



# Up-Cycling von Mauerwerkbruch

**BAUSTOFFE** Die Menge an Mauerwerkbruch wächst. Noch lohnen sich RC-Baustoffe mit dem heterogenen Material nicht. Arbeiten aus Weimar zeigen, wie es gehen könnte.

Die Menge an mineralischen Bauabfällen in Deutschland betrug im Jahr 2004 laut Umweltstatistik der ARGE Kreislaufwirtschaftsträger Bau 200,7 Millionen Tonnen.

Dabei schlug Bodenaushub mit 128,3 Millionen Tonnen, etwa 63,9 Prozent, als größter Anteil zu Buche. Es folgten Bauschutt mit 50,5 Millionen Tonnen, ein Anteil von 25,2 Prozent, Straßenaufbruch mit 19,7 Millionen Tonnen, 9,8 Prozent, und Baustellenabfälle mit 1,9 Millionen Tonnen, weniger als ein Prozent, sowie Bauabfälle auf Gipsbasis mit 0,3 Millionen Tonnen, etwa 0,2 Prozent.

## Weniger als fünf Prozent Bauschutt im Hochbau

Im Vergleich dazu liegt die Recyclingquote für Bauschutt seit Mitte der 1990er-Jahre konstant zwischen 68 und 73 Prozent. Nach wie vor erfolgt die Verwertung nahezu vollständig im Tiefbaubereich. Weniger als 5 Prozent werden einem höherwertigen Recycling im Hochbau zugeführt. Dies geschieht

vor allem durch den Einsatz grober Kornfraktionen als sekundärer Zuschlagstoff im Beton. Bis zu ein Drittel des Bauschutts wird nicht verwertet, sondern zur Verfüllung von Abgrabungen oder für den Deponiebau verwendet. In Zukunft werden die letztgenann-

ten Einsatzgebiete jedoch durch gesetzliche Vorgaben immer stärker eingeschränkt beziehungsweise ganz entfallen.

Vor dem Hintergrund des Nachhaltigkeitsgedankens, des erhöhten Erschließungsaufwands für Primärrohstoffe und des Deponieraums, der zweifelsfrei in Zukunft knapper wird, ist eine hohe Recyclingquote auch für Bauschutt als mengenmäßig größter Abfallstrom anzustreben.

## Recyclingquote stagniert

Prozessbedingt fällt bei der Aufbereitung von Bauschutt ein erheblicher Anteil feiner Kornfraktionen mit einer Größe von unter



Von Anette Müller, Adriana Weiß und Alexander Schnell

Professorin Anette Müller lehrt Baustoffrecycling an der Bauhaus-Universität Weimar. Ferner leitet sie den Verein für Aufbereitung von Baustoffen und Wiederverwertung. Adriana Weiß promoviert unter Müller im Bereich RC-Blockmodule und Alexander Schnell im Bereich Aufbaukörnungen.



Foto: Hamish John Appleby Photography, Weimar

aktuell ein Verwertungsdefizit festzustellen, das auch zukünftig bestehen bleiben wird.

### Beton mit Mauerwerkbruch

Derzeit werden an der Bauhaus-Universität Weimar zwei Verwertungswege für Mauerwerkbruch entwickelt: Einsatz in RC-Blockmodulen als Zuschlag für Normalbeton oder in Aufbaukörnungen als Leichtgranulat.

Beton-Blockmodule sind quaderförmige Bauelemente, die – stapelt man sie übereinander – zu Wänden für Schüttgutboxen aufgebaut werden können. Schwergewichtsblöcke werden oft in einem Baukastensystem angeboten, mit dem verschiedene Wandformen, -höhen und Ecklösungen realisiert werden können. Als Beispiele dienen die Fabrikate FCN Boxen- und Schwergewichtssteine, Legioblock, 2MixZ MixModule und Multibloc Sicherheits-Systemsteine.

Blockmodule können einfach auf einem festen Untergrund versetzt werden. Fundamente oder Stahlpfeiler entfallen. Ebenso können Standortwechsel leicht realisiert werden.

Bisher werden Schwergewichtsblöcke mit natürlichen Zuschlägen hergestellt. Regional werden sie vereinzelt auch aus Recycling-Baustoffen angeboten, beispielsweise als Twinblock oder als TecSton. Dort wird jedoch nur ein Teil des verwendeten Zuschlags durch einen Recycling-Baustoff ersetzt. Ferner kommen dabei nur RC-Baustoffe aus Betonbruch zum Einsatz.

