



**Einsatz von Recyclingmaterial aus mineralischen Baustoffen als Zuschlag in der Betonherstellung
am Beispiel einer Wohnbebauung an der Rheinallee in Ludwigshafen**

- Kurzbericht -

**Forschungsprojekt
gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt
AZ 26101 - 23**

Heidelberg, Cottbus, Ludwigshafen 2011



IFEU-Institut Heidelberg

Florian Knappe
Jens Lansche
Nicola R ath

Brandenburgische Technische Universität, Cottbus

Dr. Angelika Mettke
S ren Heyn

Fa. Scherer & Kohl GmbH & Co.KG, Ludwigshafen

Hans-Otto Hermann
Stefan Sattler
Stefan Heberger

Fa. TBS Transportbetonservice, Ludwigshafen

Joachim Gilles

mit Unterstützung durch Fa. Eberhard, CH-Oberglatt

Michael Strauss

Inhaltsverzeichnis

	Seite	
1	Hintergrund - Aufgabenstellung	2
1.1	Das Bauprojekt	3
1.2	Die Projektpartner	5
2	Situationsaufnahme	6
2.1	Großraum Ludwigshafen – Mannheim	6
2.1.1	Erwartete Entwicklung der Baustoffnachfrage	7
2.1.2	Erwartete Möglichkeiten für den Absatz von RC-Gesteinen für die Betonherstellung	8
2.1.3	Erwartete Chancen für den Baustoff RC-Beton	9
2.1.4	Zusammenfassende Einschätzung	10
3	Entwicklung und Bewertung RC-Beton-Herstellung	11
3.1	Produktionsprozess	11
3.1.1	Herstellung der RC-Gesteinskörnung	13
3.1.2	Herstellung des RC-Beton	17
3.2	Bauvorhaben	18
3.3	Ökologische Bewertung – Ökobilanz	20
3.4	Ökonomische Bewertung	29
4	Ergebnisse aus den Qualitätsprüfungen	31
5	Fazit - Schlussbemerkungen	34
6	Öffentlichkeitsarbeit	36
7	Projektbeirat	39
8	Literatur	41

„Impulsprojekt RC-Beton“
- Inhalt -

1 Hintergrund - Aufgabenstellung

In den 90er Jahren des letzten Jahrhunderts wurden im Rahmen eines großen Forschungsverbundvorhabens des BMBF (B-I-M: Baustoffkreislauf im Massivbau) die wesentlichen Weichenstellungen für die Entwicklung des Baustoffs RC-Beton und dessen Einführung in die entsprechenden Normen und Richtlinien gesetzt. In der Arbeitsgruppe II dieses Verbundvorhabens widmeten sich allein 24 Forschungsprojekte dem Thema RC-Beton.

Im Rahmen dieses Verbundvorhabens wurde mit der Waldspirale in Darmstadt (<http://de.wikipedia.org/wiki/Waldspirale>) auch ein Wohngebäude mit 105 Wohneinheiten errichtet, bei dem etwa 12.000 m³ RC-Beton verbaut wurden. Darüber hinaus gab es noch einige wenige weitere Vorhaben wie bspw. das Verwaltungsgebäude der Deutschen Bundesstiftung Umwelt in Osnabrück.

Auf der Basis der über Forschungsprojekte und Bauvorhaben gewonnen Erkenntnisse wurden für den Einsatz von RC-Beton Normen und Richtlinien erarbeitet. In der deutschen Baupraxis konnte sich dieser Baustoff jedoch bis dato nicht durchsetzen. Ganz anders zeigt sich die Situation in der Schweiz. Aufbauend auf diesen Erkenntnissen lässt sich RC-Beton in nahezu jeder Region der Schweiz im Portfolio von Transportbetonwerken finden.

Das zentrale Moment für diesen Erfolg war hierbei die Stadt Zürich und ihre erfolgreiche und beispielgebende Umsetzung stadtpolitischer Ziele zur Nachhaltigkeit in konkretes Handeln. So stellte sich die Stadt Zürich ihrer Verantwortung als Bauherr mit dem Bestreben, die durch ihre Bauvorhaben verursachten Massen an mineralischer Bauabfälle möglichst hochwertig und ressourcenschonend in den Baustoffkreislauf zurückzuführen. Um dies sicher zu stellen, wurden seit etwa den Jahren 2003/2004 konsequent für alle städtischen Bauvorhaben gezielt RC-Betone ausgeschrieben und eingesetzt. So entstanden unter Einsatz von RC-Beton mittlerweile zahlreiche Schulen, Kindergärten, Gebäude des sozialen Wohnungsbaus oder Verwaltungsgebäude, anfänglich begleitet durch wissenschaftliche Untersuchungen der ETH Zürich bzw. der Eidgenössischen Materialprüfungsanstalt EMPA.

Da zahlreiche weitere Bauherren mittlerweile diesem Beispiel gefolgt sind, konnte sich der RC-Beton in nahezu der ganzen Schweiz als kostengünstige und umweltverträgliche Baustoffalternative etablieren.

Dies galt es für Deutschland nachzuvollziehen. Mit dem Bauvorhaben in Ludwigshafen und der über das Projekt erfolgenden Begleitforschung und Öffentlichkeitsarbeit sollte ein wichtiger Impuls für den ressourcenschonenden Baustoff RC-Beton gesetzt werden.

