

Das Wissen um knapper werdende Ressourcen ist einer der wesentlichen Treiber für nachhaltige Entwicklung. Kreislaufwirtschaft ist ein Konzept, bei dem Produkte und Materialien so lange wie möglich in Wertschöpfungskreisläufen zirkulieren. Beton ist ein sehr dauerhafter Baustoff, der bei entsprechender Planung lange Nutzungszyklen ermöglicht. Nach der Nutzung kann Beton rezykliert werden und ist als Gesteinskörnung eine wertvolle und nachgefragte Ressource. Die technische Qualität und die Verwendbarkeit der Gesteinskörnung ist u. a. von der Reinheit abhängig.

Die aus Abbruchmaterial gewonnene rezyklierte Gesteinskörnung kann einen Teil der aus der Natur gewonnenen Gesteinskörnungen ersetzen. Solch ein Beton darf genauso für die üblichen Bauteile im Hochbau eingesetzt werden wie Normalbeton.

Bereits die Römer setzten Abbruchmaterial als Ersatz der natürlichen Gesteinskörnung in ihrem römischen Beton, dem Opus Caementitium, ein (Bild 1). Allerdings war die Motivation wohl eher ökonomischer als ökologischer Art. Zusätzlich konnte man durch das Zumischen von zerstoßenen Ziegelsteinen aus einem Luftkalk einen wasserbeständigen hydraulischen Kalk erzeugen.

In diesem Zement-Merkblatt werden die Regelwerke, die Randbedingungen und die Herstellung und Verarbeitung von Beton mit rezyklierter Gesteinskörnung beschrieben. Des Weiteren werden im Abschnitt 7 ausgeführte Beispiele vorgestellt.

Im Merkblatt nicht behandelt wird das Frischbetonrecycling. In nahezu allen Transportbeton- und Fertigteilwerken Deutschlands wird Restbeton und Reinigungswasser aus der Betonproduktion sowie Brauchwasser aus der Beton-

bearbeitung einem anlageninternen Kreislauf zugeführt. Der Einsatz von wiedergewonnenen Gesteinskörnungen und Restwasser ist in DIN EN 206-1 in Verbindung mit DIN 1045-2, Abschnitte 5.2.3.3 und 5.2.4, geregelt [8, 9].

■ 1 Begriffe

Beton

Baustoff, erzeugt durch Mischen von Zement, grober und feiner Gesteinskörnung und Wasser, mit oder ohne Zugabe von Zusatzmitteln und Zusatzstoffen. Der Beton erhält seine Eigenschaften durch die Hydratation des Zements. (siehe auch Merkblatt – Was ist Beton) [1]

Betonrecycling

Erhärteter Beton wird gebrochen, nach Korngrößen sortiert und kann dann u. a. der Betonproduktion wieder zugeführt werden.

Expositionsklassen

Klassifizierung der chemischen und physikalischen Umgebungsbedingungen, denen der Beton ausgesetzt werden kann und die auf den Beton, die Bewehrung oder metallische Einbauteile einwirken können und nicht als Lastannahmen in die Tragwerksplanung eingehen (siehe auch Zement-Merkblatt B9 – Expositionsklassen im Geltungsbereich des EC 2 [2]).

Feuchtigkeitsklassen

Die Feuchtigkeitsklassen sind Einstufungen der Umgebungsbedingungen, die vom Planer hinsichtlich einer möglichen schädigenden Alkali-Kieselsäure-Reaktion immer festzulegen sind. Die Feuchtigkeitsklassen korrelieren mit den Expositionsklassen (siehe auch Zement-Merkblatt [2]).

Gesteinskörnungen

Unter anderem für die Verwendung in Beton geeignete, gekörnte, mineralische Stoffe. Gesteinskörnungen können natürlich oder künstlich sein oder aus vorher beim Bauen verwendeten, rezyklierten Stoffen bestehen (siehe RC-Gesteinskörnung).

Primäre Gesteinskörnung

Gesteinskörnung, die aus der Natur gewonnen wird, wie naturrunder Kies aus Flüssen und Baggerseen oder gebrochener Splitt aus Steinbrüchen. Im Unterschied dazu wird rezyklierte Gesteinskörnung auch Sekundärmaterial genannt.

R-Beton

Abkürzung für Recycling-Beton, also Beton mit Anteilen von rezyklierter Gesteinskörnung. Das „R“ wird auch für den Begriff „Ressourcenschonend“ benutzt, da Primärmaterial eingespart werden kann.



Bild: D. Bosold, IZB

Bild 1: Zweilagiges Bruchstück eines römischen Betons mit Sieblinien unterschiedlicher Korngröße und Ziegelsplitt als Gesteinskörnung

RC-Gesteinskörnung

Abkürzung für **Recycling-Gesteinskörnung**. Die Abkürzung RC nimmt Bezug auf den Anglizismus Recycling. In den deutschen Regelwerken [3] wird der eingedeutschte Begriff „rezykliert“ benutzt.

RC-Gesteinskörnung Typ 1 (Betonsplitt)

Mindestens 90 M.-% dieser Gesteinskörnung muss aus Beton oder aus Naturstein bestehen. Max. 10 % dürfen Nebenbestandteile wie z. B. Ziegel oder Kalksandstein sein.

