

# RC-Beton im Baubereich

Informationen für  
Bauherren, Planer und Unternehmen



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND VERKEHR



# RC-Beton im Baubereich

Informationen für  
Bauherren, Planer und Unternehmen



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND VERKEHR

## INHALT

<i>Kapitel</i>	<i>Seite</i>
<b>1 RC-BETON – NACHHALTIGKEIT UND RESSOURCENSCHUTZ IM HOCHBAU</b>	<b>5</b>
<b>2 RC-BETON GEWINNT IMMER MEHR AN BEDEUTUNG</b>	<b>7</b>
<b>3 IMPULSE FÜR DEN RC-BETON</b>	<b>9</b>
<b>4 LEITFADEN FÜR DIE VERWENDUNG VON RC-BETON</b>	<b>13</b>
<b>5 RC-BETON KANN SICH BEHAUPTEN</b>	<b>19</b>
<b>6 AUSBLICK</b>	<b>24</b>
<i>GLOSSAR</i>	<i>26</i>

## IMPRESSUM

Herausgeber: Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr Baden-Württemberg

Redaktion: • Rolf Wizgall  
Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr Baden-Württemberg  
Referat Siedlungsabfallwirtschaft  
• Florian Knappe  
ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH

Gestaltung: ID-Kommunikation, Mannheim

Bildquellen: Bau- und Wohnungsverein Stuttgart (BWV)  
SAD Sonderabfalldéponiegesellschaft Baden-Württemberg mbH  
Stadt Stuttgart, Tiefbauamt  
Stadtsiedlung Heilbronn GmbH

alle Rechte vorbehalten

Stand: März 2011

# RC-Beton - Nachhaltigkeit und Ressourcenschutz im Hochbau

1

RC-Beton ist ein innovativer und zugelassener Baustoff, der zum Ressourcenschutz beiträgt. Mit der Verwendung von sekundären Rohstoffen werden primäre Rohstoffquellen geschont und Eingriffe in den Natur- und Landschaftshaushalt vermieden. Während sich Lagerstätten von primären Rohstoffen meist außerhalb der Kernstädte befinden, können sekundäre Rohstoffe aus Altgebäudebeständen gewonnen werden, die sich tendenziell in kurzer Distanz zum Baugeschehen und damit zur Baustoff- und Rohstoffnachfrage befinden. Neben Kostenvorteilen lassen sich so auch Belastungen aus dem Schwerlastverkehr vermeiden – mit allen positiven Auswirkungen auf Umwelt und Gesundheit.

Bei der Herstellung von Baustählen oder von Fensterprofilen und Kunststoffrohren für die Bauwirtschaft werden bereits seit vielen Jahren sekundäre Rohstoffe verwendet. Dies ist bei mineralischen Baustoffen im Hochbau bisher nur in wenigen Ausnahmefällen üblich. Auch für diese Baustoffe sollte es das Ziel sein, Kreisläufe möglichst zu schließen. Es muss uns gelingen, Altstoffe so aufzubereiten, dass sie möglichst hochwertig, im großen Umfang und entsprechend ihren spezifischen Eigenschaften in den Wirtschaftskreislauf zurückgeführt werden können. Abfälle und Altstoffe müssen auch im Baubereich als wichtige Ressourcen verstanden werden.

Die Zusammensetzung von Beton ist im Prinzip einfach. Jede Beton-Rezeptur besteht aus einem Gemisch aus Sand, Steinen, Zement als Bindemittel und Wasser. Darüber hinaus werden in der Regel

noch in kleinen Mengen Hilfsmittel zugegeben, die die Verarbeitbarkeit des Betons positiv beeinflussen. Die genauere Zusammensetzung der Rezepturen richtet sich nach den Vorgaben der Bauwerkskonstruktionen und den erwarteten äußeren Einflüssen wie z.B. der Witterung.



Auch RC-Beton kann in unterschiedlichen Rezepturen hergestellt werden. Wesentlich ist, dass ein Teil der mineralischen Zuschlagsstoffe aus sekundären Rohstoffquellen wie der Aufbereitung von Altbetonen bezogen wird.

Bei der Aufbereitung der Altbetone wird das Material gebrochen und der Zementstein weitgehend abgeschlagen. Der herausgearbeitete Kies oder Splitt kann erneut als Gesteinskörnung für die Betonproduktion eingesetzt werden.



Alle anderen Rezepturbestandteile werden in den gleichen Mengenanteilen verwendet wie bei konventionellem Beton. Dies ist besonders bei den eingesetzten Zementen wichtig, die die ökonomischen und ökologischen Kosten maßgeblich beeinflussen. Die Zementherstellung ist aufwändig und mit hohen Umweltbelastungen verbunden. Daher wird der Zementanteil in den Rezepturen möglichst gering gehalten und darf sich auch durch die Verwendung von RC-Gesteinskörnungen nicht erhöhen.

Bislang erfolgt der Umgang mit mineralischen Bauabfällen vermehrt unter dem Gesichtspunkt der Entsorgung: Ein erheblicher Anteil des Bauschutts wird ohne weitere Aufbereitung verwertet bzw. entsorgt. Nach den Zahlen des Kreislaufwirtschaftsträ-

gers Bau wurden im Jahr 2006 nur knapp 65 Prozent der Bauschuttmassen über eine Aufbereitung zu definierten Baustoffen verarbeitet. Die so erzeugten Produkte werden jedoch oft bei Maßnahmen verwendet, die den tatsächlich möglichen höherwertigeren Nutzungspotenzialen nicht entsprechen.

Das Projekt „Abfall als Ressource“ der Nachhaltigkeitsstrategie Baden-Württemberg beschäftigte sich daher mit Fragestellungen, wie die Nutzung von Recyclingbaustoffen weiter optimiert werden kann. Eine zentrale Empfehlung lautete, qualifizierte Recyclingbaustoffe zukünftig verstärkt auch im Hochbau einzusetzen. Die Herstellung und Verwendung von RC-Beton steht dabei im Vordergrund.



