

Von historischen Ziegelsplitt- und modernen R-Betonen

Ein Plädoyer für mehr Akzeptanz von Recyclingbaustoffen

1 Einführung

Das Bauwesen gehört zu den größten Verbrauchern natürlicher Ressourcen und Energie der deutschen Wirtschaft. Das ist in vielen Fällen trotzdem ökologisch und ökonomisch vertretbar, weil Bauteile und Bauwerke verglichen mit anderen Produkten eine deutlich längere technische Lebensdauer haben und nach ihrem Rückbau hohe Recyclingquoten erzielt werden.

Wenn es um Einsparmöglichkeiten im Bauwesen geht, steht der Massentaubstoff Beton besonders im Fokus. Er besteht aus vergleichsweise wenigen, natürlichen Rohstoffen, was die spätere Trennung und Weiterverwendung dieser mineralischen Baustoffe gegenüber vielen modernen, auch kunststoffhaltigen Verbundbaustoffen deutlich erleichtert.

Dennoch wird daran gearbeitet, die ökologischen Daten und die Nachhaltigkeit von Beton zu verbessern. Neben der Einsparung des bei der Produktion

sehr energieintensiven Zements werden dabei auch die Gesteinskörnungen betrachtet. Sie machen den größten Anteil am Beton aus.

Möglichkeiten, gebrochene Baustoffe als Gesteinskörnung in Mörteln und »Betonen« zu verwenden, werden seit mehr als 2.000 Jahren genutzt. Aktuell, in Zeiten knapper werdenden Sandes und begrenzter Deponiemöglichkeiten, unterstützt durch Regelwerke, die den gleichwertigen Einsatz von RC-Baustoffen ermöglichen, gewinnt dies wieder maßgeblich an Bedeutung. Einige Transportbetonwerke, vor allem in Baden-Württemberg, führen mittlerweile R-Betone in ihrem Standardlieferprogramm.

2 »Recycling« mineralischer Stoffe in der Baugeschichte

Die Baugeschichte weist zahlreiche Beispiele für die Wieder- bzw. Weiterverwendung von gebrochenen Materialien auf. So wurden bereits vor mehr

als 2.000 Jahren Ziegelscherben mit einem Bindemittel zu neuen, druckfesten Materialien zusammengefügt. Das bekannteste Beispiel hierfür ist wahrscheinlich das Opus Caementitium, bei dem die Römer Ziegelsplitt und andere keramische und natürliche puzzolanische Materialien mit Kalk als Bindemittel in festen Mörteln und »Betonen« verwendeten [1].

Seit dem Jahr 2.000 gräbt ein deutsch-italienisches Team auf der Akropolis der Mittelmeer-Insel Pantelleria unter der Leitung von Thomas Schäfer von der Universität Tübingen [2] u. a. in Bereichen von Zisternen in typisch langovaler Form, wie sie aus Karthago und anderen punischen Niederlassungen bekannt sind. Sie sind auf der Wasserseite mit Opus Signinum »abgedichtet« und zum Teil so gut erhalten, dass sie noch heute als Wasserspeicher dienen können (Abb. 1).

Nach dem Zweiten Weltkrieg wurde Mauerwerksbruch in großen Mengen u. a. für die Betonherstellung ein-



Abb. 1: Die 2.000 Jahre alte Zisterne auf der italienischen Insel Pantelleria besteht aus puzzolanischem Mörtel mit Ziegelbruch und -mehl. Sie ist auf der Wasserseite mit Opus Signinum »abgedichtet« und zum Teil so gut erhalten, dass sie noch heute als Wasserspeicher dienen kann.



Abb. 2: Der Zustand der Fatima-Kirche in Kassel aus Sichtbeton mit Ziegelbruch ist – gemessen am Alter von ca. 60 Jahren – sehr gut. Es bestand nur vergleichsweise geringer Instandsetzungsbedarf, ...