Für die Entwicklung einer Rezeptur mit Mauerwerkbruch lieferte ein Projektpartner verschiedene RC-Materialien: von Sand über Motte bis hin zum Ziegelbruch (siehe Bild oben). Bei „Motte“ handelt es sich um ein Material, das beim Prozess der Vorabsiebung des Bauschutts vor der Aufgabe in den Brecher anfällt. Es enthält neben feinen Bauschuttpartikeln auch Bodenbestandteile. Das feine Ziegelmateriale entsteht durch die Fraktionierung des Materials nach Durchlaufen des Brechers. Bei diesem Prozessschritt fallen als weitere Fraktion Splitte an. Durch eine Vorsortierung wurde erreicht, dass Splitte mit unterschiedlichen Ziegelgehalten zur Verfügung standen. Natürlicher Sand und der Kies dienten als Referenzmaterialien.

Einzige Variablen bei der Herstellung der Versuchsbetone sollten der Anteil und die Art des Rezyklats im Gesteinskörnungsgemisch sein. Als erster Schritt wurden daher in einem Mischungsentwurf die Anteile der verfügbaren Kornfraktionen der unterschiedlichen

Materialien an der Gesamtzusammensetzung berechnet. Ziel dieser Sieblinienoptimierung war die Soll-Sieblinie B63.

Im zweiten Schritt erfolgte die Berechnung der Betonzusammensetzung mittels der Stoffraumrechnung und unter Berücksichtigung der Normanforderungen DIN EN 206-1 und DIN 1045-2. Die Wahl fiel auf einen Beton mit Druckfestigkeitsklasse C25/30, um bei einem Einsatz der Blockmodule im Freien dem notwendigen Frostwiderstand zu genügen.

### Verwertungsdefizit bei Mauerwerkbruch groß

vier Millimetern an. Bei typischem Mischabbruch mit den Hauptbestandteilen Ziegel, Mörtel und Beton entspricht das einem Anteil von 37 bis 53 Prozent. Während die groben Kornfraktionen zumeist im Tiefbau verwertet werden, gibt es für die Sandfraktion keine Verwendung. Dies ist die primäre Ursache für die in den letzten Jahren stagnierende Recyclingquote für Bauschutt.

Je sortenreiner ein Stoff gewonnen und aufbereitet werden kann, desto eher ist seine optimale Verwertung möglich. Allerdings lässt sich die Heterogenität des anfallenden mineralischen Bauschutts selbst bei gewissenhaft durchgeführten Abbruch- und Rückbaumaßnahmen nicht verhindern – das Kernproblem im Baustoffrecycling.

Stofflich kann zwischen Recycling-Baustoffen (RC), in denen Beton dominiert, und solchen mit dem Hauptbestandteil Mauerwerk unterschieden werden. Letztere sind heterogene Gemische aus verschiedenen Wandbaustoffen zuzüglich Mörtel und Putz. Für RC-Baustoffe mit einem hohen Betonanteil ist der Absatz gewährleistet. Dagegen sind die Voraussetzungen für RC-Baustoffe aus Mauerwerkbruch sehr ungünstig, sowohl in wirtschaftlicher als auch technischer Hinsicht.

Mauerwerkbruch fällt derzeit in großen Mengen an. Ferner ist im Vergleich zu Beton



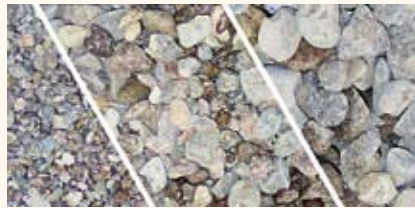
Foto: Anette Müller, Bauhaus-Universität Weimar

Möglicher Verwertungsweg für Mauerwerkbruch: Blockmodule der Firma B&V aus Apolda





Natürlicher Sand  
Rohdichte: 2.530 kg/m<sup>3</sup>



Kies (drei Fraktionen)  
Rohdichte ≈ 2.400 kg/m<sup>3</sup>



Motte (Vorsiebmaterial)  
Rohdichte: 1.922 kg/m<sup>3</sup>



Mauerwerkbruch (44 % Ziegelanteil)  
Rohdichte: 2.042 kg/m<sup>3</sup>



Ziegel fein  
Rohdichte: 1.869 kg/m<sup>3</sup>



Ziegelbruch (75 % Ziegelanteil)  
Rohdichte: 1.941 kg/m<sup>3</sup>

Foto: Anette Müller, Bauhaus-Universität Weimar

Darüber hinaus wurde die rezyklierte Gesteinskörnung vorgegast, um den Frischbeton besser verarbeiten zu können. Zusätzlich wurde „Saugwasser“ zugegeben und ausreichend Zeit für das Aufsaugen von Wasser während des Mischens gewährt.

