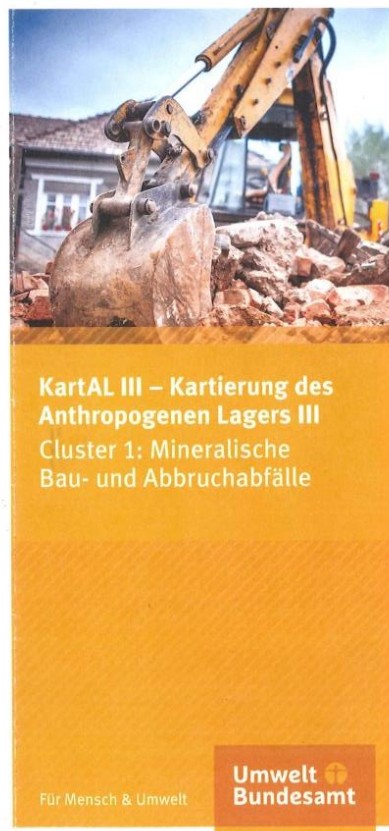
Ansprechpartner: Felix Müller
Tel.: 0340 - 2103 - 3854
E-Mail: felix.mueller@uba.de

Herausgeber:
Umweltbundesamt
Postfach 14 06
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
info@umweltbundesamt.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt.de
 /umweltbundesamt

Bildquellen:
Titel: Hoda Bogdan / Fotolia.de
Innen: Martin Stallmann / Umweltbundesamt

Stand: April 2017



- Beton ←
- Kalksandstein
- Poren- und Leichtbeton
- Ziegel
- Flachglas
- Dämmstoffe
 - Mineralwolle
- Gipsbaustoffe
- Putze und Mörtel
- Fliesen und Keramik

<https://www.umweltbundesamt.de/themen/abfall-ressourcen/abfallwirtschaft/urban-mining/das-anthropogene-lager#status-quo-bestand-dynamik-und-eigenschaften>

R-Beton



Schulhaus im Birch, Zürich-Örlikon
2002; Anteil RC-Beton 80%



Überbauung Neubrunnstraße,
Zürich-Örlikon



Wohnüberbauung Werdwies,
2006; Anteil RC-Beton 75%

Quelle: www.rc-beton.ch

Beispiele aus der Schweiz



Schulhaus Leutschenbach, Zürich (Quelle: www.beta.ch)