Abb. 3: ... wie auch diese Detailaufnahme belegt.

gesetzt. Einerseits mangelte es in dieser Zeit an Baustoffen, da die Produktions- und Transportmöglichkeiten fehlten, andererseits lagen die Straßen voller Schutt, der geräumt werden musste. Während die intakten Ziegel vom Mörtel befreit und wieder im Mauerwerk verbaut wurden, wurden die Bruchstücke in Brecheranlagen zerkleinert und als Gesteinskörnung für Beton eingesetzt. Bis 1955 wurden so circa 11,5 Mio. m³ rezyklierte Gesteinskörnung produziert und als Baumaterial verwendet. Als 1960 alle Schuttberge beseitigt waren, wurde diese damalige Form des Recyclings eingestellt [3].

Die Rezepturen und Erfahrungen aus dieser Zeit sind leider nicht überliefert. Über die Dauerhaftigkeit der daraus hergestellten Bauteile und Bauwerke sind keine nachteiligen Informationen bekannt. Bei Untersuchungen im Rahmen von Forschungsprojekten an einzelnen Objekten wurden die wesentlichen Festbetonkennwerte erfasst und mit den Anforderungen an heutige Betone verglichen. Ein Beispiel hierfür ist die monumentale Fatima-Kirche in Kassel aus Sichtbeton mit Ziegelbruch (Abb. 2 und 3). Der Zustand des bemerkenswerten Kirchenbaus ist – gemessen am Alter von ca. 60 Jahren – sehr gut und es bestand vergleichsweise geringer Instandsetzungsbedarf.

3 Bemerkenswertes Stahlbeton-Hochhaus aus Ziegelsplittbeton

In der Nähe der Universität Stuttgart wurde 1953 mit einer großzügigen Spende der Max Kade Foundation ein Studentenwohnheim als Hochhaus aus Bauschuttbeton errichtet (Abb. 4). Die Architekten Wilhelm Tiedje und Ludwig Hilmar Kresse entwarfen dieses



Abb. 4: Das Studentenwohnheim Max-Kade-Haus in Stuttgart wurde 1953 aus Bauschuttbeton errichtet. Die Fassade und alle sonstigen Betonbauteile des Hochhauses sind bis heute im Originalzustand erhalten.

Hochhaus mit insgesamt neunzehn Stockwerken, das damals auf zwölf Wohnetagen Platz für 156 StudentInnen bot.

Inspiziert durch eine Ausstellung im Juni 1947 zum Thema »Baustoffe aus Trümmern« schuf Fritz Leonhardt die Statik für das Hochhaus unter Verwendung von Stahlbeton B 225 und Ziegelsplittbeton B 160. Für Letzteren wurde der Trümmerschutt verwendet, der auf dem benachbarten ehemaligen Friedhofsareal lagerte. Die Bauarbeiten begannen am 10. Oktober 1952 und bereits am 1. Dezember 1953 war das Haus bezugsbereit.

Die mit Heraklithplatten gedämmte Fassade des Max-Kade-Hauses und alle sonstigen Betonbauteile sind bis heute im Originalzustand erhalten (Abb. 5 und 6). Auch der mineralische Außenputz ist selbst in großer Gebäudehöhe noch im Originalzustand erhalten. Das ist ebenfalls bemerkenswert: Denn zum einen werden heute Hochhausfassaden aus Kosten- und Expositionsgründen in der Regel nicht mehr verputzt, zum anderen hat der Putz mit fast 70 Jahren sein »Verfallsdatum« bereits weit überschritten. Die mittlere technische Lebensdauer für solche Putze gibt der Bund Technischer Experten e.V. mit 50 Jah-



Abb. 5: Teil eines Bohrkerns aus Original-Ziegelsplittbeton. Er wurde bei einer Umbaumaßnahme im Keller entnommen und enthält wesentlich mehr Mauerwerksbruch als heutige R-Betone mit Typ 2-RC-Körnung.