# RC-Beton gewinnt immer mehr an Bedeutung

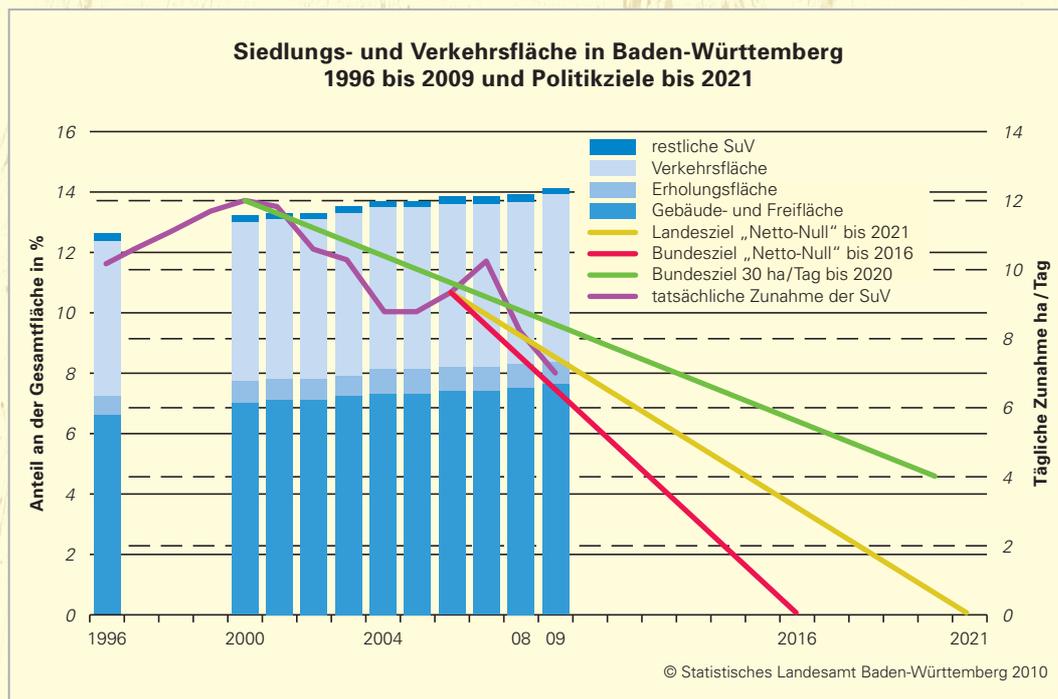
## VERLAGERUNG DER BAUTÄTIGKEIT

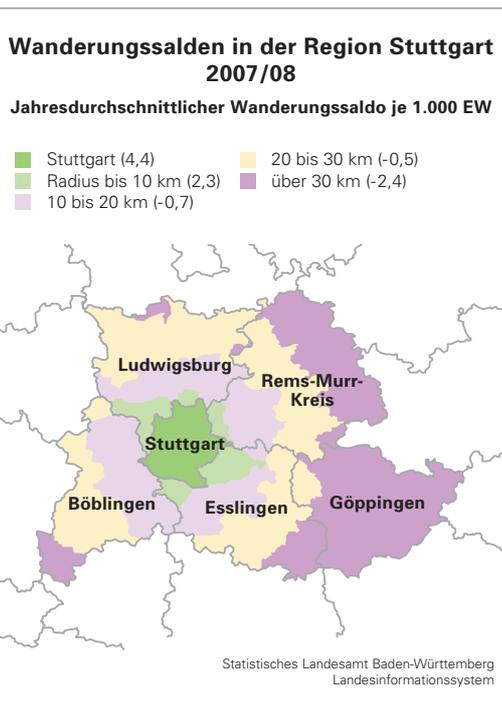
Unsere Gesellschaft befindet sich in einer für Industriegesellschaften typischen Übergangsphase. Während die Bevölkerungszahl in der Vergangenheit stetig anstieg, pendelt sie sich in Zukunft bei einer relativ stabilen Größe ein. In dieser Phase des Übergangs ist der Anteil an älteren Menschen für einige Jahrzehnte überproportional groß, die Gesamtbevölkerungszahl jedoch leicht rückläufig.

Eine Bevölkerungszunahme zeigte sich in den letzten Jahren nur noch in den Ballungsräumen wirtschaftlich starker Regionen, und hier bevorzugt in den Innenstädten. Dieser Trend ist die Folge einer seit Jahren andauernden Landflucht. Untersuchungen

des Statistischen Landesamtes zeigen am Beispiel Stuttgart: In den Innenstädten wachsen die Einwohnerzahlen deutlich, und zwar zu Lasten der etwa 30 Kilometer und mehr vom Stadtkern entfernt liegenden Randkommunen.

Um dieser Entwicklung und den geänderten Ansprüchen an Zuschnitt und Ausstattung der Wohnungen gerecht zu werden, gilt es, den Altbestand an Gebäuden entweder grundlegend zu sanieren oder durch Neubauten zu ersetzen. Die Bautätigkeit wird sich immer mehr von neu ausgewiesenen, außerhalb gelegenen Baugebieten zu den attraktiven Innenstadtlagen mit Geschosswohnungsbau bzw. Stadtvillen verlagern.





Unabhängig davon wird auch der zunehmende Erneuerungsbedarf baufälliger Gebäude zu einem Anwachsen des Bauschutttaufkommens führen. Seit den 50er Jahren des letzten Jahrhunderts haben alle Kommunen eine sprunghafte Siedlungsentwicklung erlebt. Zahlreiche neue Wohngebiete und Stadtteile wurden erschlossen und bebaut. Der Baukörper hat sich seit dieser Zeit vervielfacht. Inzwischen nagt jedoch unüberschbar der Zahn der Zeit sowohl an der Verkehrsinfrastruktur als auch am Gebäudebestand aus der Nachkriegszeit. Eine grundlegende Baukörpersanierung wird immer dringlicher.

## NEUE CHANCEN FÜR RC-BAUSTOFFE

Dies hat Auswirkungen auf die Baustoffnachfrage und die Einsatzmöglichkeiten von RC-Baustoffen.

Bei bestenfalls stagnierenden Bevölkerungszahlen wird die Baustoffnachfrage insgesamt in den kommenden Jahren eher rückläufig sein und sich in die Ballungsräume verschieben. Die Verlagerung der Bautätigkeit in die Bestandsentwicklung und -sanierung führt zugleich zu einem Anstieg der mineralischen Abfallmassen.

Erhöhtes Bauschutttaufkommen und verbleibender höherer Bauschuttbedarf treffen in den Innenstädten zusammen – beste Voraussetzungen für eine hochwertige Kreislaufwirtschaft und für den Einsatz von ressourcenschonendem RC-Beton.

Trotz der günstigen Rahmenbedingungen ist die Einführung eines neuen Baustoffs wie RC-Beton auf Impulse angewiesen.

# Impulse für den RC-Beton

3

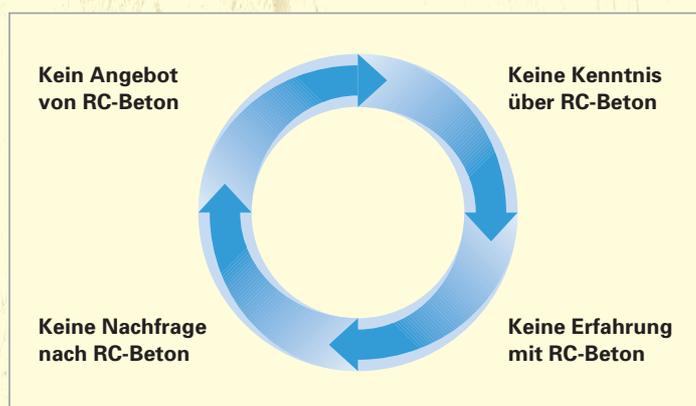
Der Einsatz von RC-Beton ist in Deutschland bisher nahezu unbekannt, obwohl RC-Beton über die Bauregelliste ein eingeführter Baustoff ist (Richtlinie des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton<sup>1</sup>). Außer bei Forschungsprojekten (z.B. Waldspirale Darmstadt) in den 90er Jahren wurden keine weiteren Bauwerke mit RC-Beton errichtet.

Im Gegensatz dazu liegen in der Schweiz, wo auf Grundlage der in Deutschland eingeführten Norm RC-Beton sehr erfolgreich auf dem Markt etabliert werden konnte, viele positive Erfahrungen vor. In der Schweiz wurden bedeutende Gebäude mit RC-Beton errichtet.

Warum wird RC-Beton als ressourcenschonende Baustoffalternative bisher nicht auf dem deutschen Markt angeboten?

Ist ein Baustoff auf dem Markt und im Rahmen der Ausbildung von Architekten und Bauingenieuren nicht bekannt, kann sich auf Seiten der Bauherren und der Planungsbüros auch keine Nachfrage entwickeln. Ohne Nachfrage sehen Baustofflieferanten jedoch keinen Anreiz, RC-Beton in ihr Angebot aufzunehmen.

Die Beispiele in der Schweiz zeigen, dass RC-Beton über eine entsprechende Nachfrage erfolgreich in den Markt eingeführt werden kann. Die Stadt Zürich



hat mit einem Beschluss festgelegt, bei eigenen Baumaßnahmen gezielt RC-Beton auszuschreiben und möglichst umfassend einzusetzen. Seitdem wurden zahlreiche öffentliche Schulen, Sporthallen, Kindergärten, Gebäude des sozialen Wohnungsbaus sowie Verwaltungsgebäude mit RC-Beton errichtet. Der Einsatz von RC-Beton hat sich über Zürich hinaus in der gesamten Schweiz etabliert.

Das Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr Baden-Württemberg hat jetzt die Initiative ergriffen, den Baustoff RC-Beton publik zu machen und setzt sich intensiv für die Verwendung von RC-Beton ein. Es wurden Partner für konkrete Bauvorhaben in verschiedenen Regionen Baden-Württembergs gefunden und entsprechende Bauvorhaben initiiert. Die Projekte wurden vom IFEU-Institut wissenschaftlich begleitet und der Öffentlichkeit vorgestellt.



1) Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, DAfStb-Richtlinie: Beton nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 mit rezyklierten Gesteinskörnungen nach DIN 4226-100, Ausgabe Dezember 2004

**VERWALTUNGSGEBÄUDE DER SAD  
SONDERABFALLDEPONIEGESELLSCHAFT  
BADEN-WÜRTTEMBERG MBH IN MALSCH**

In Malsch bei Heidelberg (Rhein-Neckar-Kreis) errichtete die SAD Sonderabfall-Deponiegesellschaft Baden-Württemberg mbH auf dem Gelände der ehemaligen Sonderabfalldeponie Malsch ein neues Verwaltungsgebäude. Die Baumaßnahme wurde in der 1. Jahreshälfte 2010 durchgeführt. Sämtliche Betone wurden als RC-Beton geliefert. Für die Bodenplatten und Fundamente sowie die Geschossdecken wurden etwa 90 m<sup>3</sup> Beton der Sorte C 25/30 XC4 sowie 6 m<sup>3</sup> Beton der Sorte C 8/10 XC0 verbaut.

Die Lieferung des Transportbetons erfolgte von einem Betonwerk in Mannheim (siehe Projektbeteiligte, Seite 23 unten), das im Rahmen einer Baumaß-



nahme für die kommunale Wohnungsbaugesellschaft GAG in Ludwigshafen (Rheinland-Pfalz) insgesamt acht Rezepturen für RC-Beton entwickelt hat.

**GESCHOSSWOHNUNGSBAU IM RAHMEN  
DER QUARTIERSERNEUERUNG OSTHEIM  
IN STUTTGART**

Das Bauvorhaben in der Raitelsbergstraße steht in Zusammenhang mit dem Sanierungsprojekt „Wohnen in Ostheim“.

Der Bau- und Wohnungsverein Stuttgart (BWV) errichtet derzeit im Stuttgarter Osten im Rahmen dieser Maßnahme 108 Wohnungen mit rund 8.500 m<sup>2</sup> Wohnfläche. Zu diesem Zweck werden in vier Bauabschnitten sechs aus der Gründer- und Nachkriegszeit stammende Gebäude abgerissen und durch acht neue Gebäude ersetzt. Weitere fünf Gebäude werden kernsaniert. Mit diesem Konzept sollen die bislang starre Blockbebauung aufgebrochen und die Innenhöfe begrünt werden.

Im 3. Bauabschnitt wurde ab Juni 2010 erstmalig RC-Beton eingesetzt. Es handelt sich dabei um einen Geschosswohnungsbau für 16 Wohnungen. Aufgrund der guten Erfahrungen möchte der Bau- und Wohnungsverein auch in den folgenden Bauabschnitten RC-Beton einsetzen.

Im aktuellen Bauabschnitt 2 werden unterschiedliche Sorten von RC-Beton eingesetzt. Insgesamt wurden 40 m<sup>3</sup> Beton der Sorte C 8/10 X0 (siehe



Glossar) und  $65 \text{ m}^3$  der Sorte C 12/15 X0 als Magerbetone und für Sauberkeitsschichten verarbeitet.

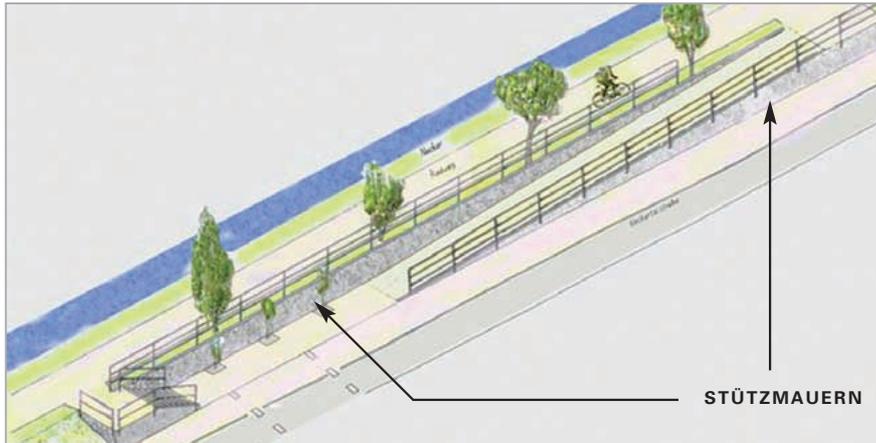
Die Innenwände, Geschossdecken und die Außenwand im 1. UG wurden aus Beton C 25/30 XC1 hergestellt (der Bau der Außenwände erfolgte nicht in Beton, sondern mit Mauersteinen). Etwa  $140 \text{ m}^3$  RC-Beton wurde in der Druckfestigkeit C 30/37 benötigt. Insgesamt wurden bislang  $1500 \text{ m}^3$  RC-Beton verarbeitet. Damit konnte ein hoher Anteil des Betonbedarfs abgedeckt werden.

Das Richtfest für das erste Gebäude des Bauabschnittes hat bei anderen Wohnungsbaunternehmern in Baden-Württemberg eine breite Resonanz

gefunden. Mit weiteren Bauprojekten, bei denen RC-Beton verwendet werden soll, ist zu rechnen.

Mittlerweile bieten verschiedene Betonwerke in Waiblingen (siehe Projektbeteiligte, Seite 23 unten), Winnenden und Kornwestheim RC-Betone an.

Auch das Tiefbauamt der Stadt Stuttgart hat ein erstes Vorhaben mit RC-Beton in Stuttgart-Münster realisiert. Zur Verbesserung des Fußgänger- und Fahrradverkehrs wurde auf einem Abschnitt der Neckartalstraße auf einer Rampe ein zusätzlicher Radweg angelegt. Dessen Stützmauern (Höhe  $1,30 \text{ m}$ ) sind aus RC-Beton hergestellt.



Bei diesem Bauwerk handelt es sich um ein Pilotprojekt, bei dem die Witterungs- und Tausalzeinflüsse auf das Material untersucht werden sollen. Betonlieferant war hier ebenfalls das Transportbetonwerk aus Waiblingen. Für die Baumaßnahmen wurden etwa 4 m<sup>3</sup> Beton C 12/15 und etwa 50 m<sup>3</sup> RC-Beton mit der Druckfestigkeit C 30/37 als XC4/XD1/XF2/XA1/XM1 eingebaut. Ein Teil der Betone wurde als Luftporenbeton hergestellt.

#### WISSENSCHAFTS- UND TECHNOLOGIE-ZENTRUM „WOHLGELEGEN“ IN HEILBRONN

Seit Ende Oktober 2010 entsteht in Heilbronn der 2. Bauabschnitt des Wissenschafts- und Technologie-



zentrums (WTZ) Wohlgelegen, das auf einem innenstadtnah gelegenen ehemaligen Hafen- und Industrieareal errichtet wird. Die Gebäude sollen aus RC-Beton hergestellt werden. Bauherr ist die kommunale Stadtsiedlung Heilbronn GmbH.

Es handelt sich um zwei große Gebäude, die insgesamt über 18.000 m<sup>3</sup> Brutto-Rauminhalt (BRI) verfügen werden. Nach dem jetzigen Planungsstand werden für beide Gebäude zusammen etwa 2.650 m<sup>3</sup> Beton benötigt. Ausdrücklich wird auch bei höheren Festigkeits- und Expositionsclassen der Einsatz von RC-Beton vorgesehen.

Benötigt werden die Betonsorten C 8/10 X0, C 25/30 XC4/XF1, C 30/37 XC4/XF1/XA1 sowie C 30/37 XC1/XD1/XA1/XM1 als WU-Beton (wasserundurchlässiger Beton). Die Betonlieferungen erfolgen durch ein Transportbetonwerk in Weinsberg (siehe Projektbeteiligte, Seite 23 unten).