Resultierend aus der gewählten Festigkeitsklasse C25/30 weisen alle Versuchsbetone die Mindestdruckfestigkeit von 30 N/mm<sup>2</sup> auf. Die Druckfestigkeit sinkt jedoch mit zunehmendem Gehalt an Recyclingmaterial rapide. Deutliche Unterschiede zeigen im Vergleich die Betone mit „Motte“ und dem feinen Ziegelanteil in der Gesteinskörnungsmischung. Ursache ist hier wahrscheinlich die ungünstigere chemische Zusammensetzung des Vorsiebmaterials.

**Alle RC-Betone  
druckfest genug**

Die angestrebte Betonrohddichte von 2.200 kg/m<sup>3</sup> erreicht nur die Referenzmischung mit 100 Prozent natürlicher Gesteinskörnung. Darüber erzielen dieses Ergebnis auch Mischungen, denen nur ein Teil der groben oder feinen Fraktion zugesetzt wurde. Alle anderen Mischungen mit Recyclingmaterialien weisen geringere Rohdichten auf. Ursache sind die geringeren Kornrohddichten dieser Materialien.

Die geforderte Druckfestigkeit geht dabei nicht unbedingt mit einem ausreichenden Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel einher. Vielmehr besteht die Tendenz, dass mit zunehmender Druckfestigkeit oder Rohdichte die Abwitterung zunimmt, der Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel also geringer wird. Das kann mit der Kornporosität der RC-Zuschläge begründet werden, die Ausdehnungsräume für das gefrierende Wasser im Beton erlaubt. Die Betone mit Mauerwerk-

bruch als Zuschlagstoff sind nicht für alle Einsatzgebiete geeignet. Die entwickelten Rezepturen wären zum Beispiel als Füllbeton oder Sohlenbeton denkbar.

**Aufbaukörnung mit Mauerwerkbruch**

In einem zweiten Verwertungsweg für Mauerwerk beschäftigt sich die Bauhaus-Universität mit der stofflichen Verwertung von Mauerwerkbruch durch Granulatherstellung.

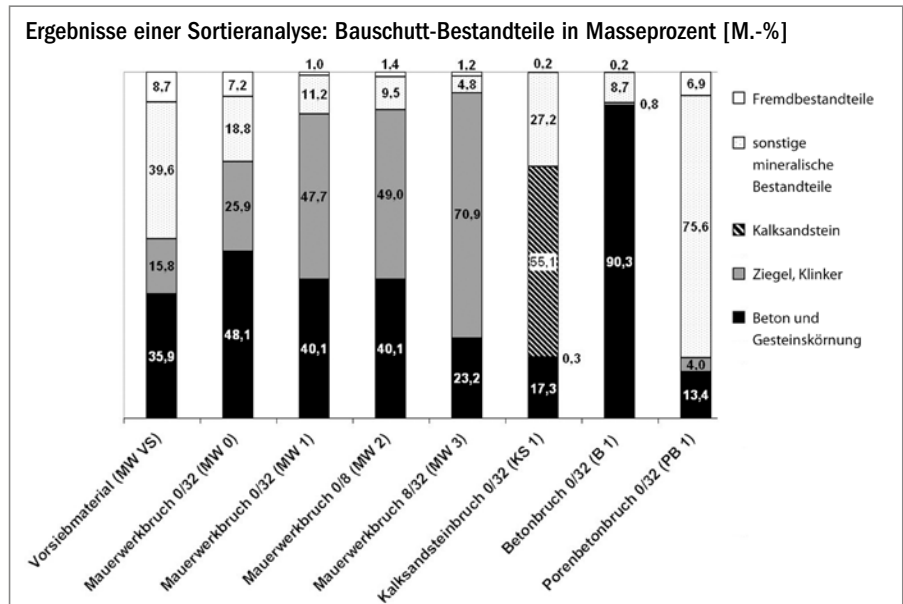
Für die Untersuchungen wurden praxisnahe Ausgangsmaterialien ausgewählt, die hinsichtlich ihrer baustofflichen und chemischen Zusammensetzung charakterisiert wurden. Neben drei verschiedenen Fraktionen von Mauerwerk- und Betonbruch