RC-Gesteinskörnung Typ 2 (Bauwerkssplitt)

Mindestens 70 M. % dieser Gesteinskörnung muss aus Beton oder aus Naturstein bestehen. Max. 30 % dürfen Nebenbestandteile wie z. B. Ziegel oder Kalksandstein sein.

■ 2 Gesteinskörnungen für Beton

Rezyklierte Gesteinskörnungen weisen eine etwas geringere Rohdichte als primäre Gesteinskörnungen auf (Tafel 1).

Tafel 1: Rohdichte verschiedener Gesteinskörnungen

Gesteinskörnung	Rohdichte (ofentrocken) [kg/m³]
natürliche Gesteinskörnung (Kies-Sand)	2 650 – 2 700
rezyklierte Gesteinskörnung	2 350 – 2 550

Aufgrund der unterschiedlichen Zusammensetzungen der rezyklierten Gesteinskörnungen kann auch die Schwankungsbreite der Rohdichte etwas höher sein.

Rezyklierte Gesteinskörnung besteht im Wesentlichen aus den in Tafel 2 aufgeführten Bestandteilen.

Tafel 2: Bestandteile der RC-Gesteinskörnungen und ihre Abkürzungen

Bestandteile	Abkürzungen
Beton, Betonprodukte, Mörtel, Mauersteine aus Beton	Rc
ungebundene Gesteinskörnung, Naturstein, hydraulisch ungebundene Gesteinskörnung	Ru
Mauerziegel (d. h. Mauersteine und Ziegel), Kalksandsteine	Rb
bitumenhaltige Materialien	Ra
sonstige Materialien: Bindige Materialien (Ton und Boden), verschiedene sonstige Materialien: Metalle (Eisen- und Nichteisenmetalle), nicht schwimmendes Holz, Kunststoff, Gummi, Gips	X
schwimmendes Material im Volumen	FL

Die stoffliche Zusammensetzung der rezyklierten Gesteinskörnung ist an Grenzwerte in Abhängigkeit von Typ 1 und Typ 2 gekoppelt (Tafel 3, Bilder 3 und 4).

Tafel 3: Stoffliche Zusammensetzung rezyklierter Gesteinskörnung > 2 mm nach DIN 4226-101 [12], Tabelle 1

Bestandteile ^{a)}	Kategorie der Gesteinskörnung	
	Typ 1 [M.-%]	Typ 2 [M.-%]
Rc + Ru	≥ 90	≥ 70
Rb	≤ 10	≤ 30
Ra	≤ 1	≤ 1
X + Rg	≤ 1	≤ 2
FL	≤ 2 [cm³/kg]	≤ 2 [cm³/kg]

^{a)} Bestandteile nach Tafel 2

■ 3 Ursprung und Verfügbarkeit der rezyklierten Gesteinskörnung

Der bei Rückbaumaßnahmen anfallende Altbeton wird in Deutschland fast vollständig rezykliert (Bild 2). Reiner Betonbruch wird zu 99 % rezykliert. Bauschutt, bestehend aus Beton vermischt mit anderen mineralischen Stoffen (wie z. B. Ziegel, Fliesen und Keramik), wird zu 87 % rezykliert [6].

Allerdings steht das Recyclingmaterial nicht nur für die Herstellung von Beton zur Verfügung. Zum überwiegenden Teil fließt es zur Substitution primärer Gesteinskörnungen in andere Anwendungen, wie die Herstellung von Trag- und Frostschichten im Straßenbau.