Nähere Informationen zu allen Projekten erhalten Sie unter [www.rc-beton.de](http://www.rc-beton.de).

# Leitfaden für die Verwendung von RC-Beton

## GEBÄUDEPLANUNG UND RC-BETON

Nach den Vorgaben des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton können rezyklierte Gesteinskörnungen der Typen 1 und 2 nach DIN 4226-100 bei der Herstellung von Betonen nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 bis zu einer Druckfestigkeitsklasse C 30/37 eingesetzt werden. Je nach Betonsorte sind die in der nachfolgenden Tabelle genannten Höchstanteile zu beachten, sofern die Bauteile aus Beton nach DIN 1045-1 bemessen werden.

Die Verwendung von rezyklierten Gesteinskörnungen ist für die Herstellung von Spannbeton und Leichtbeton nicht zugelassen. Bei der Herstellung von RC-Beton muss die Körnung  $< 2$  mm, d.h.

Sand, grundsätzlich aus Primärmaterial bereitgestellt werden.

Rezyklierte Gesteinskörnungen dürfen nach der Alkalirichtlinie<sup>1</sup> für Bauteile in trockener Umgebung bis zur festgelegten Druckfestigkeit ohne Beschränkungen eingesetzt werden. Für Bauteile in feuchter Umgebung sind besondere Anforderungen (Tabelle) zu berücksichtigen. Vorbeugende Maßnahmen gegen Alkalisäurereaktionen sind nur erforderlich, sofern die Herkunft der rezyklierten Gesteinskörnungen unbekannt ist und die im Altbeton enthaltenen Gesteinskörnungen eindeutig einer ungünstigen Alkaliempfindlichkeitsklasse zugeordnet werden müssen. Dies tritt nur in wenigen Fällen auf.



ANWENDUNGSBEREICH		GESTEINS-KÖRNUNGSTYP 1	GESTEINS-KÖRNUNGSTYP 2
ALKALIRICHTLINIE	DIN EN 206-1 UND DIN 1045-2	NACH DIN 4226-100	
<i>zulässige Anteile rezyklierter Gesteinskörnung &gt; 2mm Vol.% der gesamten Gesteinskörnung</i>			
<b>WO (trocken)</b>	<i>Carbonatisierung XC1</i>		
<b>WF (feucht)</b>	<i>kein Korrosionsrisiko X0</i>	$< 45$	$< 35$
	<i>Carbonatisierung XC1 bis XC4</i>		
	<i>Frost ohne Taumittelwirkung XF1 und XF3</i> <i>und in Beton mit hohem Wassereindringungswiderstand</i>	$< 35$	$< 25$
	<i>chemischer Widerstand XA1</i>	$< 25$	$< 25$

1) Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, DAfStb-Richtlinie: Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkalireaktion im Beton (Alkalirichtlinie), Februar 2007



Mit den vom Deutschen Ausschuss für Stahlbeton festgelegten Vorgaben lassen sich nahezu alle Betonarten herstellen, die typischerweise im Hochbau Verwendung finden. Strengere Anforderungen aufgrund hoher Expositionsklassen lassen sich durch geeignete Betonanstriche vermeiden. Die umfangreichen Erfahrungen aus der Schweiz zeigen, dass sich etwa 90 Prozent des Betonbedarfs über RC-Betone abdecken lassen.

Bei den bisher realisierten Bauprojekten wurde auf RC-Gesteine nach Gesteinskörnungstyp 1 gemäß DIN 4226-100 zurückgegriffen. Dieser RC-Gesteinstyp ist als Betonsplitt beschrieben und muss mit einem Anteil von mindestens 90 Prozent aus aufbereitetem Altbeton bestehen. Der Anteil an Klinker und Mauerwerksbruch darf maximal 10 Prozent betragen. Bei allen Projekten lag der Anteil an Altbeton tatsächlich bei etwa 99 Prozent. Damit können alle anderen Anforderungen wie Kornrohdichte (Vorgabe:  $> 2.000$  - erreicht  $> 2.500$ ), Wasseraufnahme (Vorgabe:  $< 10$  Prozent - erreicht maximal 4 Prozent) oder Kornform (möglichst kubisch) und Korngrößenverteilung problemlos erreicht werden. Auch die untersuchten Schadstoffbelastungen lagen weit unter den nach der Norm zugelassenen Höchstwerten. Detaillierte Informationen sind unter [www.rc-beton.de](http://www.rc-beton.de) erhältlich.

Bisher liegen in Deutschland noch keine Erfahrungen zum Einsatz von Gesteinskörnungstyp 2 für den Hochbau vor. Die Erfahrungen in der Schweiz zeigen aber, dass auch RC-Betone hergestellt und im Hochbau verwendet werden können, die nahezu aus 100 Prozent RC-Gesteinskörnung aus Mischgranulat (d.h. mit hohen Anteilen an Mauerwerksbruch) bestehen. Ein anschauliches Beispiel hierfür ist die „Wohnüberbauung Werdwies“ in Zürich.

Vom Bauherren wird üblicherweise ein Beton nach seinen Eigenschaften bestellt. Ein RC-Beton muss die gleichen Frischbeton- und Festbetoneigenschaften aufweisen wie konventioneller Beton. Eine Anpassung der Tragwerksplanung ist bei der Verwendung von Betonen nach Eigenschaft unter Beachtung der Vorgaben aus den Normen nicht notwendig.

Das Bauprojekt in Ludwigshafen hat gezeigt, dass auch Wände in Sichtbetonqualität sowie auf der Baustelle produzierte Fertigteile (Balkonstützen) aus RC-Beton hergestellt werden können.

Die Prüfung und Überwachung erfolgt wie bei jedem konventionellen Beton. Die Verwendung einer neuen Betonzusammensetzung erfordert eine umfangreiche Erstprüfung, die von einem zugelassenen Überwachungsbüro durchgeführt und über Prüf-

zeugnisse zertifiziert werden muss. Zudem werden bei der Produktion Betonproben sowohl beim Hersteller als auch auf der Baustelle genommen und auf die geforderten Produkteigenschaften untersucht. Dieser Prüfaufwand unterscheidet sich nicht vom Vorgehen bei konventionellem Beton.

### ERFAHRUNGSWERTE FÜR DIE BETONHERSTELLUNG

Die Erfahrungen aus den verschiedenen Projekten zeigen, dass sich *die Rezepturen* bei RC-Beton gegenüber konventionellem Beton nicht oder *nur unwesentlich unterscheiden*. Die Anteile an Gesteinskörnungen, Sand, Wasser und Bindemittel können gleich gehalten werden. Die Kornrohichte der Gesteinskörnungen ist bei RC-Beton mit etwa  $2,3 \text{ t/m}^3$  etwas geringer als bei Primärgestein. Bei Art und Menge der in der Rezeptur eingesetzten Fließmittel können sich Abweichungen ergeben.

Der Wasserbedarf ist wegen der etwas höheren Porosität der Oberfläche der RC-Gesteinskörnungen im Vergleich zu Primärgestein etwas erhöht. Daher sind bei RC-Beton *Fließmittel* zu wählen, die eine ausreichende Nachverflüssigung gewährleisten. Der Fließmittelbedarf kann deshalb geringfügig etwas höher liegen. Um die Wirksamkeit der Fließmittel zu optimieren, sollten diese im Mischprozess erst nach dem Wasser zugegeben werden, ggf. auch zu Lasten einer etwas längeren Verweilzeit im Mischer. Ein Rücksteifen während des Transportes darf nicht zu Lasten der Frischbetoneigenschaften bzw. der Verarbeitbarkeit auf der Baustelle gehen.

Damit die geforderten Betoneigenschaften ohne umfassendere Modifikation der Rezepturen und vor

allem *ohne erhöhte Bindemittelzugabe (Zement)* hergestellt werden können, müssen die Eigenschaften der verwendeten RC-Gesteinskörnungen besonders beachtet werden. Sollen die in der Richtlinie des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton vorgegebenen maximalen Anteile (siehe Tabelle auf Seite 13) an RC-Gesteinskörnungen ausgeschöpft werden, müssen diese die Eigenschaften von Primärgestein erreichen.