Mit dem vorliegenden Bericht soll in Kurzform ein Überblick über das Forschungsprojekt und seine Ergebnisse geliefert werden. Darüber hinaus sei auf den Internetauftritt www.rc-beton.de verwiesen. Hier sind weitere Informationen zum Projekt und einzelne Forschungsteilberichte enthalten.

Das wesentliche Ziel des Projektes war es, Impulse zur Einführung des Baustoffs RC-Beton zu setzen. Dies ist hervorragend gelungen, wie man ebenfalls der Dokumentation einer Auswahl weiterer Bauvorhaben mit RC-Beton unter www.rc-beton.de entnehmen kann.

1.1 Das Bauprojekt

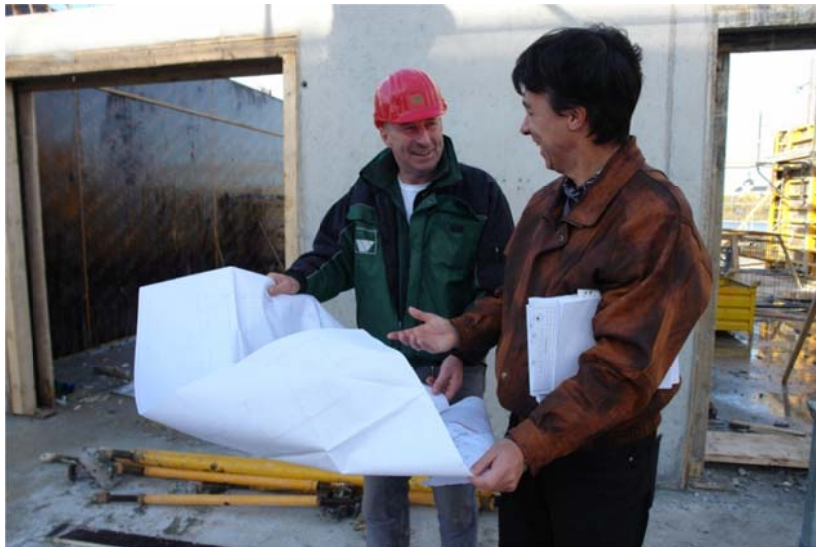
Die kommunale Wohnungsbaugesellschaft GAG aus Ludwigshafen, das größte Wohnungsunternehmen in Rheinland-Pfalz, stellte ein Bauvorhaben für den Einsatz von RC-Beton zur Verfügung. Im Zuge der Rheinuferbebauung Süd errichtete die GAG ein Wohngebäude als Boarding House. Es handelt sich um ein 4-geschossiges Gebäude, abgeschlossen von Penthousewohnungen.

Das Gebäude wurde auf einer Tiefgarage errichtet. Alle aufgehenden Wände und Decken wurden mit Ortbeton hergestellt. Die geforderte Betondruckfestigkeit lag einheitlich bei C 30/37. Da die Außenwände mit Dämmplatten versehen wurden, wurde eine einheitliche Expositionsklasse XC1 angesetzt.

Das Gebäude wurde nahezu vollständig mit RC-Beton errichtet. Während des Baufortschrittes wurde angesichts der guten Erfahrungen entschieden, auch die Sichtbetonwände mit RC-Beton auszuführen. Liefermengenüberschüsse wurden zudem auf der Baustelle zu Betonstützen verarbeitet, so dass nur die Balkone sowie die Treppen, die als Fertigteile angeliefert wurden, nicht aus RC-Beton hergestellt sind. Da die Tiefgarage als weiße Wanne hergestellt werden musste und dies unter Verwendung von konventionellen Betonen erfolgte, mussten auch die aufgehenden Wände im Erdgeschoss aus Gründen der Gewährleistungsübernahme aus konventionellem Beton hergestellt werden. Im Laufe des Forschungsprojektes zeigte sich, dass sich mit den entwickelten Betonrezepturen auch problemlos eine Weiße Wanne hätte errichten lassen.



Der Rohbau wurde von der Fa. Weisenburger aus Rastatt errichtet, die seitens der GAG zudem als Generalunternehmer für dieses Bauprojekt beauftragt wurde. Die letztendliche Entscheidung über den Einsatz von RC-Beton lag dementsprechend bei diesem Unternehmen. Das Unternehmen stand mit Hr. Wolsztyniak (Prokurist und Leiter Rohbau) im Rahmen der Führungen dem Projekt immer gerne zur Verfügung.



1.2 Die Projektpartner

Die eigentlichen in das Projekt eingebundenen Industriepartner sind mit Fa. TBS Transportbeton Service GmbH und Fa. Scherer & Kohl GmbH & Co.KG zwei Firmen aus Ludwigshafen.

Die Fa. TBS ist einer der wenigen mittelständischen Transportbetonunternehmen mit dem Sitz der Verwaltung in Ludwigshafen (<http://www.tbs-transportbeton.de/>). Die Produktionsanlage befindet sich wenige Kilometer entfernt auf der gegenüberliegenden Rheinseite im Mannheimer Handelshafen. Über die Firma TBS wurden insgesamt 8 Betonrezepturen entwickelt, wobei hierfür auch auf eigene Zement- und Betonlabors zurückgegriffen werden konnte. Auch der Eignungsnachweis der letztendlichen Rezepturen erfolgte für die Frischbetoneigenschaften und die ersten Druckfestigkeitsprüfungen direkt im Werk. Natürlich wurde durch TBS dann auch die Baustelle durch TBS versorgt.