wurden auch Gemische ausgewählt, die einen überwiegenden Anteil an Porenbeton und Kalksandstein enthalten. So wurde dem in Zukunft steigenden Anteil dieser Materialien im Bauschutt Rechnung getragen.

Zur Beurteilung der baustofflichen Zusammensetzung wurde zunächst eine Sortieranalyse durchgeführt (siehe Grafik unten).

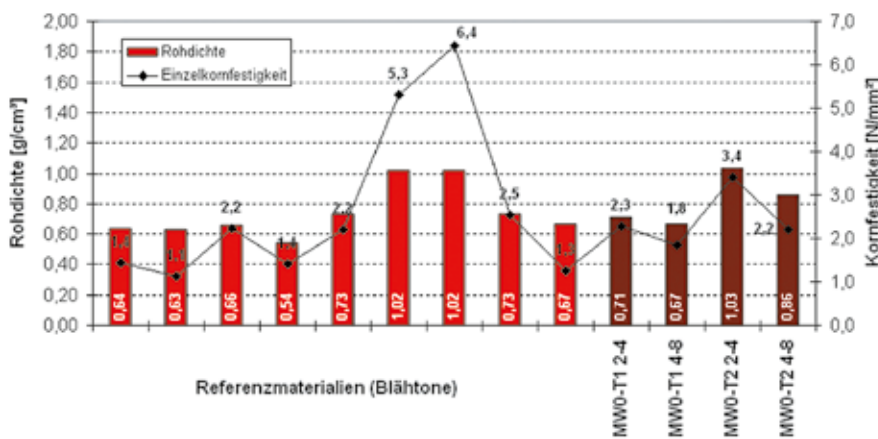
Die Ergebnisse zeigen, dass alle Input-Materialien aus baustofflicher Sicht inhomogen zusammengesetzt sind und der Ziegelanteil in den gröberen Kornfraktionen des Mauerwerkbruchs höher ist. Der Mauerwerkbruch der Fraktionen 0/8 sowie 0/32 (MW 0, MW 1, MW 2) besteht lediglich zu 26 bis 49 Prozent aus Ziegelmaterial, während die grobe Fraktion (MW 3) zumindest einen Anteil von mehr als 70 Prozent Ziegel aufweist. Die restlichen Bestandteile bilden jeweils Mörtel und Beton. Der Anteil an Fremdbestandteilen wie zum Beispiel Kunststoffe, Glas oder Papier ist nur beim Vorsiebmaterial (MW VS) und beim Porenbetonbruch relativ hoch.

Um die Materialien auch chemisch einordnen zu können, wurden alle Stoffgemische aufgemahlen und mittels nasschemischer Analyse untersucht. Die Anteile der Hauptoxide zeigen im Gegensatz zur Sortieranalyse ein deutlich einheitlicheres Bild.



Quelle: Anette Müller, Bauhaus-Universität Weimar

Kornfestigkeit und Rohdichte der Versuchskörnungen im Vergleich zum Referenzmaterial



Quelle: Anette Müller, Bauhaus-Universität Weimar

Alle Materialien enthalten aus chemischer Sicht 60 bis 70 Prozent SiO<sub>2</sub> (Quarzsand). Die übrigen Bestandteile sind neben Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> im Wesentlichen CaO (Kalk), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>O und K<sub>2</sub>O, die als Flussmittel zum Tragen kommen. Aus Sicht der chemischen Zusammensetzung erscheint somit eine Verwendung des Materials als Rohstoff für blähtonähnliche Leichtgranulate möglich.

Durch Zugabe eines Blähmittels können die gelieferten Stoffgemische in einem thermischen Prozess zu Leichtgranulaten verarbeitet werden. Nach dieser Behandlung ist der Einsatz als leichte Gesteinskörnung für Beton oder als Schüttung möglich. Darüber hinaus können die Leichtgranulate außerhalb des Bausektors eingesetzt werden, beispielsweise als Pflanzgranulat.

