

Rezykliertes Material: Die Integration von R-Beton in den neuen Regelwerken

Diethelm Bosold

Zusammenfassung

Die Richtlinie *Beton mit rezyklierten Gesteinskörnungen* des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton regelt seit vielen Jahren den Einsatz von R-Beton. Mit zunehmender Diskussion um die Themen Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz steigt die Nachfrage nach rezyklierten Gesteinskörnungen. Dieser Entwicklung ist mit der Übernahme und Weiterführung der Regelungen der DAfStb-Richtlinie in die überarbeitete DIN 1045 Rechnung getragen worden. Auch in anderen Bereichen wie in der Zementherstellung spielt dieses Thema eine Rolle. So können in Zukunft auch die feinen Bestandteile der rezyklierten Gesteinskörnungen als weiterer Hauptbestandteil des Zements eingesetzt werden. Neben den teilweise einschränkenden Vorgaben der Regelwerke lassen sich über Zulassungen natürlich immer innovative Ideen umsetzen, also beispielsweise Betonbauteile, die ausschließlich rezyklierten Gesteinskörnungen enthalten.

Schlagwörter: Recycling-Beton, rezyklierte Gesteinskörnung, Nachhaltigkeit, DIN 1045-2:2023-08, Richtlinie

Abstract

The German Committee for Reinforced Concrete's guideline on concrete with recycled aggregates has regulated the use of recycled concrete for many years. With increasing discussion on the topics of sustainability and resource efficiency, the demand for recycled aggregates is growing. This development has been taken into account with the adoption and continuation of the regulations of the DAfStb guideline in the revised DIN 1045. This topic also plays a role in other areas such as cement production. In future, the fine components of recycled aggregates can also be used as a further main component of cement. In addition to the sometimes restrictive specifications of the regulations, innovative ideas can of course always be realised via approvals, for example concrete components that contain exclusively recycled aggregates.

Keywords: recycled aggregate concrete, recycled aggregate, sustainability, DIN 1045-2:2023-08, guideline

1 Allgemeines

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 RC-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 (Abbildung 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 vorliegenden Beitrag wird auf die aktuellen Entwicklungen in den Regelwerken eingegangen.

Die Überarbeitung der DIN 1045-2:2023-08 [1] ist mit der Ausgabe des Weißdrucks im August 2023 erfolgt. Allerdings ist die Einführung zum Redaktionsschluss dieser Veröffentlichung nicht abschließend geklärt. Da die überarbeitete DIN 1045 die technische Entwicklung wiedergibt, findet sie im Vortrag und in dieser Veröffentlichung Berücksichtigung.



Abb. 1: Stück eines römischen Opus Caementitium. Es sind zwei Schichten mit unterschiedlich großen Ziegelbruchstücken zu erkennen. Bild: IZB, D. Bosold

2 Begriffe

In DIN 1045-2 [1] gibt es weiterhin den Begriff „wiedergewonnene ausgewaschene Gesteinskörnung“. Damit ist die Gesteinskörnung gemeint, „die durch Waschen von Frischbeton gewonnen wird“. Neu ist die „wiedergewonnene gebrochene Gesteinskörnung“. Hiermit ist die Gesteinskörnung beschrieben, „die durch Brechen von Festbeton, der noch nicht beim Bauen verwendet wurde, gewonnen wird“. Im Gegensatz dazu wird die rezyklierte Gesteinskörnung durch Aufbereitung von vorher beim Bauen verwendeten anorganischen Stoffen gewonnen.

3 DAfStb-Richtlinie

In der DAfStb-Richtlinie „Beton nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 mit rezyklierten Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620“ [2] wird seit vielen Jahren der Einsatz von R-Beton geregelt. Dabei werden zunächst die Anwendungsgebiete eines R-Betons beschrieben. Dies erfolgt über die Eingrenzung nach Expositionsklassen

bzw. anderen Anforderungen wie z. B. Beton mit hohem Wassereindringwiderstand. Dabei werden verschiedenen Expositionsklassen höchstzulässige Mengen der groben Gesteinskörnung in Volumenprozent vorgegeben. Neben den Expositionsklassen sind auch Vorgaben der damit eng verbundenen Feuchtigkeitsklassen formuliert. Zulässig sind bisher die Feuchtigkeitsklassen WO und WF.

Weiterhin werden Anforderungen an die stoffliche Zusammensetzung beschrieben. Das sind zunächst Vorgaben für enthaltene Abbruchmaterialien wie dem weit überwiegend enthaltenen Betonbruch, aber auch anderen Materialien wie Ziegel, Kalksandsteine, nicht schwimmender Porenbeton, bitumenhaltige Materialien, Glas und sonstige Stoffe. Viele weitere Anforderungen wie auch Auswirkungen auf Boden und Grundwasser müssen der Gesteinskörnungsnorm DIN EN 12620 [3] entsprechen.