Die Herstellung der Gesteinskörnungen erfolgte beim Projektpartner Fa. Scherer & Kohl. Diese Firma (<http://www.scherer-kohl.de/home.php>) verfügt im Raum Ludwigshafen-Mannheim über drei stationäre Bauschuttzubereitungsanlagen. Die Herstellung der Gesteinskörnung erfolgte im Werk Kaiserwörthhafen in Ludwigshafen. An diesem Standort befindet sich auch eine Nassaufbereitungslinie, die in die Herstellung des Produktes einbezogen war. Auch hier erfolgten durch die Fa. Scherer & Kohl die Abstimmung der Aufbereitungsschritte und die genaue Einstellung der Aggregate auf das Produktionsziel der Herstellung einer RC-Gesteinskörnung für die Betonherstellung, abgestimmt auf die spezifischen Eigenschaften des Altbetons als Ausgangsmaterial.

Natürlich wurde der Betonhersteller TBS dann auch im nötigen Umfang mit RC-Gesteinskörnung versorgt.

Durch die BTU Brandenburgischen Technischen Universität aus Cottbus (<http://www.tu-cottbus.de/fakultaet4/>) erfolgte zum einen die wissenschaftliche Untersuchung und Prüfung der RC-Gesteinskörnung sowie des RC-Betons, beides in einem Umfang weit über die entsprechenden Vorgaben der Normen und Richtlinien hinaus. Zudem wurden die Stoffströme und Betriebsmittelverbräuche sowohl der Herstellung der RC-Gesteinskörnung als auch des RC-Betons aufgenommen, beides als Basis zur Ableitung von Kennzahlen für die ökologische und ökonomische Beurteilung. Letztere wurde durch BTU durchgeführt.

In der Hand des ifeu-Institut für Energie- und Umweltforschung aus Heidelberg (www.ifeu.org) lag die Projektleitung. Zudem erfolgten durch das Institut die ökologische Begleitforschung und zu Beginn des Projektes eine Situationsaufnahme für den Raum Ludwigshafen - Mannheim. Mit dem Forschungsprojekt sollte eine Initialzündung für RC-Beton erreicht werden. Das Bauvorhaben selbst wurde daher für eine umfassende Öffentlichkeitsarbeit in der Region und weit darüber hinaus genutzt. Diese Öffentlichkeitsarbeit lag in Konzeption und Durchführung ebenfalls in der Verantwortung des Institutes.

2 Situationsaufnahme

2.1 Großraum Ludwigshafen – Mannheim

Die Situationsaufnahme im Großraum Ludwigshafen-Mannheim erfolgte zunächst über Auswertung von Statistiken, die über die Statistischen Landesämter der Länder Baden-Württemberg, Hessen und Rheinland-Pfalz bezogen wurden. Sie erfolgte aber vor allem auch über die Kontaktaufnahme und das Gespräch mit Firmen aus dem gesamten Wirtschaftsspektrum Bau.

Auf Basis von Gesprächsleitfäden, die für die einzelnen Akteursgruppen entworfen wurden, wurde mit Firmen der Branchen Abbruch, Bauschutt-Recycling, Bauunternehmung, Transportbetonherstellung, Bauträger/Wohnungsunternehmen, Bauingenieure/Architekten Kontakt aufgenommen und Interviews geführt. Der Erstkontakt erfolgte

über eMail zusammen mit einer Projektkurzbeschreibung mit der Bitte, sich bei Interesse entsprechend rückzumelden. Parallel wurde außerdem auf die Auftaktveranstaltung am 30.06.2009 hingewiesen und über einen beigefügten Folder hierzu eingeladen.

Es wurden 200 Firmen-Adressen angeschrieben und teilweise telephonisch nachgefasst. Nicht alle der angeschriebenen Architekturbüros und Firmen waren tatsächlich mit dem Thema Hochbau und Baustoff Beton befasst. Per Telefon wurden terminlich vereinbarte Interviews oder spontane Kurzinterviews anhand eines Gesprächsleitfadens durchgeführt. Es gab etwa 150 telephonische Kontakte und 22 Interviews.

2.1.1 Erwartete Entwicklung der Baustoffnachfrage

Über alle Akteursgruppen wird die Einschätzung vertreten, dass die Baustoffnachfrage eher weiter rückläufig sein wird. Bestenfalls wird ein Stagnieren der Neubautätigkeiten auf niedrigem Niveau erwartet. Die Sanierung von Gebäuden hat dagegen einen sehr großen Stellenwert erhalten und wird dieses auch beibehalten können.

Für das zunehmende Bauen im Bestand ist die große Bedeutung von Sanierungsmaßnahmen ein wichtiges Indiz. Bei bestimmten Gebäuden mit einem Baualter >30 Jahren ist der Aufwand zur (energetischen) Sanierung finanziell höher als ein Rückbau und eine Neubebauung. Neubebauungen im größeren Umfang auf bereits erschlossenen Grundstücken erfolgen bislang auf alten gewerblichen und industriellen Brachen, dies insbesondere in City-Nähe. Gerade die Rheinuferbebauung in Ludwigshafen, in deren Zuge auch das Gebäude mit RC-Beton errichtet wird, ist hierfür ein gutes Beispiel.

Die klassischen Absatzwege für RC-Baustoffe liegen im Straßen- und Wegebau und in weiteren eher untergeordneten Anwendungen. Nach Einschätzung der befragten Bauschutt - Recycler wird es auch zukünftig eher keine bedeutenden Absatzprobleme für RC-Baustoffe in diesen Absatzwegen geben. Dies gilt insbesondere für RC-Baustoffe, die auf aufbereiteten Altbeton aufbauen.

