



Verwendung von Beton mit rezyklierter Gesteinskörnung

Kreisläufe im Hochbau schließen

Produkte mit Recyclinganteil bestimmen unseren Alltag, so werden Glas, Papier, Metall und immer mehr Kunststoffe nach Gebrauch wieder zu Rohstoffen. Aber neuer Beton aus Altbeton – geht das?

Ja, in vielen Anwendungsbereichen kann heutzutage auch Beton mit rezyklierter Gesteinskörnung verwendet werden. Dieses Infoblatt bietet Architektur- und Planungsbüros, Bau- und Abbruchunternehmen sowie Recyclingunternehmen eine kompakte Information zu ressourcenschonendem Beton - zu den Vorgaben und Normen ebenso wie zu den Umweltauswirkungen der Betonherstellung.

Private und öffentliche Bauträgerinnen und -träger möchten wir anregen, vermehrt nachhaltige Produkte beim Hochbau zu verwenden. Dazu stellen wir Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes von ressourcenschonendem Beton vor. Die öffentliche Hand kann durch entsprechende Ausschreibungen ihrer Vorbildfunktion nachkommen und aktiv die Ziele des EU-Greendeals zum Klima- und Ressourcenschutz und der Kreislaufwirtschaft unterstützen.

Bedeutung des Bausektors für den Ressourcenschutz

In Deutschland werden pro Jahr mehr als 550 Millionen Tonnen natürliche Ressourcen wie Sand, Kies und Naturstein im Bausektor verbraucht. Die damit verbundenen Landschaftseingriffe sind immens. Gleichzeitig machen mineralische Bauabfälle mit mehr als 220 Millionen Tonnen jährlich den größten Abfallstrom in Deutschland aus. In NRW werden aktuell circa zehn Millionen Tonnen Bauschutt pro Jahr in mobilen und stationären Bauschuttrecyclinganlagen aufbereitet und überwiegend im Straßenbau und begleitendem Erdbau wiederverwendet. Das entspricht einer Recyclingquote von circa 90 Prozent.

Es ist zu erwarten, dass zukünftig durch vermehrtes „Bauen im Bestand“, zum Beispiel Erneuerung bereits vorhandener Straßentrassen, der Bedarf an ungebundenen rezyklierten Gesteinskörnungen im Tiefbau stagnieren wird, während im Hochbau die Rohstoffversorgung bei der Betonherstellung zunehmend schwieriger wird.

Für die Herstellung von Beton werden große Mengen Kies, Sand und Zement benötigt, was einen hohen Verbrauch an natürlichen Ressourcen bedeutet. Zusätzlich werden pro Kubikmeter Beton etwa 280 Kilogramm CO₂ freigesetzt, wovon der überwiegende Teil auf die Zementklinkerproduktion entfällt. Das Erreichen der gesetzten Klimaziele erfordert auch ein Umdenken im Bausektor.

Nachhaltigkeit als Zuschlagskriterium

Nachhaltiges Bauen ist ein wichtiges Element der zirkulären Wertschöpfungskette. Insbesondere öffentliche Auftraggeberinnen und Auftraggeber sollten ihrer Vorbildfunktion dadurch nachkommen, dass bei Ausschreibungen und Vergaben von Bauleistungen Recyclingbaustoffe bevorzugt berücksichtigt werden. Nur durch die regelmäßige Nachfrage wird das Angebot nachhaltiger Produkte langfristig erweitert.

Auch in der modernen Architektur ist der Einsatz von Beton mit rezyklierter Gesteinskörnung attraktiv: Gerade bei Sichtbeton kann der farbige Mauerwerksbruch interessante optische Akzente setzen.