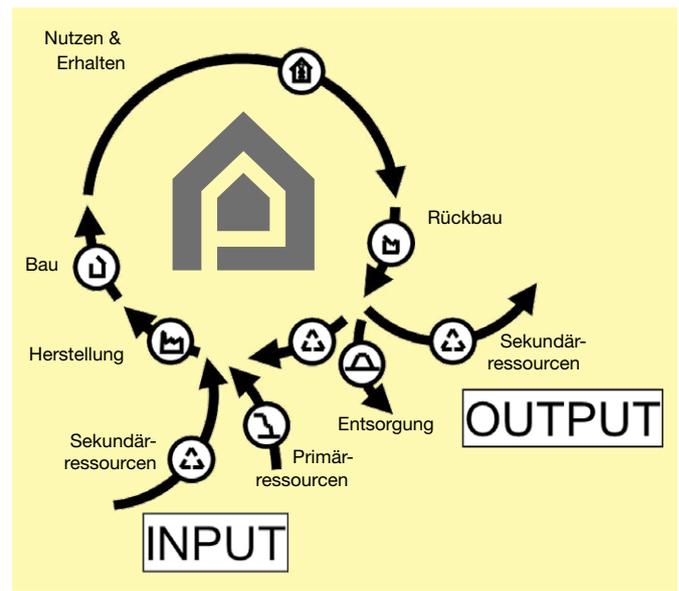


Bild 2: Stoffkreislauf von Baustoffen

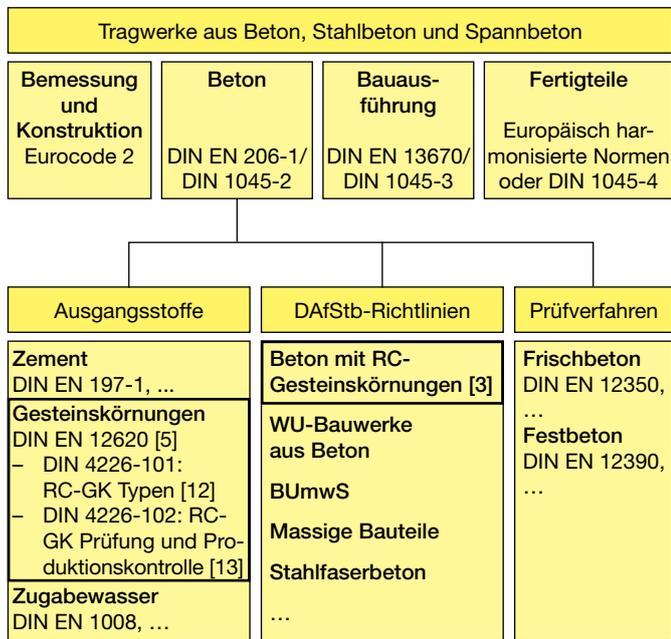
Bild: M. Brunner

■ 4 Regelwerke

Das Regelwerk für Beton, Stahl- und Spannbeton im Hochbau lässt sich in drei wesentliche Kategorien unterteilen: Bemessung und Konstruktion, Betonzusammensetzung und -herstellung sowie Verarbeitung und Einbau. Die Bemessungsnorm DIN EN 1992 [7], enthält Bemessungs-, Konstruktions- und Bewehrungsregeln, um Standsicherheit und Dauerhaftigkeit von Betonbauwerken zu gewährleisten. Darüber hinaus werden in dieser Norm Betoneigenschaften festgelegt, die den Bemessungsregeln zugrunde liegen und Voraussetzung für ihre Anwendbarkeit sind.

Wie Beton zusammengesetzt, hergestellt und einzubauen ist, um die geforderten Eigenschaften sicher zu erreichen, wird in den Betonnormen DIN EN 206-1 [8] / DIN 1045-2 [9], bzw. den Ausführungsnormen DIN EN 13670 [10] / DIN 1045-3 [11], geregelt.

Tafel 4: Rezyklierte Gesteinskörnungen im Regelwerk für Bauwerke aus Stahlbeton und Spannbeton



Der Betonnorm zugeordnet sind die Normen für die Beton- Ausgangsstoffe, z. B. Zement, Gesteinskörnungen oder Zugabewasser.

Die Norm für die Gesteinskörnung für Beton, DIN EN 12620 [5], gilt sowohl für natürliche als auch für rezyklierte Gesteinskörnung. Sie enthält neben den allgemeinen Anforderungen an Gesteinskörnungen für Beton, zusätzliche Anforderungen an rezyklierte Gesteinskörnungen. So müssen für RC-Gesteinskörnungen beispielsweise die Anteile der enthaltenen Materialien oder der Gehalt wasserlöslichen Sulfats ermittelt und deklariert werden.

Hinsichtlich der Besonderheiten rezyklierter Gesteinskörnung wird die allgemeine Gesteinskörnungsnorm DIN EN 12620 [5] durch DIN 4226-101 [12] und DIN 4226-102 [13] ergänzt. In Abhängigkeit des Anteils von Fremdanteilen wie Ziegel oder Kalksandstein, werden in diesen beiden Normen RC-Gesteinskörnungs-Typen definiert und festgelegt, wie Prüfungen und Produktionskontrolle bei der Herstellung der Gesteinskörnung durchzuführen sind.

Die Herstellung und Verwendbarkeit von Beton mit rezyklierter Gesteinskörnung ist in der Richtlinie für Beton mit RC-Gesteinskörnung [3] des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStb) geregelt. Diese Richtlinie ergänzt die Betonnorm, DIN EN 206-1 [8] / DIN 1045-2 [9]. Sie begrenzt die Zugabemenge von RC-Gesteinskörnung (Tafel 6) und beschränkt die Verwendbarkeit des Betons mit RC-Gesteinskörnung hinsichtlich Festigkeitsklasse ($\leq C30/37$) und Expositionsklasse (Tafel 5) auf einen Bereich, in dem er sich in seinen Eigenschaften und seiner Verarbeitbarkeit nicht, oder nicht wesentlich, von Beton mit primärer Gesteinskörnung unterscheidet. Damit sind die allgemeinen Bemessungs- und Verarbeitungsregeln der DIN EN 1992 [7] bzw. DIN EN 13670 [10] / DIN 1045-3 [11] ohne Einschränkungen anwendbar.