Die Absatzmöglichkeiten für RC-Baustoffe werden wesentlich über den Preis bestimmt. Soll ein hochwertiger RC-Baustoff hergestellt werden, der als Zuschlag in der Betonherstellung Verwendung finden soll, so ist dies mit einem deutlich höheren Aufwand verbunden. Dies müsste über entsprechende Erlöse im Verkauf abgedeckt werden, was gerade in Regionen wie dem Rhein-Neckar-Raum kaum realisierbar erscheint. Die Region besitzt große Vorkommen an hochwertigen Primärmaterialien, insbesondere

Kiesvorkommen, die zu vergleichsweise niedrigen Preisen auf dem Markt angeboten werden.

2.1.2 Erwartete Möglichkeiten für den Absatz von RC-Gesteinen für die Betonherstellung

Soll in einem Bauschutt-Recyclingbetrieb Gesteinskörnung als Betonzuschlag hergestellt werden, so ist dies mit deutlichem Mehraufwand gegenüber dem Status Quo verbunden. Bauschutt entstammt dem Rückbau oder Abbruch von Hochbauten. Da sich die Gebäude in ihrer materiellen Zusammensetzung unterscheiden, unterscheiden sich auch die Verwertungseigenschaften des Materials, das bei Bauschuttrecyclern angeliefert wird, von Charge zu Charge. An die Gesteinskörnungen, die als Zuschlag für Transportbetonwerke vorgesehen sind, werden höchste physikalische und chemische Anforderungen gestellt und dies reproduzierbar über große Massenströme und Zeiträume.

Seitens der Bauschuttrecycler wird befürchtet, dass dieser Mehraufwand durch den Markt nicht honoriert wird und man sich zugleich die Absatzchancen für die übrigen Produkte eher deutlich verschlechtert. Will man hochwertige RC-Gesteinskörnung herstellen, kann man hierfür auf etwa 20 % bis 30 % des Materialinputs zurückgreifen. Dies bedeutet, dass für die verbleibenden 70% des Materialstroms neue eher untergeordnete und erlösschwache Absatzwege gesucht werden müssen. In der heutigen Situation erscheint vielen die Strategie sinniger, das gesamte Material mit einem geringeren Aufwand aufzubereiten und gesamt im mittleren Preissegment zu vermarkten.

Ein Trend zu vermehrtem Bauen im Bestand und damit einer Verschiebung des Verhältnisses von Bauschuttanfall zu Baustoffnachfrage ist für viele Unternehmen noch nicht deutlich genug zu erkennen. Bauschuttrecycler werden auf entsprechende Nachfrage nach dem neuen Baustoff reagieren, die Absatzwege jedoch nicht selbst versuchen zu erschließen.

Mit dem Ziel einer Aufbereitung von Bauschutt zu einem hochwertigen RC-Gestein ist eine deutliche Umstellung im Stoffstrommanagement verbunden. So muss bereits im Inputmaterial eine genaue Trennung der angelieferten Stoffe erfolgen, da die Möglichkeiten in der Aufbereitung gerade im Hinblick einer Auftrennung zwischen den verschiedenen mineralischen Stoffen kaum möglich sind. Sehr gutes Ausgangsmaterial, d.h. reiner Betonbruch aus Stahlbetonbauwerken, ist sortenrein im Zweifel nur bei Ver-

zicht auf Annahmeerlöse zu erhalten. Ideal ist eine enge Zusammenarbeit mit den Abbruchunternehmen bzw. ein entsprechender Geschäftszweig innerhalb des Unternehmens, da so die erhöhten Qualitätsanforderungen auch „nach vorne“ an die Abbruchbaustellen durchgereicht werden können.

2.1.3 Erwartete Chancen für den Baustoff RC-Beton

Die Transportbetonwerke der Region zeigten sich bei der Umfrage zu Beginn des Projektes gegenüber den Marktchancen von RC-Beton eher skeptisch. Unter den bestehenden Randbedingungen wird bezweifelt, dass sich der Baustoff RC-Beton auf dem Markt durchsetzen wird. Als Hemmnisse wurden folgende Sachverhalte genannt.

So wurde seitens der Betonhersteller bezweifelt, dass sich auf dieser Rohstoffbasis RC-Gestein qualifizierte Betone für den Hochbau herstellen lassen. Als maximal möglich werden Betonqualitäten bspw. mit Druckfestigkeiten von C 20/25 erwartet. Befürchtet werden Materialeigenschaften des RC-Gesteins wie bspw. Saugverhalten, die im Herstellungsprozess größere Schwierigkeiten erwarten lassen. Absatzmöglichkeiten von RC-Beton werden daher weniger im Hochbau bzw. Stahlbetonbau gesehen als vielmehr bspw. im Bereich hydraulisch gebundener Tragschichten im Straßenbau. Dass für den RC-Beton entsprechende Richtlinien und Normen vorliegen, mindert die vorhandene Grundskepsis eher nicht. Es wird darauf verwiesen, dass diese vergleichsweise neu vorliegen und aufgrund mangelnder Umsetzung in die Baupraxis keine Erfahrungen vorliegen können. RC-Betone sind keine ausgereiften Produkte.