Abb. 6: Die beim Bau bretteschalte Betonoberfläche im Inneren des Gebäudes wurde später weiß beschichtet

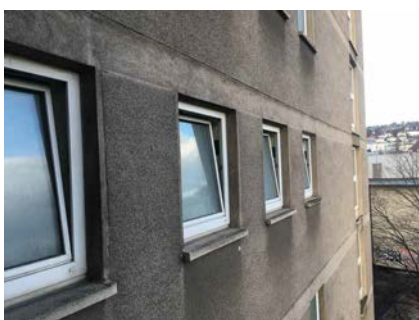


Abb. 7: Der mineralische Außenputz, als Kratzputz mit Glattputzbändern gestaltet, ist selbst in großer Höhe noch im Originalzustand erhalten

ren an [4]. Von den Verschmutzungen abgesehen, die für das Alter, die Höhe des Gebäudes und die Lage mitten in Stuttgart absolut nicht ungewöhn-

lich sind, ist der Putz technisch und ästhetisch in gutem Zustand (Abb. 7).

Ein Rundgang durch diesen gepflegten Bau aus Trümmerschuttbeton mit dem ursprünglichen Treppenhaus (Abb. 8) und viel originalem Interieur lässt erahnen, weshalb die Studierenden ihr Max-Kade-Haus als »das schönste Studentenwohnheim der Welt« bezeichnen. Bisher bestand kein Bedarf für Betoninstandsetzungsmaßnahmen. Bleibt zu wünschen, dass der allgemein gute Erhaltungszustand dieses Ziegelsplittbetons das Vertrauen in moderne RC-Betone fördert.

4 R-Betone in Deutschland aktuell

Die Idee, rezyklierte Gesteinskörnungen für Betone zu verwenden, wurde in den 1990er-Jahren wieder aufgegriffen und maßgeblich von Dr.-Ing. Peter Grübl und Mitarbeitern der Technischen Hochschule Darmstadt, Institut für Massivbau Baustoffe, Bauphysik und Bauchemie, untersucht und bewertet. Die Ergebnisse sind u. a. im Forschungsbericht »Der Einfluss von Recyclingzuschlägen aus Bauschutt auf die Frisch- und Festbetoneigenschaften und die Bewertung hinsichtlich der Eignung für Baustellen- und Transportbeton nach DIN 1045« [5] dokumentiert und bildeten eine wesentliche Grundlage für spätere Regelwerke.

Die von Grübl und Mitarbeitern entwickelten Rezepturen wurden in Folge für einzelne Bauteile an Pilotobjekten verwendet. In der Mitte der 1990er-Jahre wurden hauptsächlich CEM-I-Zemente (Portlandzement) für die wenigen Projekte mit RC-Beton eingesetzt. Aktuell werden für RC-Betone fast ausschließlich die energetisch und ökologisch günstigeren CEM-II-Zemente (Kompositzemente), über-



Abb. 8: Blick ins Treppenhaus – nur die Wandmalereien sind neu

wiegend in der Festigkeitsklasse 42,5, angewendet.

RC-Betone (= Recycling-Beton) oder auch R-Betone (= ressourcenschonender Beton) sind Betongemische, bei denen Kies und/oder gebrochene natürliche Gesteinskörnungen des Normalbetons anteilig durch RC-Gesteinskörnungen > 2 mm ersetzt werden. Die für R-Betone verwendeten RC-Körnungen werden nach dem Rückbau von Bauwerken oder Bauteilen aus Beton und Bauschutt durch spezielle Aufbereitungsvorgänge zurückgewonnen. Ihre Qualität wird geprüft und überwacht.

Detaillierte Informationen zur Aufbereitung von Bauabfällen finden Interessierte im Fachbuch »Baustoffrecycling, Entstehung – Aufbereitung – Verwertung« von Prof. Dr.-Ing. Anette Müller [6], die bis 2011 die Professur »Aufbereitung von Baustoffen und Wiederverwertung« an der Bauhaus-Universität Weimar innehatte.