Abb. 124: Flurwand aus Mauerwerk mit R-Betonsteinen



Abb. 125: R-Betonmauerstein



Abb. 126: Stütze aus R-Beton

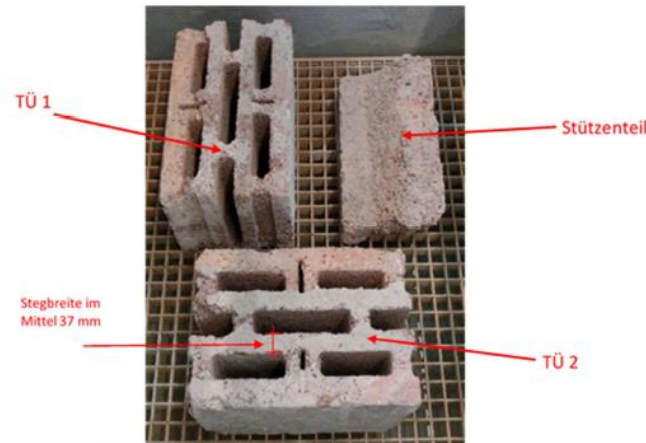
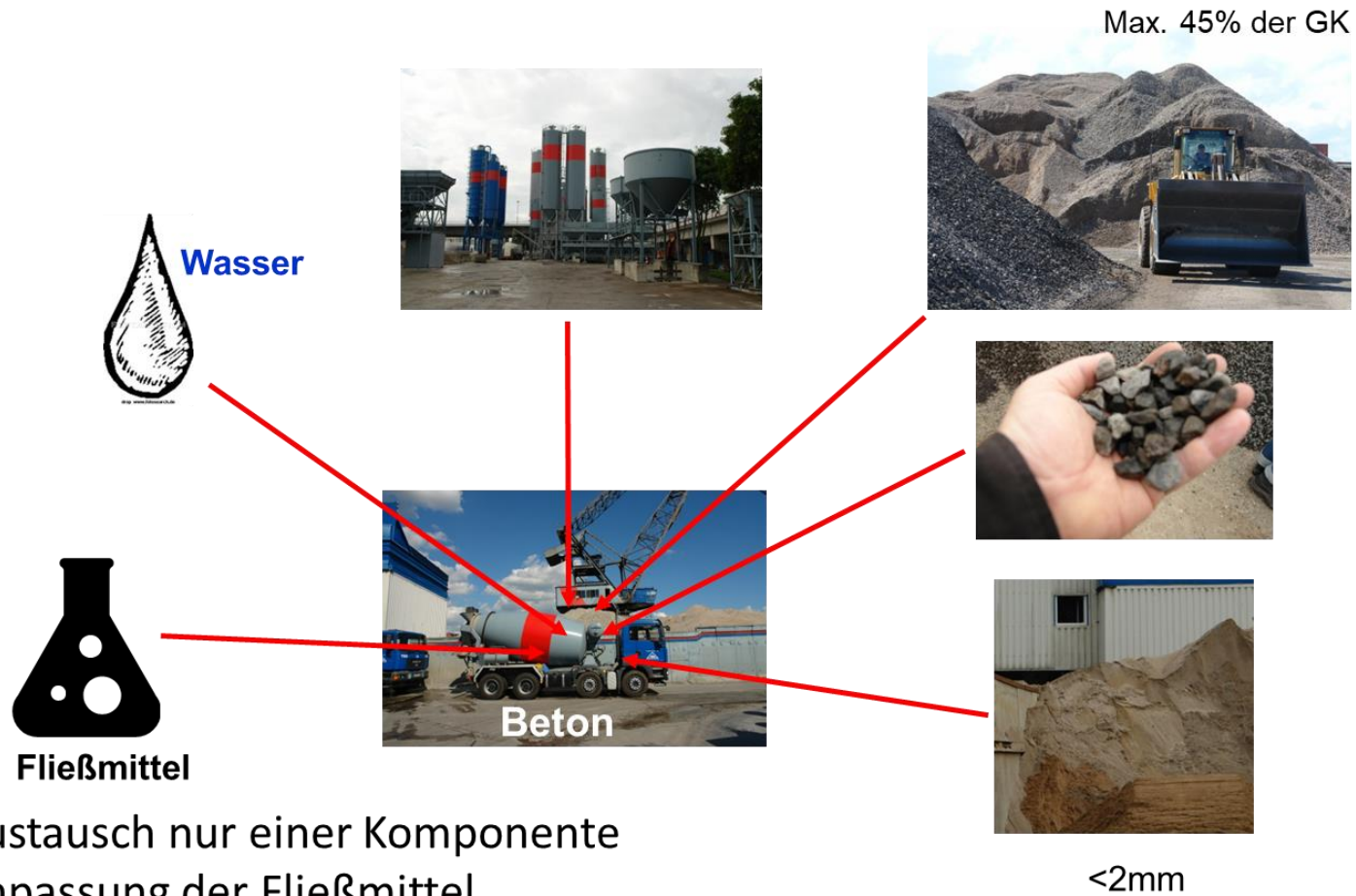


Abb. 127: Proben aus dem Bestandsgebäude des Technischen Rathauses Tübingen

**Entdeckungen
bei Sanierung und Erweiterung
des techn. Rathauses
der Stadt Tübingen**

R-Beton => ein "alter Hut"

R-Beton



- => Austausch nur einer Komponente
- => Anpassung der Fließmittel
- => Keine höheren Zementmengen

Rückgriff auf den Materialkreislauf



Pilotvorhaben ab 2009



Wissenschafts- und Technologiezentrum
(www.wohlgelegen.de)



Leitfaden zum Einsatz von R-Beton



https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/2_Presse_und_Service/Publikationen/Umwelt/Leitfaden_R-Beton.pdf



Typ 1, seit 2009



Typ 2, seit 2013



2014 über die Norm hinaus
Fa. Schief, Winnenden

R-Beton

Bauvorhaben als Pilotprojekte genutzt, verbunden u.a. mit breiter Öffentlichkeitsarbeit



Bauvorhaben als Pilotprojekte genutzt, verbunden u.a. mit breiter Öffentlichkeitsarbeit





Stoffkreisläufe von RC-Beton

Informationsbroschüre für die Herstellung von Transportbeton
unter Verwendung von Gesteinskörnungen nach Typ 2



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

Forschungsprojekt zur Entwicklung einer
Aufbereitungsstrategie für die Herstellung **Typ 2**