Beton mit rezyklierter Gesteinskörnung, angeschliffen

Beton mit natürlicher Gesteinskörnung



Beton mit rezyklierter Gesteinskörnung



Bei Beton mit rezyklierter Gesteinskörnung können bis zu 45 Volumenprozent der natürlichen Gesteinskörnung ersetzt werden

Ressourcenschonung

Bei der Herstellung von einem Kubikmeter Beton werden circa 1.800 Kilogramm Gesteinskörnung (Kies, Splitt, Sand) verbraucht. Abhängig von der Betonrezeptur können zwischen 450 und 810 Kilogramm natürliches Gestein wie Kies oder Splitt durch Rezyklat ersetzt werden. Das entspricht bezogen auf die Gesteinskörnung einer Substitution von bis zu 45 Volumenprozent

R-Beton: ressourcenschonender Beton

Der Begriff R-Beton steht für ressourcenschonenden Beton, der unter Verwendung von rezyklierter Gesteinskörnung hergestellt wurde. Damit ist es möglich, rückgebauten Beton nach einer Aufbereitung anteilig als Bestandteil eines normgerechten Betons im Hochbau wieder zu verwenden. Neben Betonbruch sind zum Beispiel auch bestimmte Mauersteine für die Herstellung rezyklierter Gesteinskörnungen geeignet.

CO₂-Fußabdruck

Beton hat eine negative Klima-Bilanz. Hauptursache ist die verfahrensbedingte CO₂-Freisetzung bei der Herstellung des Bindemittels Zement. Die deutsche Zementindustrie steht vor großen Herausforderungen, durch neue Verfahren die hohe CO₂-Last zu vermindern.

Durch die gezielte Auswahl bestimmter Zementarten lässt sich die CO₂-Bilanz für Beton ebenfalls verbessern. Bei Zementarten wie zum Beispiel Kalksteinzement, Kompositzement oder Hochofenzement werden Teile des Zementklinkers durch Kalkstein oder definierte industrielle Nebenprodukte wie Hüttensand und Flugasche substituiert. Die Verwendung von Recycling-Brechsand als Zementrohstoff oder als Substitut der Sandfraktion bei der Betonherstellung ist Gegenstand aktueller Forschung.

Der CO₂-Fußabdruck von Beton kann durch die Verwendung von rezyklierter Gesteinskörnung nur geringfügig verbessert werden. Positiv wirken sich dabei geringere Transportentfernungen regionaler Lieferketten aus. So konnte bei einem Pilotvorhaben in Berlin eine Ersparnis von einem Kilogramm CO₂ pro Kubikmeter Beton erzielt werden. Der Zementverbrauch bei der Herstellung von Beton mit rezyklierter Gesteinskörnung entspricht annähernd dem von Normalbeton-Rezepturen.

Getrennt erfassen – bereits auf der Baustelle

Die sortenreine Erfassung einzelner Fraktionen von Bau- und Abbruchabfällen schon an der Anfallstelle ist die Basis für hochwertiges Recycling. Der selektive Rückbau sichert die bestmögliche Trennung von Abfällen und erhöht die Qualität der recyclingfähigen Baurestmassen.

Die Gewerbeabfallverordnung schreibt für Erzeuger von Bau- und Abbruchabfällen unter anderem die getrennte Erfassung von Beton (AVV 17 01 01) und Ziegelmaterial (AVV 17 01 02) vor. Für die Herstellung rezyklierter Gesteinskörnungen ist es darüber hinaus sinnvoll, Kalksandstein und weitere Mauerwerksmassen getrennt zu erfassen. Bei großen Baumaßnahmen sollte daher die Separierung recyclingfähiger Fraktionen bereits vorab in einem Entsorgungskonzept geplant werden. Die sortenreinen Fraktionen lassen sich in Recyclinganlagen zu qualitätsgesicherten und güteüberwachten rezyklierten Gesteinskörnungen aufbereiten. Dies erfolgt im Wesentlichen durch Brechen und Sieben. Weitere Aufbereitungsschritte zur Qualitätsverbesserung wie zum Beispiel Handsortierung, Windsichtung oder Nassaufbereitung können in den Prozess integriert sein.