Aufgrund der größeren Oberfläche des gebrochenen Materials und der spezifischen Eigenschaften von RC-Gesteinen besteht ein vergleichsweise hohes Wassersaugen. Es ist daher sinnvoll, das RC-Gestein wassergesättigt in den Mischprozess zu geben. Alle Rezepturbestandteile werden üblicherweise in regelmäßigen Abständen auf ihre Zusammensetzung und Qualität geprüft. Dies gilt auch bei der Herstellung von RC-Beton. Neben dem üblichen Prüfumfang sollte bei den RC-Gesteinskörnungen auch der abschlämbare Anteil bestimmt werden. Auf dieser Basis lässt sich der *Feinanteil* der Körnung in der Rezepturentwicklung berücksichtigen.





In vielen Regionen Deutschlands werden Betone aus Kiesmaterial hergestellt. Mit der Verwendung von RC-Gesteinskörnungen bei der Herstellung von RC-Beton kommt es zu einem Gemisch aus gebrochenem Gestein und Kies-Rundkorn. Für die Beton-Rezeptur ist dies von Vorteil. Durch die *erhöhte Packungsdichte* lässt sich eine bessere Verzahnung der Gesteinsmischungen erzielen und damit der Bindemittelbedarf in den Rezepturen reduzieren.

Die Körnungsabstufung von primären und sekundären Gesteinsmaterialien weisen von Charge zu Charge Schwankungen auf. Die Schwankungen sind umso größer, je breiter die Körnungsabstufung der Lieferkörnungen gewählt wird. Grundsätzlich ist es daher sinnvoller, auf zwei RC-Gesteinskörnungen zurückzugreifen und z.B. die Körnungen 2/8 mm und 8/16 mm zu verwenden. Bei breiter *Körnungsabstufung* kann es notwendig werden, die Betonrezepturen an die tatsächliche Sieblinie der gelieferten Gesteinskörnungen anzupassen.

Es ist darauf zu achten, dass die *Kornrobustheit* der RC-Gesteinskörnung nicht unter einem Wert von 2,2 liegt. Ist dies gewährleistet, ergeben sich daraus keine Einschränkungen gegenüber primären Gesteinskörnungen, die für die Betonrezepturen relevant wären.

Bei jeder Gesteinskörnung ist die *Alkali-Kieselsäure-Reaktion* (AKR) der Gesteine im Festbeton zu beachten. Werden die Betone in Gebäudeteilen verwendet, die nicht der Witterung oder Feuchtigkeit ausgesetzt sind, sind AK-Reaktionen nicht zu beachten. Dies gilt für viele Bereiche im Hochbau, da

die Betone in Außenwänden häufig auf Grund von Dämmmaßnahmen nicht mehr der Witterung ausgesetzt sind.

#### ERFAHRUNGEN AUS DEN PROJEKTEN ZUR HERSTELLUNG DER RC-GESTEINE

Bei den bisherigen Bauwerken mit RC-Beton in Baden-Württemberg wurden immer Lieferkörnungen vom Typ 1 gemäß der DIN 4226-100 eingesetzt.

Die Eignung des RC-Gesteins aus aufbereitetem Altbeton wird nicht durch die Art des Altbetons beeinflusst. Da der Zementstein in der Aufbereitung weitgehend abgeschlagen und entfernt wird, eignen sich deshalb fast alle Arten von Altbetonen.

Das Ausgangsmaterial sollte allerdings möglichst frei von Feinkorn, d.h. vor allem von Bodenmaterial sein. Kann dies nicht gewährleistet werden, ist vor der Aufbereitung ein Vorsieb vorzusehen. Eine Alternative dazu ist die Beschickung mittels eines mit einem Sieblöffel ausgestatteten Baggers, wie es auf der Abbildung auf Seite 17 zu erkennen ist.

Bei den Abbruchmaßnahmen ist deshalb darauf zu achten, dass Fremdstoffe und weitere das RC-Gestein belastende Materialien möglichst entfernt bzw. getrennt gehalten werden. Dies gilt vor allem für Leicht- und Verbundbaustoffe sowie für organische Baustoffe wie Holz und Kunststoffe.

Die Qualitäten der hergestellten RC-Gesteinskörnungen werden stark von der Qualität des aufzubereitenden Ausgangsmaterials bestimmt. Mit einem



selektiven Rückbau der Altgebäude kann die erforderliche Qualität erreicht werden. Die Aufbereitungstechnologie von RC-Gesteinskörnungen ist für eine Verwendung in der Betonherstellung oder im Straßenbau identisch. Die Qualität der Gesteinskörnungen richtet sich nach den technischen Baubestimmungen und ist durch Übereinstimmungszertifikate nachzuweisen.

Anlagen für das Bauschuttrecycling unterscheiden sich deutlich in ihrer Konfiguration und im Maschinenpark – bei grundsätzlich immer gleichem Produktionsziel. Die Anlagen müssen auf die jeweils unterschiedlichen spezifischen Gegebenheiten eingestellt werden. Für einen qualitätsgesicherten Betrieb sind folgende Gesichtspunkte wichtig:

- Aus dem Input sollte zunächst das Feinkorn entfernt werden. Dies ist mittels eines Vorsiebes oder durch eine Anlagenbeschickung mittels Löffelsiebagger möglich.

- Je nach Ausgangsmaterial ist ein Vorbrechen durch einen Backenbrecher oder Bagger notwendig, der mit einer Crusher-Zange ausgerüstet ist. Diese Vorzerkleinerung, d.h. das Brechen größerer Schollen, kann auch bereits auf der Abbruchbaustelle erfolgen.
- Die eigentliche Zerkleinerung sollte mittels einer Prallmühle oder eines Aggregates erfolgen, welches ein möglichst kubisches Gesteins-Produkt erzeugen kann. Durch die genaue Einstellung der Prallmühle kann die Qualität des Produkts stark beeinflusst werden. Wichtige Stellschrauben sind die Prallgeschwindigkeit sowie die jeweilige Einstellung der Prallbleche. Über die Geschwindigkeit lässt sich vor allem das Abschlagen des Zementsteins beeinflussen. Mit der Einstellung der Bleche wird vor allem die Gesteinsform gesteuert. Ziel ist eine möglichst kubische Gesteinsform, die eine optimale Packungsdichte sicherstellt.



- Eine nasse Aufbereitung des Altmaterials ist nicht notwendig. Dies zeigen nicht nur die Erfahrungen in der Schweiz. Auch bei den Projekten in Baden-Württemberg erfolgte die Bauschutttaufbereitung trocken. Die Abscheidung der leichten Fremdbestandteile muss dann jedoch verlässlich über andere Aggregate (z.B. Windsichter) erfolgen. Über eine nasse Aufbereitung werden zusätzlich Feinanteile/Stäube entfernt. Das Gestein sollte deshalb nach einer trockenen Aufbereitung auf abschlammbare Bestandteile analysiert werden, um die Beton-Rezepturen exakt darauf einstellen zu können.
  - Eine Metallabscheidung kann sich auf die übliche Gewinnung von Fe-Metallen beschränken.
  - Eine Leichtstoffabscheidung ist zur Sicherung der Produktqualitäten wichtig. Es gibt hierfür verschiedene technische Lösungen. Wichtig ist, dass die Anlagen an unterschiedliche Aufgabenstellungen angepasst werden können.
  - Nach dem Brechen des Materials erfolgt eine Siebung in die einzelnen Korngruppen sowie die Abtrennung des Überkorns. Dies lässt sich z.B. mittels eines Harfensiebs mit Siebstreben in Sägeblassform bewerkstelligen. So lässt sich sicherstellen, dass nur kubisches Material im Produkt landet.
  - Aus ökonomischer und ökologischer Sicht sollten mehr als zwei Brecherdurchläufe möglichst vermieden werden.
- Grundsätzlich empfiehlt sich eine kompakte Anlagenkonfiguration. Radladereinsätze und große Bandlängen sind auf das unbedingt erforderliche Minimum zu beschränken, um gegenüber Primärmaterial konkurrenzfähig zu bleiben.
- Die geforderten Produktqualitäten lassen sich prinzipiell auch über eine mobile Anlage herstellen, sofern erhöhte Anforderungen an das Ausgangsmaterial gestellt werden.