- Getrennte Aufbereitung der Komponenten'
 - Altbeton
 - Mauerwerk
- Dosierung zu ca. 70/30
 - über Radlader
 - oder Reihendoseur
- Erfahrungswerte sammeln für die Bestimmung
der Altbetonanteile im Mauerwerkshaufwerk

Fa. Feeß, Kirchheim/Teck bislang einziger Produzent

http://www.rc-beton.de/vortraege_pdfs/BW_Stoffkreislaeufe_7.2.14.pdf

Mühsamer Prozess – aller Anfang ist schwer

- Die Strukturen müssen sich in den jeweiligen Regionen erst entwickeln
 - Produktion der RC- Gesteinskörnung
 - lieferfähige Transportbetonwerke

- Baustoff R-Beton kann (zumindest anfangs) nicht kostengünstiger sein
 - Beton ist Massenbaustoff, der sich über den Preise verkauft
 - öffentliche Hand schreibt nur nach Preis aus
 - bei anderen Bauteilen / Baustoffen wird Nachhaltigkeit eher honoriert

- Zertifizierungssysteme wie BNB und DGNB sind wichtig
 - greifen bereits R-Beton auf bzw. werden circular economy in Zukunft belohnen

Kurzer Überblick Status Quo:

Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz => Rohstoffversorgung

Berlin => Leistungsblatt zur verpflichtenden Ausschreibung von R-Beton und

Hamburg => sbh, Versuch einer gezielten Ausschreibung

Baden-Württemberg / Berlin => Kombination mit Klimafreundlichkeit



BMBF-Vorhaben “R-Beton“
seit 2018 abgeschlossen

- von der Schweiz lernen
- Neues Regelwerk:
Überführung der Richtlinie des DAfStB
in Novellierung DIN 1045-2
= Gelbdruck 1. Quartal 2022

R-Beton

Neues Regelwerk für den R-Beton => neuer Impuls für die Baustoffalternative R-Beton

Normalbetone
bis C 30/37

Anwendungsbereich		GK Typ 1	GK Typ 2
Alkalirichtlinie	DIN EN 206-1 und DIN 1045-2		
WO (trocken)	Carbonatisierung XC1		
WF feucht	Kein Korrosionsrisiko X0 Karbonatisierung XC1 bis XC4	≤45 Vol.%	≤35 Vol.%
	Frost ohne Taumittelwirkung XF1 ¹⁾ und XF3 ¹⁾ und in Beton mit hohem Wassereindringwiderstand	≤35 Vol.%	≤25 Vol.%
	Chemischer Angriff (XA1)	≤25 Vol.%	≤25 Vol.%


¹⁾ Zusätzliche Anforderungen s. Abschnitt 1, (3) und (4)

¹⁾ Greift AKR-Problematik auf

Spalte	1	2	3	4
Zeile	Anwendungsbereich		Kategorie der Gesteinskörnung	
	Alkalirichtlinie ^a	EN 206 und DIN 1045-2	Typ 1	Typ 2
1	WO	Karbonatisierung XC1	≤ 45 ^b	≤ 35
2	WF	Kein Korrosionsrisiko X0	≤ 45	≤ 35
3		Karbonatisierung XC1 bis XC4		
4		Frostangriff ohne Taumittelnwirkung XF1 und XF3		
5		Beton mit hohem Wasserein- dringwiderstand nach Abschnitt 5.5.3		
6		Chemischer Angriff XA1 ^d		
7	WA ^c	XD1 und XD2 XS1 und XS2 XF2 und XF4	≤ 30	≤ 20

- Mehr Betonsorten
- tlw. höhere Anteile RC-GK

Probleme:

- Regelung Typ 2
- Begrenzung auf Anteil grob (?) 

^b Es dürfen rezyklierte Gesteinskörnungen des Typs 1 ≤ 2 mm ≤ 20 Vol.-% der austauschbaren rezyklierten Gesteinskörnung eingesetzt werden, sofern sie aus der gleichen Produktion der verwendeten rezyklierten Gesteinskörnung Typ 1 > 2 mm stammen, für die die Anforderungen an die stoffliche Zusammensetzung nach DIN EN 933-11 nachgewiesen wurde. Das Verhältnis von feiner und grober rezyklierter Gesteinskörnung muss sich dabei an dem entsprechenden Verhältnis von Sand zu grober Gesteinskörnung der Gesamtsieblinie orientieren.