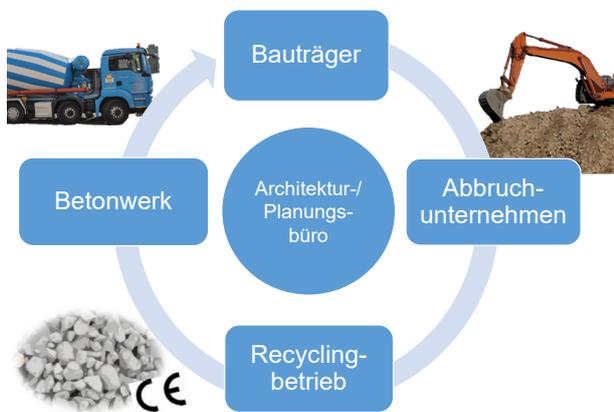


Selektiver Rückbau ist die Basis für hochwertiges Recycling

Regionale Baustoffkreisläufe schließen

Durch die regionale Zusammenarbeit von Bau- und Abbruchunternehmen, Recyclingbetrieben, Architektur- und Planungsbüros, Transportbetonwerken und Bauträgern kann der Baustoff-Kreislauf geschlossen werden. Vorteile ergeben sich durch kurze Transportentfernungen und eine Qualitätssicherung über die gesamte Wertschöpfungskette. Solche Kooperationen lassen sich besonders gut in städtisch geprägten Regionen und Ballungsräumen realisieren.

Mit Etablierung funktionierender Lieferketten werden sich auch wirtschaftliche Vorteile bei der Verwendung von R-Beton als Alternative zum konventionell hergestellten Beton erzielen lassen.



Kreisläufe durch regionale Lieferketten schließen

Sind R-Beton und konventionell hergestellter Beton gleichwertig?

Verschiedene DIN-Normen und Richtlinien regeln die Verwendung rezyklierter Gesteinskörnungen im Beton. Diese Regelungen werden vom DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau) und dem Deutschen Ausschuss für Stahlbeton e. V. (DAfStb) unter Berücksichtigung neuer Erkenntnisse bei Bedarf erweitert oder angepasst. Für rezyklierte Gesteinskörnungen mit einer Kornrohichte von 1.500 bis 2.000 Kilogramm pro Kubikmeter gilt die DIN EN 12620:2008-07 in Verbindung mit DIN 4226-101 und DIN 4226-102 (siehe auch Tabelle unten).

Normgerechter Beton mit rezyklierter Gesteinskörnung darf bis zur Druckfestigkeitsklasse C 30/37 in allen Bauteilen und Tragwerken eingesetzt werden, nicht jedoch als Hochleistungsbeton oder Spannbeton. Eine Anpassung der statischen Auslegung ist nicht erforderlich. Die Expositionsklassen der jeweiligen Anwendung sind stets zu berücksichtigen. Fertigbauteile lassen sich ebenfalls aus R-Beton herstellen. Dies ist für Recyclingbetriebe besonders interessant, da so ein zusätzlicher Absatz der Rezyklate gewährleistet werden kann.

Relevante Normen für die Herstellung von Beton mit rezyklierter Gesteinskörnung (Stand 08/2021)

Anforderungen	Normen
Anforderungen an R-Beton	<ul style="list-style-type: none"> ■ DIN EN 206:2021-06 Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität ■ DIN 1045-2:2008-08 Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 2: Beton- Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität
Anforderungen an rezyklierte Gesteinskörnungen	<ul style="list-style-type: none"> ■ DIN EN 12620:2008-07 (Gesteinskörnungen für Beton) ■ DIN 4226-101:2017-08 (Typen und geregelte gefährliche Substanzen) ■ DIN 4226-102:2017-08 (Typprüfung und werkseigene Produktionskontrolle) ■ DAfStb Alkali-Richtlinie:2013-10 „Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkalireaktion im Beton“
Verwendung rezyklierter Gesteinskörnung in Beton	<ul style="list-style-type: none"> ■ DAfStB-Richtlinie „Beton nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 mit rezyklierten Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620“ (Ausgabe 2010-09)
Kennzeichnung und Vermarktung	<ul style="list-style-type: none"> ■ Konformitätsnachweis gem. DIN EN 12620 und EU-BauPVO ■ CE-Kennzeichnung und Leistungserklärung