# RC-Beton kann sich behaupten

5

Eine Bewertung der bisherigen Projekte in Baden-Württemberg hat ergeben, dass sich RC-Beton im Wettbewerb gegenüber konventionellen Betonen gleicher Eigenschaften gut behaupten kann.

## **RC-BETON ERREICHT DIE GEFORDERTEN EIGENSCHAFTEN.**

Die Betone müssen den Vorgaben der Tragwerksplanung entsprechen und damit die gleichen Eigenschaften aufweisen, wie man dies für konventionelle Betone fordert. Dies gilt sowohl für die Festbetoneigenschaften, also insbesondere die Anforderungen hinsichtlich Druckfestigkeit und Widerstand gegenüber verschiedenen Beanspruchungen (gemäß Expositionsklassen), als auch für die Frischbetoneigenschaften, die insbesondere die Verarbeitbarkeit des Betons auf der Baustelle bestimmen.

Der Nachweis erfolgt über die entsprechenden Eignungsprüfungen beim Hersteller sowie durch Probeentnahmen auf der Baustelle. Der Prüfungsumfang unterscheidet sich dabei nicht zwischen RC-Beton und konventionellem Beton.

Die geforderten Eigenschaften konnten bei den Projekten in Baden-Württemberg problemlos erreicht werden.

## **RC-BETON IST AUS ÖKOLOGISCHER SICHT VORTEILHAFT.**

Sowohl die ökologischen als auch die ökonomischen Kosten werden zunächst über die Rezepturen und die benötigten Massen für die einzelnen Rezepturbestandteile beeinflusst. Im Bauvorhaben Stuttgart-Ostheim des Bau- und Wohnungsvereins Stuttgart wurden durch das beauftragte Transportbetonunternehmen (2) verschiedene Rezepturen entwickelt, die die maximal zulässigen Beimengungen von RC-Gesteinskörnungen ausgeschöpft haben.

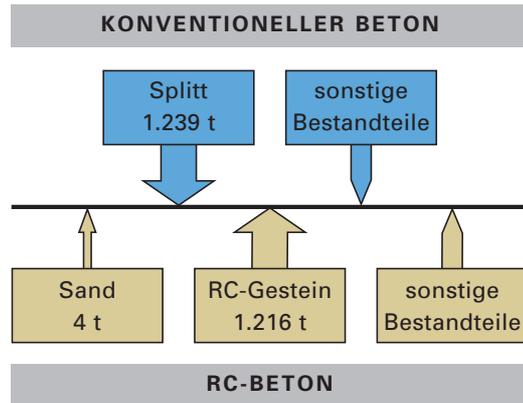
Bei diesem Bauvorhaben wurden etwa zwei Drittel des eingesetzten Betons als RC-Beton geliefert. Dabei handelt es sich um Betone mit den Druckfestigkeiten C 8/10, C 12/15, C 25/30 sowie C 30/37 in unterschiedlichen Expositionsklassen. Vergleicht man deren Rezepturen mit den entsprechenden konventionell hergestellten Betonen, zeigen sich durch die geringere Kornrohddichte der RC-Gesteinskörnungen Unterschiede ausschließlich in den eingesetzten Gesteinsmassen. Alle anderen Rezepturbestandteile und die eingesetzten Zemente können gleich gehalten werden.



Die Rezepturen für die RC-Betone wurden mit dem Ziel entwickelt, bei vergleichbaren Eigenschaften nicht mehr Bindemittel bzw. Zement einsetzen zu müssen. Dies ist in der Praxis hervorragend gelungen und vor allem darauf zurückzuführen, dass die erzeugten RC-Gesteinskörnungen die Eigenschaften der Primärkörnungen aufwiesen.

### ÖKOBILANZ BEI RC-BETON

Die Herstellung von Portlandzement ist hinsichtlich des Klimaschutzes nicht unproblematisch und beeinflusst die Ökobilanz für den Baustoff Beton deutlich. Die Problematik resultiert aus dem hohen Brennstoffbedarf wegen der erforderlichen hohen Temperaturen (ca. 1.450 °C), die im Drehrohfen zur Herstellung von Klinker als Zwischenprodukt benötigt werden. Weiterhin wird beim Brennvorangang aus dem Kalkstein CO<sub>2</sub> frei. Dies führt dazu, dass unter Klimaschutzgesichtspunkten nach einer Untersuchung von Weil<sup>1</sup> 95 Prozent der negativen



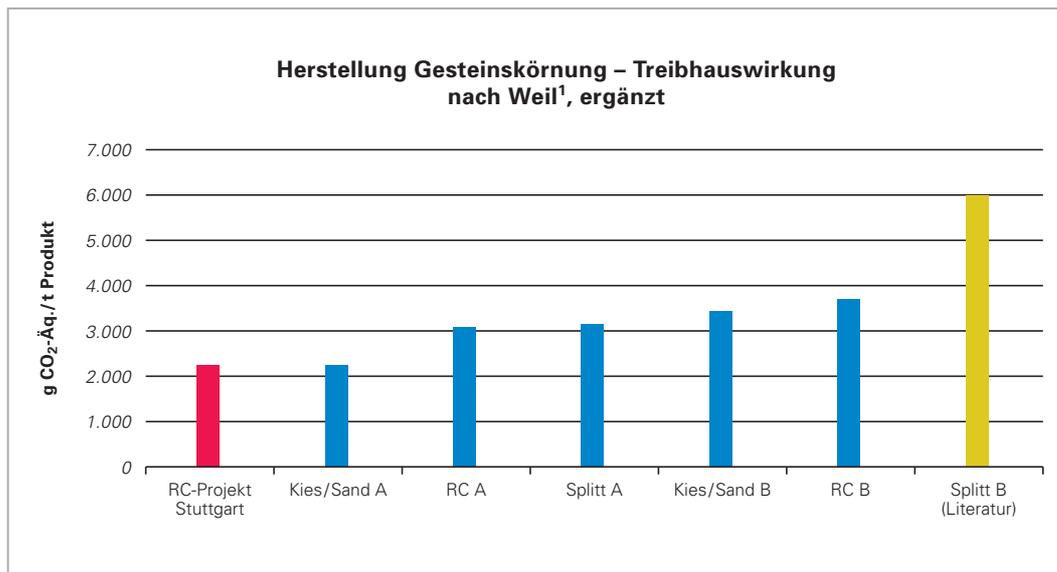
Belastungen der Betonherstellung einschließlich der zugehörigen Transportprozesse auf die Zementherstellung zurückzuführen sind.

Bei einem Massenvergleich zwischen konventionellem Beton und RC-Beton hätten sich über das gesamte Bauvorhaben in Stuttgart-Ostheim insgesamt Mehrmengen von 19 Tonnen bei den konventionellen Rezepturen ergeben. Die hergestellten RC-Betone weisen einen Mehrbedarf an Sand von vier Tonnen auf.



In der genannten umfassenden Ökobilanz von Weil wurden auch die Produktionsprozesse zur Gewinnung von primären und sekundären Rohstoffen über Bauschuttrecyclinganlagen bilanziert und bewertet. Es handelt sich um Betriebe der Kies- und Sandgewinnung (Kies/Sand), um Steinbruchbetriebe (Splitt) sowie Bauschuttrecycler (RC). Für die vergleichende Darstellung der Umweltauswirkungen bei der Gesteinsherstellung musste in einem Fall auf Literaturwerte (Splitt B) zurückgegriffen werden.