^c Die Feuchtigkeitsklasse WA darf nur für rezyklierte Gesteinskörnung mit nachgewiesener Alkaliempfindlichkeitsklasse E I-S nach Alkali-Richtlinie verwendet werden.

Neues Regelwerk für den R-Beton

=> neuer Impuls für die Baustoffalternative R-Beton

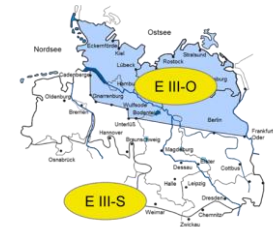
Regelung: Betonklasse BK-N

Beton mit rezyklierter Gesteinskörnung <25 Vol.%

- Für alle Normalbetone und Betonklassen
- Für RC-GK Typ 1 und Typ 2
- Nur in W0 und WF (Feuchtigkeitsklassen nach AKR-Richtlinien)
- <2mm des Typs 1 dürfen eingesetzt werden, aber nur wenn sie aus der gleichen Produktion stammen wie die RC-GK >2mm und dies in dem Mengenverhältnis, wie Brechsand in der Aufbereitung der entsprechenden RC-GK anfällt

Regelung: AKR-Empfindlichkeit

- E III-S als Regeleinstufung außerhalb N und NE
- Ansonsten E III-O
- Für Einsatz der Betone in WA = E I-S



vdz.

R-Beton



	C20/25 XC3 F3 GK 22 mm		C20/25 XC3 F3 GK 16 mm	
	Standardbeton	RC-Beton	Standardbeton	RC-Beton
Zement	265 kg/m ³	265 kg/m ³	285 kg/m ³	285 kg/m ³
Flugasche	60 kg/m ³	60 kg/m ³	60 kg/m ³	60 kg/m ³
BV / FM	0,5% / -	0,5% / -	0,5% / -	0,5% / -
Sand 0/2	633 kg/m ³	580 kg/m ³	676 kg/m ³	578 kg/m ³
Kies 2/8	265 kg/m ³	-	407 kg/m ³	319 kg/m ³
Splitt 8/16	476 kg/m ³	-	736 kg/m ³	242 kg/m ³
Splitt 16/22	476 kg/m ³	588 kg/m ³	-	-
RC-Splitt 2/16	-	566 kg/m³	-	547 kg/m³
Wasser	180 kg/m ³	176 kg/m ³	189 kg/m ³	186 kg/m ³

Rezepturen der Fa. Holcim, Stuttgart

=> Gleicher Nutzen – gleiche Produkteigenschaften (frisch und fest)

(DIN 1045-1: Bemessung und Konstruktion, DIN EN 206-1: Norm für den Baustoff Beton, DIN 1045-2: Deutsche Ausführungsregelungen)

=> Keine Einschränkungen in Langlebigkeit (bspw. AKR)

=> gleiches Elutionsverhalten

=> Bei gleichem Zementgehalt

=> und in etwa gleiche Massenbilanz

R-Beton

Neues Regelwerk für den R-Beton

=> neuer Impuls für die Baustoffalternative R-Beton

Eröffnet neue Handlungsspielräume im Absatz von RC-GK

=> erhöht Wirtschaftlichkeit **auch** für den Aufbereiter

RC-GK muss aus einem Betrieb kommen, der nach DIN 12620 zertifiziert ist
unter Beachtung DIN 4226-101, 102

DIN EN 12620 – Gesteinskörnung für den Beton

Anforderung an rezyklierte Gesteinskörnungen (Auswahl)

Gelten in Verbindung mit

- DIN 4226-101 (Typen und geregelte gefährliche Substanzen)
- DIN 4226-102 (Typprüfung und werkseigene Produktionskontrolle)

Einsatz ist geregelt in der DAfStB-Richtlinie:

- Beton nach DIN 206-1 und DIN 1045-2 mit rezyklierten Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620
- *Neu: DIN 1045-2 (novelliert)*

Rezyklierte Gesteinskörnungen müssen nach DIN EN 12620
bezeichnet und gekennzeichnet werden

Eine Leistungserklärung sowie CE-Kennzeichnung sind erforderlich

DIN 4226-102 => Typprüfung und werkseigene Produktionskontrolle

Eingangskontrolle

(Inaugenscheinnahme +
Organoleptische Prüfung +
Prüfung Lieferschein
für jede Anlieferung)

Dokumentation

Art des Materials (Beton, ungeb., Mauerwerk, etc.)