Gesteinskörnungen: Zwei Typen für normgerechten Beton

In DIN 4226-101 werden rezyklierte Gesteinskörnungen größer als zwei Millimeter entsprechend ihrer stofflichen Zusammensetzung in vier Typen eingeteilt, davon sind die Typen 1 (Beton Splitt) und 2 (Bauwerksplitt) für normgerechten Beton zugelassen.

Typ 1 besteht überwiegend aus gebrochenem Beton, während Typ 2 auch Mauerwerksbruch, also zum Beispiel Ziegel oder Kalksandstein, bis zu einem Anteil von 30 Prozent enthalten darf. Die Umweltverträglichkeit wird durch die ebenfalls in DIN 4226-101 geregelten Höchstwerte für organische und anorganische Parameter gewährleistet.



Gesteinskörnung Typ 2

Zusammensetzung der rezyklierten Gesteinskörnung Typ 1 und Typ 2 (gemäß DIN 4226-101)

Bestandteile	Abkürzung	Gesteinskörnung Typ 1	Gesteinskörnung Typ 2
Rc: Beton, Betonprodukte, Mörtel, Mauersteine aus Beton Ru: ungebundene Gesteinskörnung, Naturstein, hydraulisch gebundene Gesteinskörnung	Rc + Ru	≥ 90 M.-%	≥ 70 M.-%
Rb: Mauersteine und Ziegel (nicht porosiert), Klinker, Steinzeug, Kalksandsteine, Mauer- und Dachziegel, Bimsbeton, nicht schwimmender Porenbeton	Rb	≤ 10 M.-%	≤ 30 M.-%
Ra: bitumenhaltige Materialien	Ra	≤ 1 M.-%	≤ 1 M.-%
Rg: Glas	X + Rg	≤ 1 M.-%	≤ 2 M.-%
X: sonstige Materialien (z.B. Ton und Boden, Metalle, nicht schwimmendes Holz, Kunststoff, Gummi, Gips)			
FL: schwimmendes Material im Volumen	FL	≤ 2 Vol.-%	≤ 2 Vol.-%

Rezyklierte Gesteinskörnungen für Beton: Produktstandards gemäß EU-Bauproduktenverordnung

Die EU-Bauproduktenverordnung (EU-BauPVO) regelt die Bedingungen für das Inverkehrbringen und die Bereitstellung von harmonisierten Bauprodukten auf dem Markt und legt die Anforderungen an die Leistungserklärung und die CE-Kennzeichnung fest. Die Herstellung einer regelgerechten rezyklierten Gesteinskörnung nach der harmonisierten Produktnorm DIN EN 12620 setzt die Typprüfung und eine kontinuierliche werkseigene Produktionskontrolle voraus. Damit kann der Her-

steller die Einhaltung der bautechnischen Anforderungen und die Umweltverträglichkeit entsprechend den deutschen Anwendungsregelwerken nachweisen.

Die CE-Konformität des Produkts wird nach dem System 2+ nachgewiesen. Dabei findet eine Erstinspektion des Lieferwerks und die laufende Überwachung, Beurteilung und Anerkennung der werkseigenen Produktionskontrolle durch eine Überwachungsstelle statt. Die Eigenschaften der Rezyklate werden in der gemäß EU-Bauproduktenverordnung erforderlichen Leistungserklärung zusammengefasst.