4 DIN 1045-2 NEU

Die neue DIN 1045-2 [1] gibt die technische Weiterentwicklung auch beim R-Beton wider. So sind die Regelungen der DAfStb-Richtlinie [2] in die Norm übernommen und überarbeitet bzw. erweitert worden. Die Liste der zulässigen Anteile grober rezyklierter Gesteinskörnungen ist erweitert worden.

Für die Expositionsklassen X0 und XC1 bis XC4 ist der maximal zulässige Anteil bei 45 Vol.-% für Typ 1 geblieben. Bei XF1, XF3 und Beton mit hohem Wassereindringwiderstand ist dieser Anteil um 10 Prozentpunkte auf ebenfalls 45 Vol.-% erhöht worden. Der zulässige Anteil für XA1 ist unverändert geblieben. Neu aufgenommen wurden unter der Feuchtigkeitsklasse WA die Expositionsklassen XD1, XD2, XS1, XS2, XF2 und XF4. Hier beträgt der zulässige Anteil für rezyklierte Gesteinskörnung Typ 1 (Abbildung 2) maximal 30 Vol.-%. Die Werte sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tab. 1: Zulässige Anteile grober rezyklierter Gesteinskörnungen nach [1]

Anwendungsbereich		Kategorie der Gesteinskörnung	
Alkalirichtlinie	DIN 1045-2 [1]	Typ 1	Typ 2
WO (trocken)	X0, XC1	≤ 45 Vol.-%	≤ 35 Vol.-%
	X0, XC1 bis XC4		
WF (feucht)	XF1, XF3, Beton mit hohem Wassereindringwiderstand	≤ 45 Vol.-% (+ 10 Vol.-%)	≤ 35 Vol.-% (+ 10 Vol.-%)
	XA1	≤ 25 Vol.-%	≤ 25 Vol.-%
WA (feucht + Alkalizufuhr von außen)	XD1 und XD2 XS1 und XS2 XF2 und XF4	≤ 30 Vol.-%	≤ 20 Vol.-%



Abb 2: Rezyklierte Gesteinskörnung Typ 1 (Betonsplitt). Bild: IZB, D. Bosold

5 DIN EN 197-6

In dieser relativ neuen Norm [4] wird Betonrecyclingmehl als weiterer Hauptbestandteil des Zements definiert und die hiermit möglichen Zementarten festgelegt. Betonrecyclingmehl trägt als Abkürzung den Buchstaben F. Mögliche Zemente sind CEM II F, CEM II M Zemente mit einem beliebigen weiteren Hauptbestandteil oder CEM VI Zemente mit allein Hüttensand als weiteren Hauptbestandteil. Betonrecyclingmehl kann dabei aus Aufbereitungsanlagen für rezyklierte Gesteinskörnungen oder aus wiedergewonnenen Gesteinskörnungen stammen.

Damit gibt es einen weiteren Hauptbestandteil der im Sinne der Kreislaufwirtschaft eingesetzt werden kann. Zusätzlich kann somit auch die feine rezyklierte Gesteinskörnung besser verwendet werden. In der Norm gibt es den Hinweis: „Das Betonrecyclingmehl darf, sofern notwendig, im Zementwerk weiterverarbeitet werden“. Diese Formulierung läßt die Möglichkeit offen, das Betonrecyclingmehl im Zementwerk auch mit CO₂ zu behandeln. Somit erhält man mit dem zukünftig im Zementwerk anfallende CO₂ eine sinnvolle Verwendung und kann das Betonmehl recarbonatisieren. Auf Grund der Feinheit eignet sich das Recyclingmehl mit seiner großen spezifischen Oberfläche besonders gut für die Aufnahme von CO₂.

6 R-Beton in anderen Regelwerken

Bereits gemäß der DAfStb-Richtlinie „Beton nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 mit rezyklierten Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620“ von 2010 [2] darf rezyklierte Gesteinskörnung für Beton mit hohem Wassereindringwiderstand verwendet werden. Dabei gibt es Bedingungen zur Herkunft des Altbetons und seiner Einstufung in eine Alkaliempfindlichkeitsklasse. Ungünstig hinsichtlich einer schädigenden AKR wirkt sich aus, dass der Altbeton und damit auch die alte Gesteinskörnung gebrochen wird und frische Bruchflächen aufweisen kann. Der bei Beton mit hohem Wassereindringwiderstand übliche maßvolle Zementgehalt in Verbindung mit üblicherweise klinkerreduzierten Zementen wirkt sich hingegen günstig aus. Die Einstufung aus der DAfStb-Richtlinie wurde in DIN 1045-2 [1] übernommen. Bei der Einstufung hinsichtlich Alkaliempfindlichkeitsklasse wurde etwas präzisiert. Berücksichtigt wird nun auch die Lage der abgebrochenen Bauwerke in den glazial beeinflussten Ablagerungsgebieten in Norddeutschland. Im ungünstigsten Fall erfolgt eine Einstufung in die Alkaliempfindlichkeitsklasse EIII-S.