Die Heinrich Feess GmbH & Co. KG aus Kirchheim/Teck, voran der prämierte Geschäftsführer Walter Feess, liefert nicht nur mehr als 40 geprüfte Produkte im Bereich rezyklierter Gesteinskörnungen unterschiedlicher »Vergangenheit«, sondern engagiert sich auch für die Verbreitung des Wissens rund um RC-Baustoffe, u. a. im Kompetenzzentrum Kreislaufwirt-

schaft Kirchheim/Teck, kurz K3, auf dem eigenen Betriebsgelände – selbstverständlich aus R-Beton mit eigenen RC-Körnungen gebaut.

In den letzten ca. zehn Jahren haben der Einsatz von RC-Baustoffen allgemein und auch der Einsatz von RC-Betonen im Hochbau zugenommen. Dennoch: Obwohl einige Transportbetonwerke R-Betone standardmäßig liefern und Fertigteilwerke z. T. RC-Körnungen für ihre Betone nutzen, sind sie im Hochbau leider eher noch »Nischen-Produkte«.

Mit R-Betonen können alle üblichen Stahlbetonbauteile wie Wände, Bodenplatten, Stützen oder Decken hergestellt werden, nicht nur aus Transportbeton, sondern – wie bereits erwähnt – auch als Betonfertigteile. Auch die Herstellung von Betonwänden und Sichtbetonen in allen Sichtbetonklassen sind möglich.

Während mit R-Betonen mit den Körnungen des Typs 1 (überwiegend aus gebrochenem Beton und nur max. 10 % Mauerwerksbruch) aktuell regional häufiger gebaut wird, vor allem in Baden-Württemberg, Berlin und Rheinland-Pfalz, bestehen für den Einsatz von Körnungen mit mehr Mauerwerksbruch (= Typ 2-Körnung) in Betonen noch größere Hemmnisse. Diese beruhen u. a. auf unzureichender Bekanntheit von R-Beton mit RC-Körnung des Typs 2 bei Planern und Bauherren. Weitere Gründe sind die Unkenntnis über die strengen Qualitätskontrollen bei den Recycling-Unternehmen vor Ort, schwankende Materialeigenschaften, z. B. unterschiedliche Wasseraufnahmen u. a. durch verschiedene Ziegelqualitäten, und unzureichende Erfahrungen über die Dauerhaftigkeit in den verschiedenen Expositionsklassen des Beton-einsatzes.

Normalfest		Zulässige Anteile rezyklierter GK > 2 mm, bezogen auf die gesamte GK (Vol.-%)			
C8/10 C12/15 C16/20 C20/25 C25/30 C30/37		DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 (DAfStb-Alkalirichtlinie)		DIN EN 12620	
		Betonkorrosion infolge AKR	Expositionsklasse	TYP 1	TYP 2
Nicht anwendbar in den Expositionsklassen	XS1, XS2, XS3 XD1, XD2, XD3 XF2, XF4 XA2, XA3 XM1, XM2, XM3	WO (trocken)	XC1 Carbonatisierung	≤ 45	≤ 35
		WF ¹⁾ (feucht)	X0 kein Korrosionsrisiko		
			XC1 bis XC4 Carbonatisierung		
			XF1 ¹⁾ und XF3 ¹⁾ Frost ohne Taumittel		
			Beton mit hohem Wassereindringwiderstand		
		XA1 Chem. Widerstand	≤ 25	≤ 25	

1) Zusätzliche Anforderungen nach Abschnitt 1, (3) und (4)

Abb. 9: Zulässige Anteile rezyklierter Körnungen des Typs 1 und 2 in den verschiedenen Beton-Expositionsklassen

R-Betone unterliegen den gleichen Anforderungen und Regelwerken wie konventionelle Betone – auch in Bezug auf die Qualitätssicherung und Güteüberwachung. In der BRD dürfen im Hochbau RC-Gesteinskörnungen in Betonen bis zu einer Druckfestigkeit von C30/37 für bestimmte Expositionsklassen eingesetzt werden (Abb. 9). Bei welchen Betonsorten, für welche Expositionsklassen und in welchen Anteilen diese RC-Gesteinskörnungen in Stahlbetonen eingesetzt werden dürfen, regelt seit 2004 eine Richtlinie des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton [7].