Neben den Einschränkungen in den erzielbaren Qualitäten liegen nach Ansicht der Transportbetonunternehmen die größten Hemmnisse in der Logistik. In aller Regel verfügen Transportbetonwerke nur über eine sehr eingeschränkte Anzahl von Boxen für die Bevorratung von Zuschlagsstoffen. Möchte man RC-Beton herstellen, sind weitere Boxen für die Bereithaltung von RC-Gesteinskörnung erforderlich. Dies bedeutet entsprechende Investitionen in einer wirtschaftlich schwierigen Situation. In nicht wenigen Fällen fehlt es an den bestehenden Standorten auch an Erweiterungsmöglichkeiten.

Die Herstellung der RC-Gesteinskörnung erfordert für die Bauschuttrecycler zudem eine Umstellung im Stoffstrommanagement und Herstellungsprozess. Es muss wesentlich mehr Augenmerk auf deren Homogenität und Reinheit gelegt werden, was auch eine Anpassung bereits bei den Rückbaumaßnahmen von Gebäuden erfordert. Hier wird eine höhere Selektivität erforderlich. Allgemein wird bezweifelt, dass angesichts

der inhomogenen Zusammensetzung des Bauschutts sich Gesteine in hoher Qualität und über große Massenströme gleich bleibenden Eigenschaften herstellen lassen. Zudem wird bezweifelt, dass es ausreichend Bauschuttmaterial gibt, um in einem relevanten Anteil die Betonnachfrage abdecken zu können.

Andererseits wird auch von der Transportbranche erkannt, dass die Belieferung der Werke mit Primärstein aus der Region immer schwieriger werden wird. Schon heute haben die bestehenden Natursteinwerke und Kiesgruben große Probleme, Genehmigungen zur Erweiterung der Abbaustätten zu erhalten. Es erscheint daher mittelfristig durchaus plausibel, auf RC-Gestein als Zuschlagalternative zurück greifen zu können.

Nach Einschätzung der Industrie lässt sich RC-Beton nur dann auf dem Markt durchsetzen, wenn für diesen Baustoff zumindest anfänglich intensiv Fördermittel zur Verfügung gestellt werden. Letztendlich muss der Einsatz von RC-Beton mit einem Preisvorteil verbunden sein. Parallel dazu muss eine intensive Öffentlichkeitsarbeit erfolgen, da der Zusatz „Recycling“ bei nicht wenigen Kunden zunächst mit negativen Assoziationen verbunden ist. Nicht zuletzt ist die Öffentliche Hand in ihrer Vorbildfunktion gefragt.

2.1.4 Zusammenfassende Einschätzung

Zusammenfassend lässt sich feststellen: Aus den zahlreichen Gesprächen mit Architektur- und Ingenieurbüros, Bauunternehmen, Bauschuttzubereitern und Transportbetonunternehmen ließ sich eine deutliche Skepsis gegenüber dem neuen ressourcenschonenden Baustoff RC-Beton erkennen.

Trotz bestehender Richtlinien und Normen war durch das Forschungsprojekt insbesondere die bautechnisch uneingeschränkte Eignung von Betonrezepturen zu beweisen, die in erheblichem Umfang auf RC-Gesteinskörnung zurückgreifen und dies bei mindestens Preisgleichheit gegenüber dem konventionellen Beton. Zugleich wurden die großen Informationsdefizite deutlich, insbesondere bei Architekten und Bauingenieuren, vor allem aber auch bei den Bauherren. Die zweite Aufgabe des Projektes war es daher, das Bauvorhaben als Impulsprojekt zur „Markteinführung“ von RC-Beton“ zu nutzen und dieses Vorhaben mit umfangreicher Öffentlichkeitsarbeit zu begleiten.

Durch die Untersuchungen waren auch die Möglichkeiten zu prüfen, die Herstellungsprozesse von RC-Gesteinskörnung als auch das Stoffstrommanagement bei dem

Transportbetonhersteller auf Optimierungspotenziale zu untersuchen und die gewonnenen Erkenntnisse über einen kurzen, allgemeinverständlichen Leitfaden Dritten zur Verfügung zu stellen.

3 Entwicklung und Bewertung RC-Beton-Herstellung

3.1 Produktionsprozess

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurden 8 Betonrezepturen für unterschiedliche Betonsorten mit unterschiedlichen Anteilen an RC-Gesteinskörnung entwickelt. Dabei wurden für einige Betonsorten deutlich höhere Anteile an RC-Gesteinskörnung in den Rezepturen gewählt als in der Richtlinie des Deutschen Ausschusses für Stahlbetonbau (Beton nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 mit rezyklierten Gesteinskörnungen nach DIN 4226-100) genannt. Die Verwendung der Betonrezeptur mit der Druckfestigkeit C 35/45 ist ebenfalls nicht von dieser Richtlinie abgedeckt und bedürfte einer Zulassung im Einzelfall.

Druckfestigkeit	Konsistenz	Exposition	Anteil RC-Gesteinskörnung	Vorgabe der Richtlinie des DAfStb	Zementgehalte in kg/m ³
C 8/10	C1	X0	68%	≤45%	155 + 25 Asche
C 12/15	C1	X0	68%	≤45%	210
C 12/15	F3	X0	68%	≤45%	260
C 20/25	F3	XC1/XC2	45%	≤45%	310
C 25/30	F3	XC4, XF1	35%	≤35%	330
C 25/30 (WU)	F3	XC4, XF1	35%	≤35%	340
C 30/37	F3	XC4, XF1, XA1, XD1, XM1	30%	≤25%	360
C 35/45	F3	XC4, XF2, XA2, XD2, XM2	25%		360

Die Betonrezepturen mussten unabhängig von konkreten Bauvorhaben und den aus der Tragwerksplanung abgeleiteten Vorgaben entwickelt werden. Da mit Beginn des Forschungsprojektes der Zeitpunkt für den Baubeginn schon festlag, und nur wenig Spielraum zur Entwicklung der Betonrezepturen und vor allem deren Eignungsprüfung im Rahmen der Erstprüfung zuließ, wurde unmittelbar mit der Rezepturentwicklung begonnen und dies eher unter dem Forschungsaspekt.