1) Marcel Weil, Ressourcenschonung und Umweltentlastung bei der Betonherstellung durch Nutzung von Bau- und Abbruchabfällen, Darmstadt 2004 (= Schriftenreihe WAR 160)



In der folgenden Grafik werden die klimarelevanten Belastungen durch die Herstellung von einer Tonne Gesteinsmaterial aufgezeigt. Die Grafik verdeutlicht die große Bandbreite der spezifischen Umweltwirkungen der einzelnen Betriebe.

Aus der Grafik wird ersichtlich, dass der Klimabeitrag pro Tonne Gesteinskörnung beim Bauschuttrecyclingbetrieb Feeß (Projekt Stuttgart-Ostheim) im Vergleich niedrig liegt und das Ergebnis eines Kieswerks (Kies/Sand A) erreicht. Nach Weil<sup>1</sup> arbeitete das Kieswerk unter optimalen Rahmenbedingungen mit einem optimalen Kies/Sand-Verhältnis und geringen innerbetrieblichen Transportwegen.

Bei dieser Bilanz wurde für den Recyclingbetrieb des Projekts in Stuttgart zu Grunde gelegt, dass der Aufwand für die Bauschuttaufbereitungsanlage nur der

Herstellung der RC-Gesteinskörnung für die Betonherstellung dient. In der Praxis lassen sich nur etwa zwei Drittel des Altbetons zu RC-Gesteinskörnungen aufarbeiten. Die verbleibenden Mengen bestehen aus Überkorn und Feinkorn, die sich als Schroppen und Brechsand vermarkten lassen. Bei Berücksichtigung dieser Erlöse in der Bilanz würde sich der Aufwand für die Herstellung der RC-Gesteinskörnungen rechnerisch auf 75 Prozent reduzieren. Die Klimabilanz bei der Herstellung von RC-Gesteinskörnungen ist deshalb im Vergleich zur Kiesgewinnung oder der Herstellung von Splitt günstiger.

Die mit der Herstellung von RC-Beton verbundenen Umweltauswirkungen und Beiträge zum Treibhauseffekt sind geringer als die Umweltauswirkungen bei der Herstellung von konventionellen Betonen mit gleichen Eigenschaften.



1) Marcel Weil, Ressourcenschonung und Umweltentlastung bei der Betonherstellung durch Nutzung von Bau- und Abbruchabfällen, Darmstadt 2004 (= Schriftenreihe WAR 160)

## RC-BETON DIENT DEM RESSOURCENSCHUTZ

Der Abbau von primären Gesteinskörnungen ist mit erheblichen Eingriffen in den Natur- und Wasserhaushalt sowie in die Landschaft verbunden. Nicht selten steht die Ausweitung von Abbauflächen in harter Konkurrenz zu anderen Flächennutzungsansprüchen wie der Trinkwassergewinnung, der land- und forstwirtschaftlichen Nutzung, der Erholungsnutzung, oder sie führt zu Beeinträchtigungen in benachbarten Siedlungsgebieten, z.B. durch Lärm- und Staubemissionen.

Schon heute sind deshalb gerade in Ballungsräumen natürliche Gesteinskörnungen zu einem knappen Gut geworden.

Der Einsatz von sekundären Rohstoffen, wie z.B. Altbeton sowie die daraus hergestellten RC-Gesteinskörnungen, schont unsere Rohstoff-Ressourcen und vermindert die mit einem Abbau verbundenen Eingriffe und Konflikte.



Die Herstellung von RC-Beton in Ballungsräumen weist auch logistische Vorteile auf, weil gerade in diesen Gebieten zukünftig große Mengen mineralischer Bauabfälle anfallen werden.

Die Transportbetonwerke können so auf ortsnahe Bezugsquellen zurückgreifen. Die Abbruchmaßnahmen fungieren quasi als anthropogene Lagerstätten.

Der logistische Vorteil wird noch größer, wenn z.B. bei großen Abbruchmaßnahmen mobile Recycling-Anlagen mit einem hohen technischen Standard eingesetzt und einem effektiven Stoffstrommanagement betrieben werden.

## ES KONNTEN WICHTIGE IMPULSE GESETZT WERDEN – DER MARKT SPRINGT AN

Die aufgezeigten Projekte sind dann erfolgreich, wenn es über sie gelingt, in den jeweiligen Regionen eine große Nachfrage nach RC-Beton anzustoßen.

Bei den Projekten in Ludwigshafen und Malsch ist dies für die Kurpfalz gut gelungen. In dieser Region hat sich ein Bauunternehmen zur treibenden Kraft entwickelt, das vom Einsatz des RC-Betons überzeugt ist und mit den guten Erfahrungen über die Qualität des Baustoffs bei den Bauherren erfolgreich wirbt.

In der Region Stuttgart haben Bauherren und auch Betonhersteller Initiativen für RC-Beton entwickelt. Angesichts der guten Erfahrungen beabsichtigt der Bau- und Wohnungsverein Stuttgart auch bei weiteren Bauabschnitten in Stuttgart-Ostheim und darüber hinaus RC-Beton einzusetzen. Auch andere Wohnungsbaugesellschaften in Baden-Württemberg planen im Jahr 2011 bei Bauprojekten RC-Beton zu verwenden.



Das Transportbetonunternehmen (2) und andere Werke aus diesem Betonherstellerverbund haben weitere Bauprojekte mit RC-Beton beliefert. Sie haben diesen Baustoff bei Ausschreibungen alternativ angeboten. Ein entscheidender Faktor war dabei unter anderem der Preisvorteil, der sich aus eingesparten Transportaufwendungen für das RC-Gestein ergeben hatte. Die RC-Gesteinskörnungen werden aus nah gelegenen Bauschuttrecyclingbetrieben bezogen.

Auch das Bauvorhaben in Heilbronn ist in diesem Zusammenhang zu erwähnen. Bei dem Vorhaben bewarben sich auf die Ausschreibungen des von der Stadsiedlung Heilbronn eingesetzten Generalunternehmers zwei Transportbetonunternehmen aus Heilbronn um die Lieferung von RC-Beton.

Diese Beispiele bestätigen, dass sich bei einer steigenden Nachfrage nach RC-Beton ein entsprechender Markt entwickelt.

---

#### PROJEKTBETEILIGTE:

- (1) Fa. TBS-Transportbeton Ludwigshafen
- (2) Fa. TBW Transportbeton Wäiblingen
- (3) Fa. Godel-Beton Weinsberg/Ellhofen

Die Projekte in Baden-Württemberg haben gezeigt, dass ressourcenschonender RC-Beton die gleichen Frisch- und Festbetoneigenschaften aufweist wie konventioneller Beton. Dies gilt auch, wenn die nach der Richtlinie des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton maximal mögliche Menge an RC-Material eingesetzt wird.

Die Herstellung von hochwertigem ressourcenschonendem RC-Beton ist sowohl aus ökologischer als auch aus ökonomischer Sicht vorteilhaft. Die Rezepturen von konventionellen und RC-Betonen unterscheiden sich – bei gleichen Eigenschaften – nur marginal. Insbesondere muss nicht mehr Zement eingesetzt werden. Die Herstellung der Gesteinskörnungen aus sekundären Ausgangsmaterialien weist leichte Vorteile auf.

Die Gewinnung der RC-Gesteine erfolgt über Abbruchmaßnahmen in den Ballungsräumen und Kernstädten, auf die sich die Bautätigkeit und damit die Baustoffnachfrage in Zukunft zunehmend konzentrieren werden.

Steinbrüche und Anlagen zur Kiesgewinnung befinden sich meist außerhalb dieser Räume.

Mit den Bauprojekten ist es in Baden-Württemberg erstmals gelungen, den Baustoff RC-Beton bekannt zu machen. RC-Beton wird sich als Baustoff-Alternative jedoch nur etablieren können, wenn über



weitere Vorhaben eine gezielte Nachfrage geschaffen wird. Nur dann wird ein ausreichender Anreiz auf Seiten der Hersteller bestehen, die jeweiligen Rezepturen zu entwickeln, Lager- und Herstellungskapazitäten vorzuhalten und den Baustoff in das Portfolio aufzunehmen. Die ersten Bauprojekte haben dazu in einigen Regionen bereits erste wichtige Impulse gesetzt. Nun gilt es, die Marktdurchdringung durch gezielte Folgeprojekte zu erhöhen.