5 Mut zu mehr, als die aktuellen Regelwerke vorsehen

Nicht zuletzt motiviert durch die ca. 20-jährige Erfolgsgeschichte des Schweizer RC-Betoneinsatzes wurde in Baden-Württemberg an einzelnen Pilotobjekten in Bezug auf die Zusammensetzung der R-Betone und besondere

Bauteile aus R-Beton Neuland betreten. Ein Beispiel dafür ist die Erweiterung des Kreishauses des Landratsamts Ludwigsburg, wo nach aufwendigen Berechnungen und Betonversuchen mit maßgeblicher Unterstützung des Planungsteams der Werner Sobek Stuttgart GmbH ab 2015 u. a. die erste Pfahlgründung mit R-Beton (C25/30, XA1, XC2) realisiert wurde [8].

An einem weiteren, 2020 fertig gestellten Neubauprojekt der Mercedes-Benz AG wurde es durch Zusammenarbeit des Expertenteams um Prof. Breit von der TU Kaiserslautern mit dem umweltbewussten Bauherrn möglich, anspruchsvolle Fassadenelemente aus R-Betonen zu fertigen, bei denen 100 % der Gesteinskörnung > 2 mm aus RC-Körnungen des Typs 2 der Fa. Feess Kirchheim/Teck eingesetzt wurden [8]. Der Bauherr, die Mercedes-Benz AG, sieht in »solchen Innovationsprojekten die Chance für eine nachhaltige Realisierung der unternehmenseigenen Baustellen.« [9]



Abb. 10: Entwurfsplan des Technischen Rathauses in Tübingen mit Bestandsbau (oben) und bogenförmig der Krümmung der Straße folgendem Neubau



Abb. 11: Schnitt durch Altbau und Neubau mit der Aufstockung auf den Bestandsbau in Holzbauweise und Markierung der Bauteile aus RC-Beton im Neubau

6 Alt und trotzdem neu: historische und moderne R-Betone im Technischen Rathaus in Tübingen

Der alte Teil des Technischen Rathauses in Tübingen stammt aus den 1950er-Jahren. Da er nicht mehr den heutigen Anforderungen einer Stadtverwaltung entsprach und sich der Bedarf an Arbeitsplätzen verdoppelt hatte, wurde eine Erweiterung und Sanierung des Bestandsgebäudes notwendig.

Die Entwürfe des Architekturwettbewerbs wurden u. a. anhand der »Entwurfsgrundlagen Nachhaltige Architektur« verglichen. Gewinner des Wettbewerbs war das Architekturbüro Ackermann & Raff, dessen Entwurf den Erhalt des Bestandsgebäudes mit einer Angliederung des Neubaus auf der Straßenseite vorsah. Dafür wurde das Bestandsgebäude um einen bogenförmig der Krümmung der Straße folgenden Anbau erweitert (Abb. 10).

Als Außenhaut umschließt eine einheitliche Klinkerfassade beide Bau-



Abb. 12: Eine einheitliche Klinkerfassade umschließt den neuen und den alten Baukörper



Abb. 13: Das Atrium in der Bauphase. Links ist die intakte Fassade des Bestandsbaus aus den 1950er-Jahren zu sehen.