Von den Vorgaben der DAfStb-Richtlinie [3] kann abgewichen werden, z. B. durch eine Erhöhung des Anteils an RC-Gesteinskörnung, wenn die relevanten Betoneigenschaften durch Gutachten nachgewiesen werden. Herstellung und Verwendung

Tafel 5: Anwendungsbereiche für Betone mit rezyklierter Gesteinskörnung

Expositionsklasse	Bemerkung	Beispiel
X0		Füllbeton, Sauberkeitsschichten, Fundamente ohne Bewehrung und ohne Frost, Innenbauteile ohne Bewehrung
XC1		Innenbauteil mit üblicher Luftfeuchte
XC2		Teile von Wasserbehältern, Gründungsbauteile
XC3		Bauteile, zu denen die Außenluft häufig oder ständig Zugang hat, wie offene Hallen, gewerbliche Küchen, Dachflächen mit flächiger Abdeckung, Verkehrsflächen mit flächiger, unterlaufsicherer Abdichtung
XC4		Außenbauteil mit direkter Beregnung
XF1 ¹⁾	Kategorie F ₄ (wie bei Normalbeton)	Außenbauteil
XF3 ¹⁾	Kategorie F ₄ (wie bei Normalbeton)	Außenbauteil mit hoher Durchfeuchtung, offene Wasserbehälter, Bauteile in der Wasserwechselzone von Süßwasser
XA1		Behälter von Kläranlagen, Güllebehälter

¹⁾ Bei diesen Expositionsklassen sind Taumittel ausgeschlossen. Daher ist auch hier eine uneingeschränkte Anwendung möglich.

werden dann über allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen (abZ) oder Zustimmungen im Einzelfall (ZiE) geregelt, die beim Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) bzw. der obersten Landesbaubehörde zu beantragen sind.

5 Einsatzmöglichkeiten und -grenzen

Der Gehalt rezyklierter Gesteinskörnung im Beton ist normativ begrenzt. Nach DAfStb-Richtlinie für die Verwendung rezyklierter Gesteinskörnungen für die Herstellung von Beton [3] dürfen, in Abhängigkeit von Expositionsklasse und Typ der rezyklierten Gesteinskörnung, 25 bis 45 Vol.-% der groben natürlichen Gesteinskörnung im Beton durch rezyklierte Gesteinskörnung ersetzt werden (Tafeln 6 und 7, Bild 5). Die Verwendung rezyklierter Gesteinskörnung < 2 mm ist nach DAfStb-Richtlinie nicht vorgesehen.

Soll von dieser Regel abgewichen werden – die Herstellung von Beton mit bis zu 100 % rezyklierter Gesteinskörnung ist technisch prinzipiell möglich – müssen die Produkteigenschaften durch Gutachten nachgewiesen werden. Es dürfen nur rezyklierte Gesteinskörnungen verwendet werden, die keine umweltschädlichen Auswirkungen, insbesondere auf Boden und Grundwasser, haben. Der Nachweis kann durch Einhalten der Anforderungen von DIN 4226-101 [12] und DIN 4226-102 [13] geführt werden [4, Abschnitt 2.1.3]

Für Beton in nicht tragender oder aussteifender Funktion, bzw. in Anwendungen, für die das geltende Betonregelwerk nicht zwingend anzuwenden ist, sind abZ bzw. ZiE nicht erforderlich. Hier deklariert der Produkthersteller die Eigenschaften bzw. es liegt im Ermessen der Bauherrschaft, technische Nachweise zu fordern.

Hinweis: Für andere Bauteile, die nicht DIN EN 206-1 [8] entsprechen, wie z. B. Ausgleichsschichten unter Estrichen oder Verfüllbetone, können RC-Gesteinskörnungen ohne Berücksichtigung der DAfStb-Richtlinie [3] verwendet werden.



Bild: M. Brunner

Bild 4: RC-Gesteinskörnung Typ 2

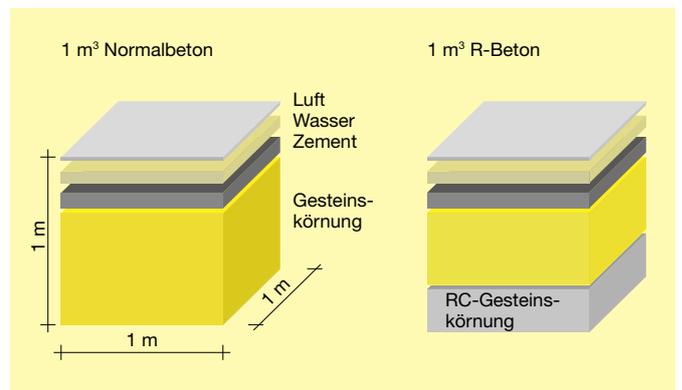


Bild 5: Qualitative Mengenverteilung von 1 m³ Normalbeton und 1 m³ R-Beton

Tafel 6: Zulässige Anteile rezyklierter Gesteinskörnungen > 2 mm in Abhängigkeit der Expositionsklasse und des Typs der rezyklierten Gesteinskörnung nach DAfStb-Richtlinie [3]

Anwendungsbereich		Kategorie der Gesteinskörnung	
Feuchtigkeitsklassen	Expositionsklassen nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2	Typ 1	Typ 2
WO (trocken)	Karbonatisierung XC1		
WF (feucht)	kein Korrosionsrisiko X0 Karbonatisierung XC1 bis XC4	≤ 45 Vol.-%	≤ 35 Vol.-%
	Frostangriff ohne Taumittelinwirkung XF1 und XF3 und in Beton mit hohem Wassereindringwiderstand	≤ 35 Vol.-%	≤ 25 Vol.-%
	chemischer Angriff (XA1)	≤ 25 Vol.-%	≤ 25 Vol.-%