### Mauerwerkbruch bis zu 70 Prozent aus Sand

#### Geeignet als Leichtgranulat

Nach einer Vorzerkleinerung mit Hilfe des Prallbrechers wird der Mauerwerkbruch aufgemahlen und zusammen mit einem Blähmittel homogenisiert und granuliert. Anschließend werden die sogenannten Grüngranulate (Verzicht auf zusätzliche Bindemittel) in einem thermischen Prozess ähnlich der Blähtonherstellung stabilisiert und porosiert.

Die Granulate sollen primär als leichte Gesteinskörnung im Beton oder auch als Schüttung eingesetzt werden. Hieraus resultieren besondere Anforderungen an die Druckfestigkeit, die Rohdichte und die Wasseraufnahme als wichtigste Eigenschaften der Endprodukte.

Für die Festigkeiten wurden mittels eines Tablettenprüfgerätes an jeweils 20 einzelnen Granalien Messungen vorgenommen, während die Rohdichte mittels Feststoffpyknometer bestimmt wurde. Die unkonventionelle Messung der Kornfestigkeit mittels Tablettenprüfgerät konnte in Voruntersuchungen vergleichbare Werte liefern wie das Druckzylinderverfahren, das nach DIN EN 13055-1

für leichte Gesteinskörnungen vorgesehen ist. Die Einzelkornfestigkeiten der Versuchskörnungen MW0 T1 und MW0 T2 liegen im Bereich von 1,8 bis 3,4 N/mm<sup>2</sup> und somit deutlich über dem minimalen Zielwert von 1 N/mm<sup>2</sup>. Darüber hinaus entspricht die Kornfestigkeit im Durchschnitt den Werten, die in den marktüblichen Blähtonen als Referenzmaterial gemessen wurden. Dagegen sind die Rohdichtemesswerte in den Versuchskörnungen zum Teil erhöht. Ziel ist es daher, in künftigen Versuchen die Rohdichten

weiter abzusenken, bei konstanter Festigkeit. Hier sollte der Vorteil des Blähvorgangs als über den Zusatzstoff steuerbarer Prozess gegenüber den Blähtonen herausgearbeitet werden.

Zu guter Letzt wurde die Wasseraufnahme an den Versuchskörnungen nach DIN EN 1097-6 geprüft. Die Ergebnisse zeigen, dass die bisher untersuchten Granulate aus Mauerwerkbruch eine deutlich geringere Wasseraufnahme als die Referenzmaterialien aufweisen und diesen hinsichtlich des Wasseranspruchs überlegen sind.

#### Besseres Recycling möglich

Die Ergebnisse der beiden Forschungsprojekte verdeutlichen, dass durch innovative Technologien ein höherwertiges Recycling von Mauerwerkbruch realisiert werden kann. Hierbei werden zwei völlig unterschiedliche Ansätze erprobt: ein baustoffliches Recycling für die Verwendung von Mauerwerkbruch im Normalbeton und das rohstoffliche Recycling mit dem Umweg über einen thermischen Zwischenschritt für das Einsatzgebiet Leichtbeton.

Darüber hinaus hat die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) im Zuge dieses Forschungs- und Entwicklungsprojekts weitere Mörtel- und Betonversuche mit den hergestellten Leichtgranulaten durchgeführt, die eine Eignung als leichte Gesteinskörnung im Beton bestätigen. □

Anette Müller, Adriana Weiß und Alexander Schnell

A Jansen bv

Legioblock®

Das flexible Bausystem mit Legio® Möglichkeiten

- Schnelle Montage
- Aufbau gleichzeitig mit Lieferung
- Hohes Standmoment
- Problemlos umbauen und erweitern
- Hoher Restwert



Schüttgutlager-boxen



Industriehallen



Brandschutzwände



Lärmschutzwände

Jansen Betonwaren B.V.

Verkauf Regio West  
**Jansen Betonwaren B.V.**  
 Tel.: +31 (0)499 46 28 97  
 Fax: +31 (0)499 32 03 33

Verkauf Regio Ost  
**Jansen Beton & Granitwerke GmbH**

Tel.: +49 (0)3521 - 76 12 0  
 Fax: +49 (0)3521 - 73 38 96

sales@legioblock.com  
 www.legioblock.com