Für Sichtbeton gibt es verschiedene Merkblätter. Das für Ortbeton übliche DBV / VDZ-Merkblatt Sichtbeton [5] verbietet weder den Einsatz von R-Beton noch erlaubt es ihn explizit. Es wird hingegen abgeraten vom Einsatz von Restwasser und Restbeton aus dem Frischbetonrecycling. Erste Bauwerke mit Sichtbeton unter Einsatz von R-Beton zeigen, dass sich R-Beton gut einsetzen lässt. Die Farbe einer Sichtbetonfläche wird durch die feinen Bestandteile der Betonzusammensetzung bestimmt. Das sind die Zementart, der Sand und ggf. Betonzusatzstoffe oder Farbpigmente. Hier hat die rezyklierte Gesteinskörnung, die aktuell noch alleine

im groben Bereich zugegeben wird, keinen Einfluss. Sollte zukünftig auch die feine Gesteinskörnung eingesetzt werden dürfen, ist eine Beurteilung an den zu erstellenden Erprobungsflächen auch in dieser Hinsicht der Farbwirkung zu überprüfen. Die Optik einer Sichtbetonfläche wird besonders stark vom Schalungssystem bestimmt – also Trägerschalung, Rahmenschalung oder sonstige Schalung – und ist damit unabhängig von der Betonzusammensetzung.

Im neuen Merkblatt Sichtbetonfertigteile [6] wird unter *Abschnitt 7.1.5 Beton* darauf hingewiesen, dass bei bestimmten Gesteinskörnungen „deren Wirkung oder Eignung ab der Sichtbetonklasse SB 2-FT durch die Herstellung von Erprobungsbauteilen dokumentiert werden“ sollten. Der Einsatz von rezyklierten Gesteinskörnungen ist also nicht explizit ausgeschlossen und wird zur Erprobung freigegeben.

Im Merkblatt Nr. 8 der Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilbau e.V. [7] über Architekturbeton wird unter *Allgemeines* auf „individuelle Betonrezepturen mit ausgesuchten Gesteinskörnungen und Zuschlägen“ hingewiesen. Dies ebnet natürlich den Weg, auch ausgesuchte rezyklierte Gesteinskörnungen einzusetzen. Auch hier gilt dann natürlich der weiter hinten formulierte Anspruch, dass „die Gesteinskörnungen aus einer Charge bevorratet werden“ müssen, was auch allgemein für hochwertigen Sichtbeton gilt. Gerade in bearbeiteten Oberflächen von Sichtbeton werden dann die eingesetzten rezyklierten Gesteinskörnungen sichtbar. Die Entwicklung zeigt, dass rezyklierte Gesteinskörnungen inzwischen zielsicher zur Herstellung von Architekturbeton eingesetzt werden. So sind die Fassadenbauteile beim neuen Anbau des Rathauses in Korbach mit bearbeitetem R-Beton ausgeführt worden (siehe Abbildung 3).



Abb. 3: Fassadenausschnitt am neuen Anbau des Rathauses in Korbach. Architekturbeton mit Anteilen rezyklierter Gesteinskörnung mit gestrahlter Oberfläche. Bild: IZB, D. Bosold

7 Zulassungen

Über allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen (abZ) sind Lösungen möglich, die von den aktuellen Regelwerken abweichen. Im Juni 2021 hat die Firma Büscher GmbH & Co. KG aus Heek eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung (abZ) vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) für tragende und nichttragende Innenwandelemente aus Recyclingbeton erhalten, in denen die gesamte Gesteinskörnung durch rezyklierten Gesteinskörnungen ersetzt wurde.

8 Literatur

- [1] DIN 1045-2:2023-08; Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 2: Beton; Beuth Verlag, Berlin
- [2] DAfStb-Richtlinie „Beton nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 mit rezyklierten Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620“: 2010-09, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e. V., Berlin
- [3] DIN EN 12620:2088-07; Gesteinskörnungen für Beton; Beuth Verlag, Berlin

- [4] DIN EN 197-6:2023-12; Zement - Teil 6: Zement mit rezyklierten Baustoffen; Beuth Verlag, Berlin
- [5] DBV/VDZ-Merkblatt "Sichtbeton": 2015-06; Deutscher Beton- und Bautechnikverein E.V. Berlin und Verein deutscher Zementwerke e. V. Düsseldorf
- [6] Merkblatt Sichtbetonfertigteile: 2023-01; Verband Beton- und Fertigteilindustrie Nord e. V. (VBF Nord), Unternehmerverband Mineralische Baustoffe (UVMB) e.V. Bayerischer Industrieverband Baustoffe, Steine und Erden e. V., Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart
- [7] Merkblatt Nr. 8 über Betonfertigteile aus Architekturbeton: 2020-03, Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilebau e.V., Bonn

9 Autor

Dr.-Ing. Diethelm Bosold

InformationsZentrum Beton GmbH

Neustraße 1

59269 Beckum

diethelm.bosold@beton.org