Tafel 7: Maßnahmen hinsichtlich der Alkali-Kieselsäure-Reaktion [4]

Feuchtigkeitsklasse	Maßnahmen	
WO	keine weiteren Maßnahmen	
WF	Herkunft bekannt, ohne vorherigen Gebrauch	Einsatz aus Produktion Betonhersteller bis 5 M.-% ohne Einschränkung, ansonsten ungünstigste Alkaliempfindlichkeitsklasse der Ausgangsstoffe im Ausgangsbeton
	Herkunft unbekannt oder gebraucht	Norddeutschland E III-O – E III-OF außerhalb Norddeutschland E III-S oder Nachweis Alkaliempfindlichkeitsklasse E I-S
WA	Unbedenklichkeit durch Gutachten nachgewiesen	



Bild: M. Brunner

Bild 3: RC-Gesteinskörnung Typ 1

■ 6 Praktische Vorgehensweise

Es sollte eine Anfrage an die örtlichen Transportbetonwerke erfolgen, ob R-Beton angeboten wird bzw. ob regionale Aufbereitungskapazitäten für rezyklierte Gesteinskörnungen zur Verfügung stehen.

Für die Planung ist dann Abschnitt 5 dieses Merkblatts zu beachten. Bei vielen Bauteilen – definiert über die Expositionsklassen – kann problemlos R-Beton eingesetzt werden.

R-Beton kann in der Ausschreibung explizit benannt werden. Einige Bundesländer fordern für Baumaßnahmen der öffentlichen Hand eine Präferenzierung von Beton mit rezyklierter Gesteinskörnung.

Im Rahmen der Nachhaltigkeitszertifizierung der Betonhersteller durch des CSC-System (Concrete-Sustainable-Council) kann eine ergänzende Zertifizierung für R-Beton erfolgen. Diese Zertifizierung wird bei der Gebäudezertifizierung der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen DGNB in der Qualitätsstufe 2.2 (Einsatz von zertifizierten Sekundärrohstoffen) anerkannt [15].

Die Verarbeitung von R-Beton unterscheidet sich nicht von der Verarbeitung von Normalbeton.

■ 7 Üblicher Betoneinsatz auch mit R-Beton

Beton mit hohem Wassereindringwiderstand (WU-Beton)

Die Wasserundurchlässigkeit des Betons wird durch die Porosität des Zementsteins und damit durch den w/z-Wert bestimmt. Bei R-Beton gelten die gleichen Kriterien wie für Normalbeton. WU-Beton wird in der Richtlinie [3] explizit als Anwendungsbereich genannt.

Sichtbeton

Die Optik einer Sichtbetonfläche wird überwiegend von der eingesetzten Schalung, von der Dichtigkeit der Schalungsstöße und der Anordnung und dem Verschluss der Ankerlöcher bestimmt und ist damit zunächst unabhängig von der Betonart.

Die Oberfläche eines Betons hinsichtlich der Farbgebung wird durch die feinen Bestandteile der Betonzusammensetzung bestimmt. Das sind die Zementart, der Sand und ggf. die Betonzusatzstoffe oder Farbpigmente. Hier hat die rezyklierte Gesteinskörnung, die üblicherweise erst in den größeren Körnungen zugegeben wird, keinen Einfluss.

Hinsichtlich der Geschlossenheit der Betonoberfläche gilt, dass die Betonmischung gut verarbeitbar sein muss und der Rüttlereinsatz auf die Konsistenz abgestimmt werden muss. Das geht mit R-Beton genauso gut wie mit Normalbeton. Gegebenenfalls muss das höhere Wasseraufnahmeverhalten der rezyklierten Gesteinskörnung bei der Einstellung der Konsistenz berücksichtigt werden.

Wird hingegen die Betonoberfläche mechanisch bearbeitet, wie z. B. durch Strahlen, Stocken und anderes, wird die rezyklierte Gesteinskörnung sichtbar. Das Erscheinungsbild hängt dann auch von den Bestandteilen der Gesteinskörnung und damit vom Typ 1 oder Typ 2 der rezyklierten Gesteinskörnung ab. Das muss vorher durch entsprechende Erprobungsflächen ausprobiert werden. Sichtbeton ist mit R-Beton also absolut möglich.

R-Beton im Fertigteilwerk

Auch in Betonfertigteilwerken wird mit rezyklierten Gesteinskörnungen gearbeitet. Dabei wird Betonbruch aus der laufenden Produktion gesammelt und schubweise aufgearbeitet. Die Voraussetzungen im Betonfertigteilwerk sind sogar besonders günstig, da – wenn kein Material von außen zugeliefert wird – ausschließlich Betonbruch verarbeitet wird und sogar Mindestfestigkeiten des Betonbruchs bekannt sind. Dann kann relativ einfach nach DAfStb-Richtlinie [3] gearbeitet werden. Auch Betonwaren (z.B. Pflastersteine, Platten) werden mit rezyklierten Gesteinskörnungen angeboten.

■ 8 Ausgeführte Beispiele

Umweltbildungszentrum Mainz

Das Umweltbildungszentrum Mainz (UBZ) ist ein Schulungsgebäude der Entsorgungsbetriebe der Stadt Mainz. Darin können sich Kinder, Jugendliche und Erwachsene über viele Themen der Abfallentsorgung informieren. Weiterhin stehen Räumlichkeiten für Veranstaltungen und Vorträge zu den Themen Umwelt, Natur und nachhaltiges Bauen zur Verfügung.