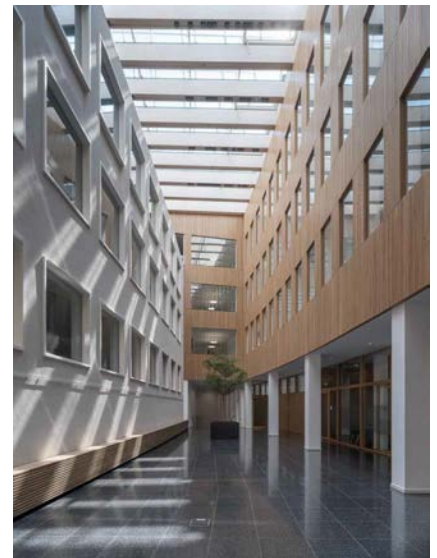


Abb. 14: Blick in das lichtdurchflutete Atrium nach der Fertigstellung

körper und bindet sie zu einer homogenen Einheit zusammen (Abb. 12). Zwischen beiden Gebäudeteilen entstand ein Atrium, in dem noch ein Teil der Bestandsbaufassade sichtbar ist (Abb. 13). Nach der Fertigstellung zeigt u. a. ein Blick in das lichtdurch-



Abb. 15: Im ursprünglichen Teil des Technischen Rathauses wurden Leichtbetonmauersteine mit Ziegelsplitt verbaut. Die Mauerwerke daraus können weiter genutzt werden.

flutete Atrium die gelungene Symbiose von Alt und Neu (Abb. 14).

Die Tragkonstruktion des Bestandsgebäudes blieb einschließlich der für die Bauzeit typischen Wendeltreppe weitgehend erhalten. Das vorhandene Walmdach wurde abgebrochen und durch ein neues Geschoss, ökologisch in Holzbauweise, ersetzt. In einigen Bereichen mussten die Zwischenräume der sehr schlanken Rippendecken aus Stahlbeton ausbetoniert werden, um die Tragfähigkeit zu verbessern.

Um schonend und nachhaltig mit den Ressourcen umzugehen, haben sich die Beteiligten neben dem Erhalt des Bestandsgebäudes im Neubau für die Verwendung von R-Beton entschieden (Abb. 11). Insgesamt wurden 1.165 m³ RC-Beton mit der Betongüte C25/30 für Decken und Wände verbaut. Die RC-Körnung (RC-Körnung Typ 2) lieferte die bereits erwähnte Fa. Feess. Die Rezeptierung und die Lieferung des Transportbetons übernahm die Fa. Wenzelburger.

Bei einer Begehung des Bestandsgebäudes durch die Verfasser mit zwei Studentinnen der Fakultät Bauingenieurwesen der HTWG Konstanz kamen aus Ziegelsplitt hergestellte Leichtbetonmauersteine im Format 385 × 255 × 220 mm (Abb. 15) und unter der Rippendecke Stahlbetonstützen aus Ziegelsplittbeton zum Vorschein (Abb. 16), von denen Bauherr und Planer bis dato keine Kenntnis hatten. Es bestand großes Interesse, die Leichtbetonmauersteine und Stützen aus Ziegelsplittbeton der 1950er-Jahre näher zu untersuchen, um deren Zustand anhand von Kennwerten für die geplanten Maß-



Abb. 16: Die Stützen unter der Rippendecke bestehen aus Ziegelsplittbeton

nahmen zu erfassen – nicht zuletzt, weil auch für den Neubau R-Beton geplant wurde.

Die Untersuchungen wurden von Vanessa Milkner im Rahmen ihrer Masterthesis in den Laboren der Fakultät Bauingenieurwesen der HTWG Konstanz durchgeführt [9]. Dafür wurden zwei der RC-Leichtbetonmauersteine ausgebaut und kleine Stücke der Stahlbetonstützen aus Ziegelsplitt-Ortbeton entnommen. Wesentliche technische Kennwerte dieser »historischen« Betone sind in Tab. 1 zusammengefasst.