Herkunft des Materials

Transporteur

Angaben über Verunreinigung

Angaben über vorherige Nutzung (Herkunft Bauwerk)

ggf. Informationen über Voruntersuchung

Erklärung des Lieferanten

WPK

kontinuierliche Produktion

- Alle 8 Produktionswochen
- Bzw. mindestens alle 10.000 t
- Maximal 18 mal im Jahr

diskontinuierliche Produktion

alle 5.000 t

Fremdüberwachung

4 mal im Jahr

DIN EN 12620 – Gesteinskörnung für den Beton

Regelanforderungen (Auswahl)

Geometrische

Korngruppe

Kornzusammensetzung

Kornform

Feinanteile

Chemische

Gehalt an wasserlösl. Chloridionen

Gehalt an säurelöslichem Sulfat

Gesamtschwefel

Physikalische/ Mechanische

Widerstand gegen Zertrümmerung

Verschleißwiderstand

Polierwiderstand

Dauerhaftigkeit

Frost-Tau-Widerstand

Raumbeständigkeit

Alkali-Kieselsäurereaktion

Sonstige

Fremdstoffe, Störstoffe

Mindestgehalte bzw. maximal zulässige Beimengungen in RC-Lieferkörnungen nach DIN 4226-101 (Angaben in Gew.-%)

Bestandteile	Abkürzung	RC-Körnung Typ 1	RC-Körnung Typ 2
Beton, Betonprodukte, Mörtel, Mauersteine aus Beton, ungebundene Gesteinskörnung, Naturstein, hydraulisch gebundenes Gestein	RC + RU	≥ 90 %	≥ 70 %
Ziegel-Mauersteine (nicht-porosit), Klinker, Steinzeug, Kalksandstein-Mauersteine, verschiedene Mauer- und Dachziegel, Bimsbeton (Leichtbeton), nicht schwimmender Porenbeton	Rb	≤ 10 %	≤ 30 %
Bitumenhaltige Materialien, Asphalt	Ra	≤ 1 %	≤ 1 %
Glas	X + Rg	≤ 1 %	≤ 2 %
Sonstige Materialien: Bindige Materialien (d.h. Ton und Bodenmaterial), verschiedene sonstige Materialien: Metalle (Eisen- und Nichteisenmetalle), nicht schwimmendes Holz, Kunststoff, Gummi, Gips			
Schwimmendes Material im Volumen	FL	≤ 2 %	≤ 2 %

		Grenzwert	Typ 1	Typ 2
Kornrohddichte	kg/m ³	>2000	2370	2300
Wasseraufnahme nach 10 Minuten	%	<10 / <15	3,1	4,3
Frost-Tau-Widerstand	%	<4	3,7	2,9
wasserlösliche Chloride	%	0,04	0,0004	0,0011
säurelösliche Chloride	%	0,04	0,019	0,012
säurelösliches Sulfat	%	0,8	0,3	0,2
wasserlösliches Sulfat	%	0,02	0,0062	0,01
Gesamtschwefel	%	1	0,13	0,1
organische Bestandteile	%	0,1	n.n.	n.n.

=> Erfahrungswert: „Saugen“ durch Befeuchtung der GK mindern

Quelle: Umweltministerium Baden-Württemberg, Stoffkreisläufe von RC-Beton, Informationsbroschüre für die Herstellung von Transportbeton unter Verwendung von Gesteinskörnungen nach Typ 2, Dezember 2013

Typ 2

Feststoff		Höchstwert	Prüfergebnis
Kohlenwasserstoffe (C₁₀-C₄₀)	mg/kg	1000	<50
PAK nach EPA	mg/kg	75	0,153
EOX	mg/kg	10	<0,5
PCB	mg/kg	1	<0,005
Eluat			
pH-Wert (kein Ausschlusskriterium)		12,5	11,09
Elektrische Leitfähigkeit (kein Ausschlusskriterium)	µS/cm	3000	515
Chlorid	mg/l	150	1,36
Sulfat	mg/l	600	85,7
Arsen	µg/l	50	<1
Blei	µg/l	100	1
Cadmium	µg/l l	5	<0,1
Chrom gesamt	µg/l	100	7
Kupfer	µg/l	200	3
Nickel	µg/l	100	2
Quecksilber	µg/l	2	<0,1
Zink	µg/l	400	5
Phenolindex	µg/l	100	<10