Betonhersteller, die rezyklierte Gesteinskörnung für Fraktionen größer als zwei Millimeter verwenden, dokumentieren dies im Lieferverzeichnis und auf dem Lieferschein mit dem Zusatz: „Verwendung von rezyklierte Gesteinskörnung nach EN 12620; keine Verwendung für Spannbeton“.

Die Sandfraktion kleiner als zwei Millimeter darf bisher nicht durch rezyklierte Gesteinskörnungen ersetzt werden. Nach abgeschlossener Überarbeitung der DIN 1045-2 wird die Verwendung von Brechsand gemäß Typ 1 zukünftig anteilig zulässig sein. Typische Lieferkörnungen rezyklierter Gesteinskörnungen für die Betonherstellung sind zum Beispiel 4/22, 8/16 oder 2/16 (Angaben in Millimeter).

R-Beton: Berücksichtigung der Expositionsklassen

Die Anwendungsbereiche von Beton werden nach Expositionsklassen unterschieden. Es gibt trockene Einbauweisen (WO) und feuchte Einbauweisen, bei denen Kontakt zu Wasser zu erwarten ist (WF). Bei den feuchten Einbauweisen wird zudem unterschieden, ob weitere Einwirkungen auf den Beton durch Korrosion, Frost, Taumittel, chemische oder mechanische Einflüsse zu erwarten sind.

DIN 1045 regelt sieben Expositionsklassen, die jeweils mit einem „X“ und einem zusätzlichen Buchstaben für die Angriffsart gekennzeichnet werden. Zusätzlich sind Gesteinskörnungen in Alkaliempfindlichkeitsklassen einzustufen. Regelungen dazu finden sich in der „Alkali-Richtlinie“ des DAfStb. Die Expositionsklassen werden in bis zu vier Intensitätsstufen unterteilt.

Die natürliche Gesteinskörnung im Beton darf bei Anwendung von Typ 1 zu maximal 45 Prozent ersetzt werden, der Anteil von Bauwerksplitt (Typ 2) darf maximal 35 Prozent betragen.

R-Beton: Zulässige Einbauweisen im Bauwerk

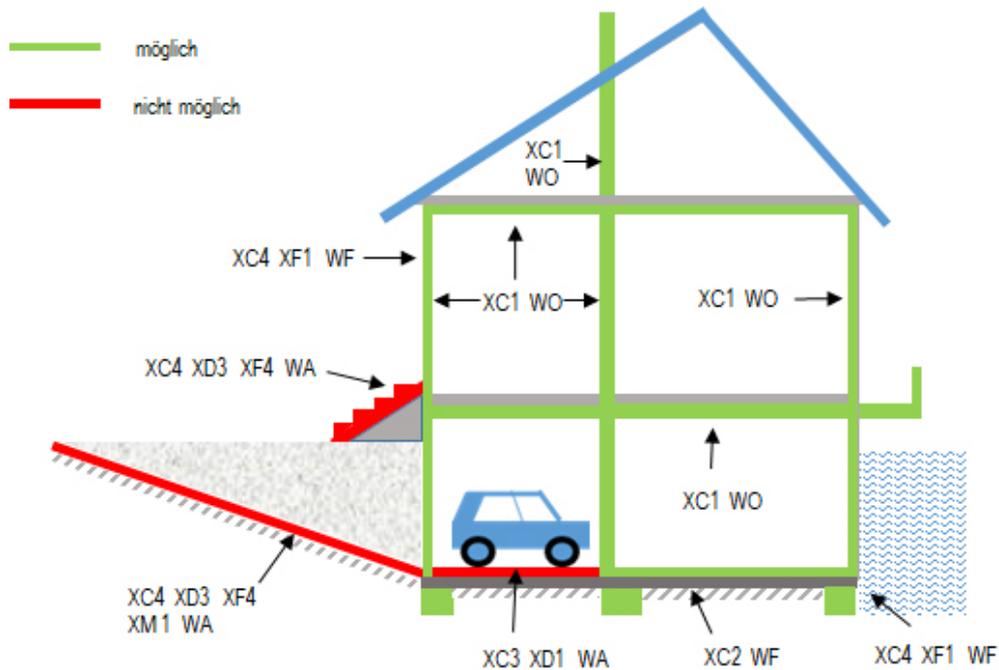
Die zulässigen Einbauweisen sind abhängig von den Einflüssen auf das Betonbauwerk oder -bauteil und ergeben sich aus den Expositionsklassen.