Tab. 1: Technische Kennwerte der Ziegelsplittbetone des Technischen Rathauses Tübingen aus den 1950er-Jahren aus [10]

	Ziegelsplittbeton der Stützen	Leichtbeton-Mauerstein mit Ziegelsplitt
Rohdichte in kg/dm ³	1,65	Stege: 1,75 Stein insgesamt: 1,1 Lochanteil 37 %
Druckfestigkeit in N/mm ²	11,3	8,7
Dyn. E-Modul	13.000	7.100 bis 16.700
Biegezugfestigkeit in N/mm ²	1,2	n. e.
Wasseraufnahme in %	n. e.	15,5
n. e.: nicht erfasst		



Abb. 17: Der historische Ziegelsplittbeton weist ein festes und intaktes Gefüge und keine Fremdsalzelastungen auf

Beide Bestandmaterialien weisen ein festes und intaktes Gefüge und keine Fremdsalzelastungen auf. Neben Splitt aus einer Vielzahl in Farbe und Dichte unterschiedlicher Ziegel sind auch gebrochene Mörtelanteile Bestandteil der Gesteinskörnung (Abb. 17), die mit großer Wahrscheinlichkeit aus Trümmerschutt besteht.

Der Verbund zwischen Zementstein und RC-Körnung ist sehr gut, was durch das Eindringen eines Teils des Zementleims in das porige Gefüge der Gesteinskörnung begünstigt wurde. Es sind keine Risse oder Ablösungen an der Phasengrenze vom Zementstein zur Gesteinskörnung vorhanden. Trotz des haufwerksporigen Gefüges und des Betonalters von etwa 60 Jahren sind immer noch ausreichend hohe Festigkeiten vorhanden, sodass keine Hemmnisse für die Weiternutzung bestehen.

Neben ressourcenschonenden Aspekten beim Bauen wurde auf die Energieeffizienz im späteren Betrieb Wert gelegt. So wurden Erdsonden im Fundament zur passiven Luftkonditionierung und eine PV-Anlage mit einer Auslegung auf den Eigenverbrauch realisiert.

7 Fazit: Akzeptanz und Vertrauen in Recyclingbaustoffe sind wünschenswert

Weder für moderne R-Betone gemäß den Regelwerken noch für Ziegelsplittbetone der Nachkriegsjahre bestehen prinzipielle Bedenken gegen deren Einsatz oder die Weiternutzung im Hochbau. Die Autoren wünschen sich mehr Akzeptanz und Vertrauen in Recyclingbaustoffe, und dass für »Vintage« im Baubereich irgendwann ähnliches Interesse in der Bevölkerung und bei Bauherren besteht, wie für Vintage-Möbel oder Used-Look-Kleidung. Und das nicht nur für gebrauchte Türen, Treppen etc., sondern auch für Massenbaustoffe wie Beton. Darum bemühen sich viele »R-Beton-Anhänger«: die Autorin in der Ausbildung der Studierenden und der Autor bei der Planung moderner Hochbauprojekte.

»Ich bekomme Preise – und das war's dann«, [11] sagt Walter Feess vom gleichnamigen Recyclingunternehmen. »Den Bundesumweltpreis hat Feess ebenso bekommen wie die Wirtschaftsmedaille des Landes Baden-Württemberg, doch ihm wäre es lieber, die Politik würde den Einsatz von Recyclingbeton fördern und fördern« [11]. Dem schließen sich die Autoren an.