Bei diesem Nutzungskonzept liegt es natürlich nahe, auch R-Beton einzusetzen. So wurden rund 650 m³ R-Beton der Festigkeitsklasse C25/30 mit etwa 360 t RC-Gesteinskörnung in dem Sieblinienbereich 2/8 eingebaut.

Zur besseren Recyclingfähigkeit wurden viele Flächen unverbaut belassen und Sichtbeton bis zur Sichtbetonklasse SB3 umgesetzt.



Bild 6: Eingangsbereich des UBZ mit Sichtbetonflächen aus R-Beton

Hundertreichs Waldspirale in Darmstadt

Die Waldspirale in Darmstadt ist zunächst ein Mehrfamilienhaus mit Tiefgarage. Dieses Gebäude ist durch den gestalterischen Einfluss des Künstlers Friedensreich Hundertwasser aber ein architektonisches Unikat. Die Fassade ist bunt bemalt und zeigt schwungvolle Linien. Die Dächer sind begrünt und begehbar. Die Fenster sind unregelmäßig angeordnet. Und um den ökologischen Grundgedanken Hundertwassers umzusetzen, wurde R-Beton eingesetzt. Die Waldspirale wurde im Jahr 2000 fertiggestellt. Also lange bevor die DAfStb-Richtlinie erschienen ist. Daher wurde die Umsetzung des R-Betons auch intensiv wissenschaftlich von der TU Darmstadt begleitet.

Die Tiefgarage wurde als Weiße Wanne ebenso wie weitere Bauteile mit R-Beton ausgeführt. Insgesamt wurden mehrere 1 000 m³ R-Beton eingesetzt.

Umweltstation der Stadt Würzburg

Der Neubau der Umweltstation der Stadt Würzburg dient als städtisches Informationszentrum zu den Themen Umwelt, Klima und Nachhaltigkeit sowie für die Abfall- und Umweltberatung. Betreiber der Einrichtung ist der Entsorgungsfachbetrieb der Stadt Würzburg, „Die Stadtreiniger“.

Bei dem Nutzungskonzept Nachhaltigkeit und Abfallvermeidung drängt sich der Einsatz von R-Beton förmlich auf. Eingesetzt wurden ca. 650 m³ R-Beton, dessen RC-Gesteinskörnung aus einer alten Autobahnbrücke aus der Region gewonnen wurde.

Dabei musste der R-Beton nicht nur über die ausreichenden statischen Eigenschaften, z. B. für die vorspringenden umlaufenden Dächer, verfügen. Zusätzlich wurden sowohl Deckenuntersichten als auch Wände in der Sichtbetonklasse SB3 ausgeführt.

Die neue Umweltstation setzt zukunftsweisende Zeichen in Sachen ökologisches und nachhaltiges Bauen: Erstmals wurde Recyclingbeton bei einem öffentlichen Gebäude in Bayern eingesetzt und beim Neubau wurde soweit irgend möglich auf die Verwendung von Verbundwerkstoffen verzichtet, so dass alle verwendeten Baustoffe rezyklierbar sind.

Rhoda-Erdmann-Haus in Berlin

Das Rhoda-Erdmann-Haus in Berlin ist ein Forschungs- und Laborgebäude der Humboldt-Universität Berlin. Genutzt wird das Gebäude durch das Institut für Biologie der Lebenswissenschaftlichen Fakultät. Rhoda Erdmann war Biologin, Zellforscherin und Mitbegründerin der experimentellen Zellbiologie in Deutschland.

Das besondere an diesem Neubau ist der Einsatz von R-Beton auch im Spezialtiefbau. In der Schlitzwand wurden ca. 1 700 m³ R-Beton der Festigkeitsklasse C25/30 mit den Expositionsklassen XA1 und XC4 eingebaut.

Im Gebäude selber wurden ca. 3 800 m³ R-Beton der Festigkeitsklasse C30/37 mit der Expositionsklasse XC3 eingebaut. Eröffnet wurde das Gebäude im Jahr 2016.

■ 9 Recyclinggerechtes Bauen

Beton ist ein sehr dauerhafter Baustoff. Eines der bekanntesten Beispiele dafür ist das vor rund 2 000 Jahren in Rom erbaute Pantheon. Da im Sinne der Kreislaufwirtschaft Wieder- bzw. Weiterverwendung vor Verwertung geht, sollte die Langlebigkeit von Beton gezielt eingesetzt werden, um lange Nutzungszyklen von Bauwerken zu ermöglichen.

Für eine möglichst lange Nutzbarkeit sollten Gebäude so geplant werden, dass sich Komponenten mit unterschiedlichen Lebenserwartungen unabhängig voneinander ändern oder erneuern lassen. Andernfalls bestimmen Elemente mit geringerer Lebenserwartung die lange Nutzbarkeit eines Gebäudes.

Eine mögliche Umnutzung sollte genauso Teil der Planung sein wie ein Rückbaukonzept.