So sind zum Beispiel beim Bau eines Wohngebäudes vielfältige Anwendungen von R-Beton möglich, da eine chemische oder mechanische Beanspruchung nur bei wenigen Bauteilen relevant ist. Auch in industriellen Anwendungen sowie Ingenieurbauwerken ist der Einsatz von ressourcenschonendem Beton in vielen Bauteilen zulässig.

Zulässige Anteile rezyklierter Gesteinskörnungen > 2 mm bezogen auf die gesamte Gesteinskörnung (Volumenprozent) gemäß DAfStb-Richtlinie

Anwendungsbereich		Gesteinskörnung Typ 1	Gesteinskörnung Typ 2
Alkalirichtlinie	DIN EN 206-1 UND DIN 1045-2		
WO (trocken)	Carbonatisierung XC 1	≤ 45 Vol.-%	≤ 35 Vol.-%
WF (feucht)	kein Korrosionsrisiko X 0 Carbonatisierung XC 1 – XC 4		
	Frost ohne Taumittelwirkung XF1 ¹⁾ und XF3 ¹⁾ und in Beton mit hohem Wassereindringwiderstand	≤ 35 Vol.-%	≤ 25 Vol.-%
	chemischer Angriff XA 1	≤ 25 Vol.-%	≤ 25 Vol.-%

1) zusätzliche Anforderungen bzgl. Nachweis der unbedenklichen Alkaliempfindlichkeitsklasse



Einfamilienhaus: Möglichkeiten für die Verwendung von Beton mit rezyklierter Gesteinskörnung (in Anlehnung an Zement-Merkblatt Betontechnik B 9 1.2018, modifiziert)

Best-Practice-Beispiele NRW

Weitere Informationen zum nachhaltigen Bauen unter Anwendung von Beton mit rezyklierter Gesteinskörnung in NRW finden Sie zum Beispiel hier:

- Faktor-X-Siedlung Inden
<https://www.indeland.de/bewegen/faktor-x>
- ReNeReB – Regionales Netzwerk Ressourceneffizientes Bauen
<https://www.renereb.de/best-practices>
- Zukunftsagentur Rheinisches Revier
<https://www.rheinisches-revier.de/>

Informationen über Lieferwerke

Ein Verzeichnis regionaler Lieferwerke, über die Beton mit rezyklierter Gesteinskörnung beziehungsweise RC-Gesteinskörnung bezogen werden kann, finden Sie hier:

- Unternehmensliste
<https://www.vero-baustoffe.de/service/mitgliedsunternehmen/unternehmensliste>
- Regionale Ressourcenwende in der Bauwirtschaft (ReBAU)
<https://rebau.info/>

Musterausschreibungstext

In Ausschreibungen kann die Verwendung von Beton mit rezyklierter Gesteinskörnung zum Beispiel wie folgt formuliert werden:

Gewerk „...“Betonarbeiten
90 m³ Ortbeton Deckenplatte, Dicke 25 cm, aus bewehrtem Beton mit rezyklierter Gesteinskörnung (Recycling-Beton), Festigkeitsklasse C30/37 nach DIN EN 206-1, DIN 1045-2 hergestellt aus Gesteinskörnung Kategorie Typ 1 entspr. DIN 4226-101, Tabelle 1 inkl. Bewertung der Inhaltsstoffe rezyklierter Gesteinskörnungen, Tabelle 2 (Nachweis Umweltverträglichkeit), Expositionsklasse XC1, Feuchtigkeitsklasse WO.