Erwartet wurden für das Bauvorhaben Betonsorten der Druckfestigkeitsklassen C 20/25 oder C 25/30 und einer Exposition in XC1, die klassisch im Hochbau überwiegend Verwendung finden. Diese Rezepturen entsprachen gerade auch hinsichtlich Anteile an RC-Gesteinskörnung den Vorgaben der Richtlinie des Deutschen Ausschuss für Stahlbeton.

Überraschend wurde für das Gebäude aus der Tragwerksplanung heraus ausschließlich Beton der Druckfestigkeit C 30/37 in Expositionsklasse XC1 angefordert. Da aus zeitlichen Gründen keine Anpassung der entwickelten Rezepturen für den RC-Beton mehr möglich war, musste der Bedarf mit der bestehenden Rezeptur C 30/37 für die Expositionen XC4 / XF1 / XA1 / XD1 / XM1 abgedeckt werden. Die „Leistungsfähigkeit“ des gelieferten Betons lag demnach deutlich über den Anforderungen des Bauwerkes. Dies wird vor allem in den eingesetzten Zementmengen deutlich. Mit der geforderten Expositionsklasse XC1 war der eingesetzte Anteil RC-Gesteinskörnung in der Rezeptur von 30% abgedeckt. Die Richtlinie des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton räumt einen Anteil von maximal 45% ein.

Auch in anderer Hinsicht machte sich die angespannte Zeitplanung bemerkbar. Die Ergebnisse der Eignungsprüfung der entwickelten RC-Beton-Rezepturen lagen noch nicht zu einem Zeitpunkt vor, als die Vergabe der Betonlieferungen für die Tiefgarage erfolgen musste. So wurde die Tiefgarage aus konventionellem Beton errichtet, obwohl die Prüfergebnisse einen problemlosen Einsatz als WU-Beton aufzeigten.

Der Einsatz des RC-Betons erfolgte in einem Bauprojekt der GAG, das nicht eigentlicher Bestandteil des Forschungsprojektes war. So wurde das Bauvorhaben bspw. nicht finanziell gefördert. Das eigentliche Bauvorhaben durfte daher durch den Einsatz von RC-Beton nicht negativ beeinflusst werden. Nicht nur die Zeitpläne waren zwingend einzuhalten. Auch musste die uneingeschränkte Eignung des Betons sowohl hinsichtlich der Frisch- als auch der Festbetoneigenschaften jederzeit sichergestellt sein. Entsprechend dieser Randbedingungen und der Tatsache, dass mit dem Bauvorhaben und der Entwicklung der Betonrezepturen weitgehend Neuland betreten werden musste, wurden Betonrezepturen entwickelt, mit denen man sich auf der „sicheren Seite“ bewegen wollte. Entsprechend wurden die zulässigen Anteile RC-Gesteinskörnung nicht maximal ausgeschöpft und die Zementgehalte nicht auf Mindestmengen hin optimiert.

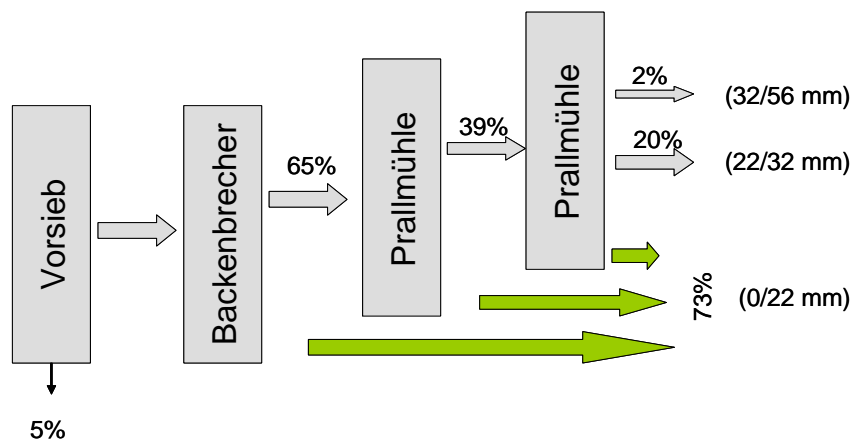
Dass RC-Betone auch mit deutlich geringeren Zementgehalten und maximaler Ausschöpfung der zulässigen Anteile an RC-Gesteinskörnung die geforderten Qualitäten ohne Abstriche sicher einhalten, konnte in einem weiteren Projekt im Raum Stuttgart nachgewiesen werden (Knappe, 2010). Die aus ökologischer (und ökonomischer) Sicht besonders interessanten Portlandzementanteile sind für die einzelnen Betonsorten in den Projekten Ludwigshafen und Stuttgart jedoch vergleichbar.