Beton wird nicht nur im Hochbau eingesetzt. Er findet auch im Tief- und Ingenieurbau eine breite Verwendung. Im Sinne des Ressourcenschutzes ist es wichtig, auf der Grundlage gültiger Vorschriften auch in diesen Einsatzbereichen RC-Betone dauerhaft zu etablieren. Auch hierfür kann die Schweiz ein großes Vorbild sein.

Bei den bisher in Baden-Württemberg realisierten Projekten wurde RC-Beton mit RC-Gesteinskörnungen aus aufbereiteten Altbetonen verwendet. Es handelt sich um Typ 1 nach der DIN 4226-100. Mineralische Bauabfälle weisen jedoch einen bedeutenden Anteil an Mauerwerksziegeln auf. Damit bei der Herstellung von Betonen auch das gesamte Spektrum an mineralischen Bauabfällen verwendet werden kann, sind in Zukunft Rezepturenentwicklungen auf der Grundlage von RC-Gesteinskörnungen

nach Typ 2 der DIN 4226-100 erforderlich. Diese Gesteinskörnungen dürfen in einem Anteil von maximal 30 Prozent aus einem Gemisch aus aufbereitetem Klinker, nicht porosiertem Ziegel und Kalksandstein bestehen.

Nähere Informationen zu den Bauprojekten und ihren Ergebnissen können Sie unter [www.rc-beton.de](http://www.rc-beton.de) entnehmen.



# Glossar

<b>BACKENBRECHER</b>	Backenbrecher dienen der groben Zerkleinerung von mineralischen Stoffen durch bewegte Brecherarme in einem Mahlraum.
<b>BRECHSAND</b>	Brechsand wird durch Zermahlung von gröberen Ausgangsmaterialien gewonnen. Er ist gegenüber primären Sanden scharfkantiger.
<b>C 30/37</b> 8/10 12/15 16/20 20/25 25/30	Druckfestigkeitsklasse nach DIN 1045-1, der Buchstabe C steht für concrete d.h. Beton. Über diese und vergleichbare Angaben wird die Druckfestigkeit des Betons nach Erhärten beschrieben. Der Beton der Druckfestigkeit C 30/37 weist beispielsweise nach 28 Tagen eine Druckfestigkeit von 30 N/mm <sup>2</sup> gemessen an einem Zylinder oder 37 N/mm <sup>2</sup> gemessen an einem Würfel auf.
<b>FESTBETON</b>	Festbeton beschreibt den Beton nach seinem Erhärten.
<b>FLIESSMITTEL</b>	Fließmittel stellen die wichtigsten Betonzusatzmittel dar. Es handelt sich um chemische Substanzen wie Polycarboxylate, die nur in sehr kleinen Mengen den Betonrezepturen beigegeben werden und über längere Zeiträume das Abbinden des Betons verzögern.
<b>FRISCHBETON</b>	Frischbeton beschreibt den Beton vor seinem Erhärten.
<b>GESCHOSSWOHNUNGSBAU</b>	Beim Geschosswohnungsbau handelt es sich um Bauwerke in mehrgeschossiger Bauweise für Wohnzwecke.
<b>KIESBETON</b>	Zur Herstellung von Kiesbeton wird im Gegensatz zu Splittbeton ausschließlich auf Kies als Gesteinskörnung > 2 mm zurückgegriffen.
<b>KORNABSTUFUNG</b>	Beschreibt eine Gesteinsmischung in ihrer Abstufung nach den einzelnen Größenklassen der Gesteinskörnungen – Sieblinie.
<b>LEICHTBETON</b>	Leichtbeton ist ein Beton mit einem Raumgewicht von max. 2000 kg/m <sup>3</sup> .
<b>MISCHGRANULAT</b>	Mischgranulat ist recycliertes gebrochenes Material aus Altbeton, Mauerwerksbruch und natürlichen Gesteinskörnungen.
<b>NE-METALLE</b>	Nicht-Eisen-Metalle
<b>PORTLANDZEMENT</b>	Zur Herstellung von Portlandzement wird Rohmehl aus Kalkstein, Ton, Sand und Eisenerz in einem Drehrohrofen bei 1450 °C zu Klinker gebrannt und dieser anschließend in einer Kugelmühle zu Zement gemahlen.
<b>PRALLMÜHLE</b>	Durch eine Prallmühle erfolgt eine Zerkleinerung mineralischer Materialien durch Schleudern auf Prallflächen.
<b>RC-BETON</b>	Als Recyclingbeton (RC-Beton) wird ein Beton nach DIN EN 206-1 bezeichnet, dessen Gesteinskörnungen in der Rezeptur in Anteilen aus gebrochenem Altbeton oder Mischabbruch hergestellt wurde.

<b>RC-GESTEIN</b>	Gesteinskörnung, die aus der Aufbereitung von mineralischen Altmaterialien hergestellt wurde.
<b>SCHROPPEN</b>	Schroppen ist eine Bezeichnung der Gesteinskörnung > 63 mm.
<b>SPANNBETON</b>	Spannbeton ist Stahlbeton mit gespannten Stahleinlagen aus hochfestem Spannstahl.
<b>SuV</b>	Siedlungs- und Verkehrsflächen
<b>TRANSPORTBETON</b>	Beton, der in einem Transportbetonwerk gemäß den Anforderungen des Bauherren gemischt und verarbeitungsfertig mittels Fahrmischer zur Baustelle transportiert wird.
<b>WF</b>	Feuchtigkeitsklasse; Beton, der während der Nutzung häufiger oder längere Zeit Feuchtigkeit ausgesetzt ist.
<b>WHO</b>	World Health Organization
<b>WO</b>	Feuchtigkeitsklasse; Beton, der nach normaler Nachbehandlung nicht längere Zeit feucht und nach dem Austrocknen während der Nutzung weitgehend trocken bleibt
<b>WU</b>	bezeichnet einen wasserundurchlässigen Beton
<b>XA, XC, XD, XF, XM</b>	<p>Um die Dauerhaftigkeit der Gebäude sicher zu stellen, muss der Beton widerstandsfähig gegenüber bestimmten Expositionen sein.  <b>X</b> bedeutet Exposition.  <b>A</b> steht für Widerstandsfähigkeit gegenüber chemischer Einwirkung aus der Umgebung. XA1 beschreibt eine schwache Einwirkung, XA2 eine mäßige Einwirkung sowie XA3 eine starke Einwirkung.</p> <p><b>C</b> beschreibt die Widerstandsfähigkeit gegenüber Bewehrungskorrosion, ausgelöst durch Karbonatisierung. XC1 bedeutet trocken bzw. ständig nass, XC2 nass und selten trocken, XC3 mäßige Feuchte und XC4 wechselnd nass und trocken.</p> <p><b>D</b> beschreibt die Widerstandsfähigkeit gegenüber Bewehrungskorrosion ausgelöst durch Chloride. XD1 benennt mäßige Feuchte, XD2 nass und selten trocken sowie XD3 wechselnd nass und trocken.</p> <p><b>F</b> bedeutet Widerstandsfähigkeit gegenüber Frost mit und ohne Taumittel. XF1 beschreibt eine mäßige Wassersättigung ohne Taumittel und XF2 mit Einwirkung von Taumitteln. XF3 beschreibt eine hohe Wassersättigung ohne Taumittel und XF4 eine mit Einwirkung von Taumitteln.</p> <p><b>M</b> bedeutet Widerstandsfähigkeit gegenüber Verschleißbeanspruchung. XM1, XM2 und XM3 beschreiben mäßige, schwere und extreme Verschleißbeanspruchungen.</p>



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND VERKEHR