25

Quelle: Umweltministerium Baden-Württemberg, Stoffkreisläufe von RC-Beton, Informationsbroschüre für die Herstellung von Transportbeton unter Verwendung von Gesteinskörnungen nach Typ 2, Dezember 2013

Die zentralen Stellschrauben

- Fremdstoffe, Störstoffe
- Widerstandsfähigkeit
- abschlämmbare Anteile
- Asphalt, Zusammensetzung
- Zertifizierung / Überwachung

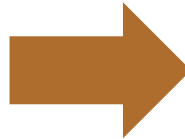
Keine großer Schritt mehr

- Für Betriebe, die nach TL SoB StB produzieren oder bspw. nach bvse güteüberwacht sind
- Angesichts der Mitte 2023 gelten Anforderungen aus der Ersatzbaustoffverordnung
- Leichtstoffabscheidung, ev. über Aufstromkassierung

Folgerungen für den Rückbau / die Baustelle

Folgerungen für den Rückbau

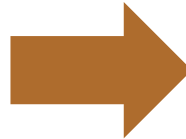
Gesteinskörnung, Typ 1



Seit 2009



Gesteinskörnung, Typ 2



Seit 2013



Folgerungen für den Rückbau

Input Mauerwerk

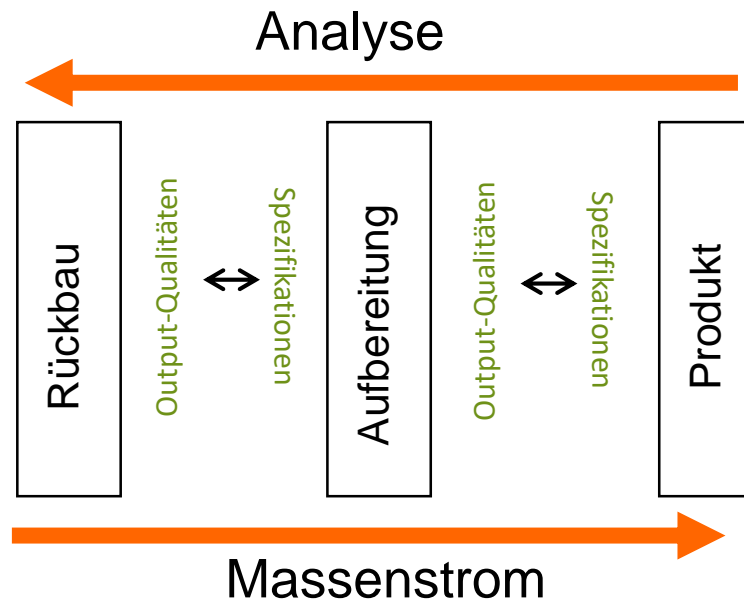


Gesteinskörnung Typ 2



Folgerungen für den Rückbau

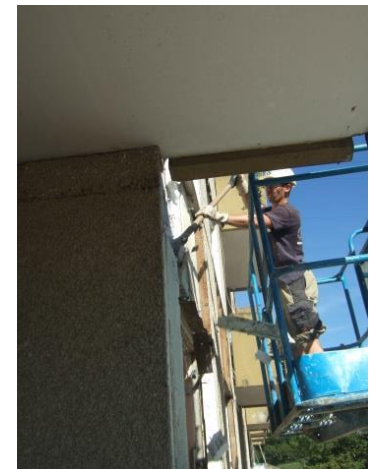
- Es erfolgt eine Bewirtschaftung der Abfallmassen als sekundäre Rohstoffe mit dem Ziel, Bauprodukte mit den üblichen Produkteigenschaften herzustellen
- RC-Gesteinskörnung für die Transportbetonindustrie



Folgerungen für den Rückbau



Folgerungen für den Rückbau



- Entkernung quasi bis auf den Rohbau

- Nicht- mineralische Baustoffe und Baustoffe aus dem Innenausbau entnehmen und so bereit stellen, dass eine hochwertige Verwertung möglich wird
 - Gipsbaustoffe
 - etc.

- Ausschreibung und Vergabe
 - Mindeststandards für die Bieter / Zertifizierung (?)
 - Begutachtung als Teil des Leistungsverzeichnisses
 - mit konkreten Vorgaben zur Selektivität und den Verwertungswegen
 - Dokumentation / auch entsprechend Gewerbeabfallverordnung



INSTITUT FÜR ENERGIE-
UND UMWELTFORSCHUNG
HEIDELBERG

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Florian Knappe

Florian.knappe@ifeu.de