Literatur

- [1] Lamprecht, H.-O.: Opus Caementitium – Bautechnik der Römer. Verlag Bau+Technik: Düsseldorf, 1984
- [2] Schön, F.: Antike Kleinwasserspeicher im zentralen und westlichen Mittelmeerraum. Dissertation an der Universität Tübingen, 2017 (betreut durch Prof. Dr. Thomas Schäfer)
- [3] Schulz, R. R.; Hendricks, Ch. F.: Recycling of Masonry Rubble. In: Hansen, T. C.: Recycling of Demolished Concrete and Masonry. E&FN Spon An Imprint of Chapman & Hall: London, 1992
- [4] Bund Technischer Experten e.V. (Hrsg.): Arbeitsblatt der BTE-Arbeitsgruppe: Lebensdauer von Bauteilen, Zeitwerte. Kostenloser PDF-Download unter http://www.bte-mitglieder.de/upload/bte75_Arbeitsblatt%20Lebensdauer%20von%20Bauteilen%20FG%20Bauwesen%20Agethen%20Frahm%20Renz%20Thees%20Stand%202008.pdf
- [5] Grübl et al.: Der Einfluß von Recyclingzuschlägen aus Bauschutt auf die Frisch- und Festbetoneigenschaften und die Bewertung hinsichtlich der Eignung für Baustellen- und Transportbeton nach DIN 1045. Zwischenbericht September 1998 (www.b-i-m.de)
- [6] Müller, A.: Baustoffrecycling, Entstehung – Aufbereitung – Verwertung. Springer-Verlag: Heidelberg, 2018
- [7] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton: DAfStb-Richtlinie Beton nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 mit rezyklierten Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620. September 2010
- [8] Braunmiller, Landratsamt Ludwigsburg: Bauen mit RC-Beton: Objekterfahrung aus der Sicht des Bauherrn. Vortrag beim ifbau Stuttgart am 13.10.2016
- [9] Breit, W. et al: Fassade aus R-Beton mit 10 % Typ 2 RC-Körnung – Mercedes Benz AG setzt neue Maßstäbe auch im Beton. beton (2020), Nr. 7+8, S. 272–276
- [10] Milkner, V.: Einsatz von Recycling-Beton mit Typ-2-Körnung bei Hochbauprojekten. Masterthesis an der Hochschule Konstanz Technik, Wirtschaft und Gestaltung, Fakultät Bauingenieurwesen (Betreuung: Prof. Dr. Sylvia Stürmer)
- [11] Ein Fanal für Recyclingbeton und den Umweltschutz. In: Immobilienbrief Stuttgart, Ausgabe 270 vom 19.11.2019, S. 2–5

INFO/KONTAKT



Prof. Dr.-Ing.
Sylvia Stürmer

Studium Baustoffverfahrenstechnik an der Bauhaus-Universität Weimar, Promotion 1998 über Injektionen an historischen Mauerwerken; von 1990 bis 1998 als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Finger-Institut der Bauhaus-Universität Weimar in Lehre, Forschung und gutachterlich tätig; 1998 bis 2003 Produktmanagerin und später Leiterin der Abteilung Bauberatung bei der Fa. Colfirmat Rajasil in Marktredwitz (später: BASF Wall systems); seit Sept. 2003 Professorin an der Hochschule für Technik, Wirtschaft und Gestaltung HTWG Konstanz für Baustofftechnologie, Bauchemie, Bauphysik und Bausanierung; seit 2003 Mitglied der Leitung der Öffentlichen Baustoff-Prüfstelle der HTWG Konstanz; seit 2000 Mitglied der WTA, seit 2005: Leiterin des Referats 2 »Oberflächentechnologie«, Arbeitsgruppenleiter bei der Erarbeitung verschiedener WTA-Merkblätter; seit 2011 Mitglied im »Verein Erhalten historischer Bauwerke e.V.« in Karlsruhe; Referentin beim ifbau Stuttgart; Begutachtungen/Sachverständigentätigkeit; seit 1996 als Sachverständige und seit 2004 in Baden-Württemberg als Gerichtssachverständige tätig.

HTWG Konstanz
Fakultät Bauingenieurwesen
Alfred-Wachtel-Straße 8
78462 Konstanz
E-Mail: sylvia.stuermer@htwg-konstanz.de
Internet: www.htwg-konstanz.de



Dipl.-Ing.
Walter Fritz

1982 bis 1987 Ausbildung und Tätigkeit als Maurergeselle; 1988 bis 1992 Architekturstudium an der Fachhochschule für Technik Stuttgart; seit 1993 Mitarbeit im Büro Ackermann+Raff; 2010 Partnerschaft im Büro Ackermann+Raff; 2019 Umbenennung in a+r ARCHITEKTEN.

a+r ARCHITEKTEN GmbH
Eugenstraße 2
72072 Tübingen
Tel.: 07071 33030-20
Fax: 07071 33030-30
E-Mail: w.fritz@ackermann-raff.de
Internet: www.ackermann-raff.de