Beton kann fast vollständig rezykliert und wiederverwendet werden. Wesentliche Voraussetzung dafür ist, dass sich der Beton gut von anderen Materialien trennen lässt.



Bild: Stefan Meyer

Bild 7: Umweltstation der Stadt Würzburg

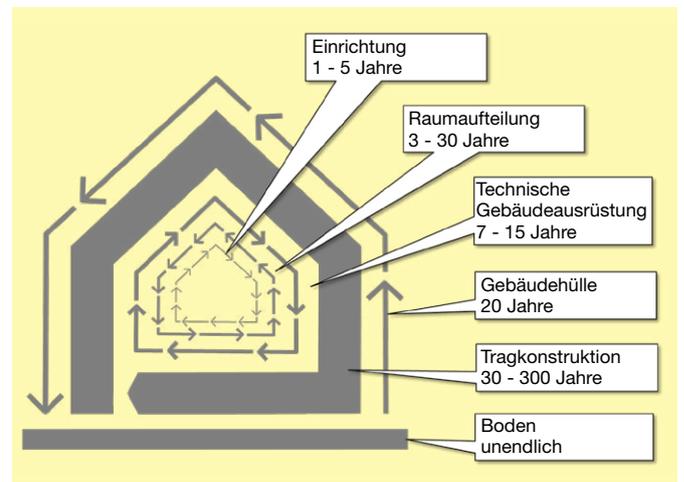


Bild 8: Modell der „Änderungsschichten“ eines Gebäudes [14]

Je weniger Fremdbestandteile die Betonzusammensetzung enthält, desto einfacher ist der Recyclingprozess bzw. desto hochwertiger ist die daraus hergestellte Gesteinskörnung. Dies gilt für organische Stoffe wie Bitumen, Kunststoff oder Holz, aber auch für anorganische Materialien wie Ziegel, Kalksandstein oder Porenbeton.

Besonders kritisch sind Störstoffe, die die Festigkeitsentwicklung von Beton beeinflussen. So beeinflusst Gips den Erstarungsbeginn von Beton und kann bei ungünstigen Bedingungen zu Sulfatreiben führen. Der Gehalt an löslichem Sulfat in rezyklierter Gesteinskörnung für Beton ist daher begrenzt. Wird der Grenzwert überschritten, kann die Gesteinskörnung nicht für die Herstellung von Beton verwendet werden und muss in alternativen Anwendungen eingesetzt werden. So sollten beispielsweise Gipsputze nicht auf Betonflächen verwendet werden.

„Materialmix“ oder Verklebungen sollten, wo möglich, vermieden werden. In dieser Hinsicht ist z. B. eine Weiße Wanne günstiger als eine mit dem Beton verklebte Abdichtung. Um die Logistik beim Rückbau zu vereinfachen, sollte unabhängig von der Trennbarkeit die Anzahl verbauter Materialien mit unterschiedlichen Verwertungswegen so klein wie möglich gehalten werden. Stahlbeton ist ein unproblematischer Verbundbaustoff. Durch die unterschiedlichen mechanischen Eigenschaften lassen sich Beton und Bewehrungsstahl relativ einfach voneinander trennen. Die Verwertbarkeit beider Stoffe wird dabei nicht beeinträchtigt. Allerdings steigt der Aufwand beim Rezyklieren mit zunehmendem Bewehrungsgrad. Durch zwangsvermeidende Bauweise, z. B. durch das Anordnen von Fugen, lässt sich der Bewehrungsgrad verringern, in einigen Fällen kann sogar völlig auf Bewehrung verzichtet werden.

Beispiele für unbewehrte Betonbauweisen:

- Einzel- und Streifenfundamente
Einzel- und Streifenfundamente können ohne Bewehrung ausgeführt werden, wenn sie annähernd zentrisch belastet werden und einige Nachweise erfüllen.
- Industrieböden und Flächenbefestigungen
Betonböden können mit planmäßiger Fugeneinteilung unbewehrt hergestellt werden. Die Bemessung infolge äußerer Belastung erfolgt im Zustand I (ungerissen) durch Ausnutzung der Biegezugfestigkeit der Betonplatte. In Abhängigkeit von der Reibung zwischen Betonplatte und Tragschicht und der Temperaturbeanspruchung werden Fugenabstände festgelegt und Fugen frühzeitig eingeschnitten (geregelt Rissbildung), so dass die Zugfestigkeit des Betons innerhalb eines Plattenfeldes nicht erreicht wird.
- Wände
In Anlehnung an Bemessungsregeln im Mauerwerksbau lassen sich nichttragende und tragende Wände in unbewehrter Bauweise ausführen. Beispiele hierfür sind Vorsatzschalen oder Stützwände aus Stampfbeton. Gegebenenfalls können im Wohnungsbau auch Kellerwände mit Beton der Festigkeitsklassen C20/25 und C25/30 unbewehrt geplant und ausgeführt werden (siehe auch BTB-Typenstatik, www.transportbeton.org/baustoff/projekte, Stand 14.09.2021 [16]).

■ 10 Häufig gestellte Fragen (FAQ)

Ist R-Beton überall verfügbar?