3.1.1 Herstellung der RC-Gesteinskörnung

Die Herstellung der RC-Gesteinskörnung bei der Fa. Scherer & Kohl in Ludwigshafen ist im Detail im Projektbericht des Partners btu beschrieben (btu: Ökologische Prozessbetrachtungen RC-Beton (Stofffluss, Energieaufwand, Emissionen), der seit November 2010 auch zum Download auf der Projekthomepage www.rc-beton.de zur Verfügung steht. Auf diesen Bericht sei an dieser Stelle verwiesen. Zusammenfassend lässt sich der Aufbereitungsprozess im Werk Kaiserwörthhafen folgendermaßen beschreiben.

Als Ausgangsmaterial wurde eine reine Betonfraktion gewählt. Zu diesem Zweck wurden Betonmonoanlieferungen separat vom übrigen Bauschutt bzw. den gemischten mineralischen Bauabfällen gehalten.

Die Aufbereitung dieser Altbetone erfolgte in mehreren Stufen zunächst klassisch in einer Kombination aus Backenbrecher und Prallmühle und nachgeschaltet für die Produktkörnung (0/22 mm) in einer Wäsche. Die nasse Aufbereitung dient der Abtrennung von Staubanhaftungen sowie der Abscheidung von Restgehalten an Fremdstoffen. In der trockenen Aufbereitung erfolgt auch eine Abtrennung von Fe-Metallen sowie ggf. von Fremdstoffen über eine Handauslese. Entsprechend dem Ausgangsmaterial fielen hier relativ geringe Mengen an (5%), die in der Stoffflussdarstellung nicht berücksichtigt sind.



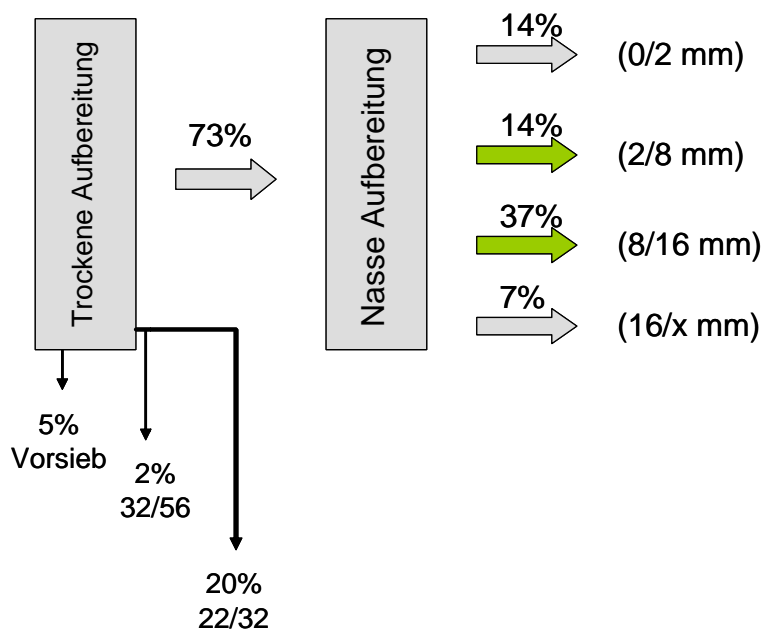
Wie aus dem Stoffflussdiagramm des ersten Schrittes d.h. der trockenen Aufbereitung entnommen werden kann, wird nur ein Teilstrom (ca. 50% des Zielproduktes) zweimal gebrochen bzw. über die Prallmühle geführt. Im Allgemeinen geht man davon aus, dass ein doppeltes Brechen und insbesondere ein Brechvorgang über eine Prallmühle die gewünschte Kornform sicherstellt. Aufgrund des physikalischen Prinzips eines Backenbrechers erzeugt dieser höhere Anteile plattiger Materialien, während ein kubisches Korn, das gerade auch für die Betonherstellung besonders geeignet ist, vor allem über eine Prallmühle erzeugt werden kann.

Für eine hochwertige Aufbereitung von Gesteinskörnungen klassisch ist ein zweimaliges Brechen. Dass im vorliegenden Fall ein nicht unerheblicher Teilmassenstrom ein drittes Mal über einen Brecher geführt wurde entsprach der Zielvorgabe, einen möglichst hohen Anteil an der Ausgangsgesteinskörnung als Zielprodukt für den Einsatz in der Betonherstellung zu gewinnen. Sowohl aus ökologischer als auch aus ökonomischer Sicht dürfte dieses Vorgehen sich in der Praxis nicht umsetzen lassen. Zu beachten ist, dass sich die Gesteinskörnungen 22/32mm, 32/56mm und auch >56mm problemlos und zu guten Erlösen auch über andere Produkte und Absatzwege vermarkten lassen.

Der Projektpartner Fa. Scherer verfügt auf seinem Standort Kaiserwörthhafen auch über eine Anlage zur nassen Aufbereitung. Die nasse Aufbereitung dient der Abtrennung von Feinbestandteilen und leichten Fremdstoffen sowie der endgültigen Klassierung. Das anfallende Feinmaterial wird bei der Abreinigung des Waschwassers (Zyklone, Kammerfilterpresse) als Sand abgetrennt.