R-Beton und damit die rezyklierte Gesteinskörnung ist noch nicht flächendeckend in Deutschland verfügbar. Voraussetzung ist ein Betrieb, der Abbruchmaterial bzw. Bauschutt aufbereitet. Diese Aufbereitungsbetriebe sind überwiegend in Ballungszentren und damit in Regionen vertreten, in denen mehr Gebäude bestehen und irgendwann abgebrochen werden, und in denen auch mehr Nachfrage nach R-Beton besteht. Da die Nachfrage noch nicht so groß ist, haben auch nicht alle Transportbetonwerke R-Beton im Programm. Die Verfügbarkeit wächst kontinuierlich.

Was passiert bisher mit Betonabbruch bzw. Bauschutt?

Gebrochener Altbeton wird zurzeit überwiegend beim Bau von Trag- und Frostschutzschichten im Straßenbau eingesetzt.

Gibt es Besonderheiten bei der Verarbeitung von R-Beton?

Nein, da Beton mit RC-Gesteinskörnung im Transportbetonwerk so zusammengesetzt wird, dass auf der Baustelle bezüglich der Verarbeitbarkeit kein Unterschied besteht.

Kann man damit CO₂ sparen?

CO₂ lässt sich mit rezyklierter Gesteinskörnung dann sparen, wenn sich durch ihren Einsatz Transportwege deutlich verkürzen. Das ist vor allem dann der Fall, wenn Rückbaumaßnahme, Recyclinganlage und Betonwerk nahe beieinander liegen. Wichtig ist aber, dass Primärressourcen (Sand, Kies, Splitt) eingespart werden können.

Gelten für R-Beton spezielle Anforderungen hinsichtlich der Überwachung von Beton auf Baustellen?

Da Beton mit rezyklierter Gesteinskörnung für viele Expositionsklassen und bis einschließlich der Betonfestigkeitsklasse C30/37 uneingeschränkt eingesetzt werden kann, bestehen auch hinsichtlich der Eigen- und Fremdüberwachung keine zusätzlichen Anforderungen für R-Beton. Lediglich im Lieferverzeichnis und auf dem Lieferschein muss zur besseren Erkennung jeder Betonhersteller dies eindeutig kennzeichnen.

■ 11 Literatur

- [1] Merkblatt „Was ist Beton?“, Schriftenreihe der Zement- und Betonindustrie, Download auf www.beton.org
- [2] Zement-Merkblatt B9 – Expositionsclassen im Geltungsbereich des EC 2, Schriftenreihe der Zement- und Betonindustrie, Download auf www.beton.org
- [3] DAfStb-Richtlinie Beton nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 mit rezyklierten Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620, 2010-09, Beuth-Verlag Berlin
- [4] Erste Berichtigung zur DAfStb-Richtlinie Beton nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 mit rezyklierten Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620, 2019-09, Beuth Verlag Berlin
- [5] DIN EN 12620 Gesteinskörnungen für Beton, Beuth-Verlag Berlin
- [6] Statistisches Bundesamt: Abfallentsorgung-2017. Fachserie 19, Reihe 1 vom 25.06.2019
- [7] DIN EN 1992-1-1 (Eurocode 2) Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau, Beuth-Verlag Berlin
- [8] DIN EN 206 Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 1: Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität, Beuth-Verlag Berlin
- [9] DIN 1045-2 Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 2: Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität – Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1, Beuth-Verlag Berlin
- [10] DIN EN 13670 Ausführung von Tragwerken aus Beton, Beuth-Verlag Berlin
- [11] DIN 1045-3 Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 3: Bauausführung – Anwendungsregeln zu DIN EN 13670, Beuth-Verlag Berlin
- [12] DIN 4226-101 Rezyklierte Gesteinskörnungen für Beton nach DIN EN 12620 – Teil 101: Typen und geregelte gefährliche Substanzen, Beuth-Verlag Berlin
- [13] DIN 4226-102, Rezyklierte Gesteinskörnungen für Beton nach DIN EN 12620 – Teil 102: Typprüfung und Werks-eigene Produktionskontrolle, Beuth-Verlag Berlin
- [14] Brand S.: How Buildings Learn: What Happens After They're Built, Penguin Books, 1995
- [15] www.csc-zertifizierung.de/dgnb-erkennt-csc-r-modul-an, Stand 14.09.2021
- [16] www.transportbeton.org/baustoff/projekte, Stand 14.09.2021

Beratung und Information zu allen Fragen der Betonanwendung

Herausgeber

InformationsZentrum Beton GmbH, Toulouser Allee 71, 40476 Düsseldorf

www.beton.org

Kontakt und Beratung vor Ort

Büro Berlin, Kochstraße 6–7, 10969 Berlin, Tel.: 030 3087778-0, berlin@beton.org

Büro Hannover, Hannoversche Straße 21, 31319 Sehnde, Tel.: 05132 502099-0, hannover@beton.org

Büro Beckum, Neustraße 1, 59269 Beckum, Tel.: 02521 8730-0, beckum@beton.org

Büro Ostfildern, Gerhard-Koch-Straße 2+4, 73760 Ostfildern, Tel.: 0711 32732-200, ostfildern@beton.org

Verfasser

Dipl.-Ing. Michaela Biscopig, Dr.-Ing. Diethelm Bosold, InformationsZentrum Beton GmbH; Dipl.-Ing. Markus Brunner