Für die Herstellung der RC-Betone wurden mit 2/8mm und 8/16mm zwei Lieferkörnungen mit dem Transportbetonwerk TBS vereinbart. Dies erleichtert die genaue Auslegung der Beton-Rezepturen, ist aber nicht zwingend notwendig, wie die Projekterfahrungen aus dem Raum Stuttgart (Knappe 2010) zeigen. Hier wurde eine Lieferkörnung 2/16mm vereinbart, die zwangsläufig eine größere Schwankung in der Körnungsabstufung von Liefercharge zu Liefercharge aufweisen muss als bei der Aufteilung in die beiden Körnungen 2/8mm und 8/16mm zu erwarten ist. Wird bei jeder Charge Gesteinskörnung eine Sieblinienbestimmung durchgeführt, können die Anteile der Primärgesteinskörnungen darauf abgestimmt werden, so dass sich in Summe auch hier eine optimale Körnungsabstufung erzielen lässt.





Die Konfiguration der stationären Aufbereitungsanlage sowie die Konzeption der Aufbereitung der RC-Gesteinskörnung für die Betonherstellung erfordern einen umfangreichen Radladereinsatz. So sind das Ausgangsmaterial sowie die verschiedenen Zwischenprodukte immer wieder mittels Radlader dem Prozess zuzuführen, wobei die beiden Brecher sowie die Waschanlage jeweils nur mit größeren Fahrstrecken zu erreichen sind. Grundsätzlich sind auch kompaktere Aufstellungskonzepte derartiger Anlagen möglich bzw. auch üblich, ohne dass dies negative Auswirkungen auf die Produktqualität hätte.



3.1.2 Herstellung des RC-Beton

Die Herstellung des Betons erfolgte bei der Fa. TBS Transportbetonservice in deren Werk im Mannheimer Handelshafen. Es handelt sich um eine kompakte Anlage, deren Logistik bzw. Stoffstrommanagement für die mineralischen Zuschlagstoffe zentral über einen eigenen Kran erfolgt, der zugleich auch der Entladung von Schiffen dient.



Ressourcenschonender Beton RC 30/37



Für das Bauvorhaben Boarding-House der GAG in Ludwigshafen wurde – wie o.a. - allein auf die Rezeptur der Druckfestigkeit C 30/37 zurückgegriffen. Eine Betonrezeptur besteht im Wesentlichen aus Gesteinskörnungen (Kiese / Splitte), Sand sowie Zement

als Bindemittel, der mittels Wasser „angemacht“ werden muss. Die Rezeptur wird jedoch wesentlich von der Wahl der Zusatzmittel beeinflusst. Waren dies lange Zeit einfache Betonverflüssiger (BV), handelt es sich jetzt um Fließmittel, die in deutlich geringeren Mengen wesentlich gezielter auf die Eigenschaften der übrigen Rezepturbestandteile und hier insbesondere auf die eingesetzten Zemente zugeschnitten den Rezepturen zugeführt werden. Im vorliegenden Fall wurde MC Powerflow 2240 als Fließmittel verwendet.

Zemente werden derzeit in den seltensten Fällen als CEM I d.h. reine Portlandzemente eingesetzt. So wurde auch für die Betonrezepturen mit einem CEM II auf einen Zement zurückgegriffen, der nach Norm nur einen Portlandzementanteil von 65% bis 79% aufweist. Die erlaubte Bandbreite der Gehalte an Flugaschen und Nebenbestandteilen ist groß, genauere Spezifikationen liegen jedoch nicht vor.

Die Betonherstellung erfolgt in der Mischanlage und zwar im Batch-Betrieb. Die Rezepturbestandteile werden gemäß deren Fassungsvermögen zugeführt, gemischt und anschließend sofort an die Transportbetonfahrzeugen übergeben. Es bedarf immer mehrerer Mischvorgänge, um ein Transportbetonfahrzeug zu beladen. Die Mischzeit unterscheidet sich nach den im Projekt gewonnenen Erfahrungen nicht gegenüber der Herstellung von konventionellem Beton.

3.2 Bauvorhaben

Bei dem Bauvorhaben Boarding House der kommunalen Wohnungsbaugesellschaft GAG, das im Rahmen der Rheinufer-Bebauung Süd im Rohbau bis Ende des Jahres 2009 errichtet wurde, wurden etwa 500 m³ RC-Beton eingesetzt. Abgefragt wurden allein Betone der Druckfestigkeit C 30/37 in der Exposition XC1. Sämtliche aufgehenden Wände sowie die Decken des Gebäudes wurden in Ortbeton hergestellt, so dass mit Ausnahme der Treppen sowie der Balkondecken, die als Fertigteile angeliefert wurden, sämtliche Betonbedarfe mit RC-Beton realisiert werden konnten.



Leider wurde die Entscheidung zur Verwendung von RC-Beton in diesem Bauvorhaben so spät getroffen, dass die Tiefgarage, die wegen der Nähe zum Rhein und damit der Lage im Grundwasser als Weiße Wanne auszubilden war, mit konventionellem Beton hergestellt wurde. Die Entwicklung der RC-Beton-Rezepturen bzw. vor allem die Eignungsprüfungen konnten nicht rechtzeitig abgeschlossen werden, so dass im Baufortgang die Entscheidung zur Verwendung konventioneller Betone getroffen werden musste. Die Eignungsprüfungen zeigten im Nachhinein, dass eine Verwendung als WU-Beton problemlos möglich gewesen wäre.

Die ersten Erfahrungen auf der Baustelle hinsichtlich der Verarbeitbarkeit des angelieferten RC-Betons waren jedoch so gut, dass kurzfristig entschieden wurde, auch die Sichtbetonwände im Treppenhaus mit RC-Beton herzustellen. Diese Entscheidung wurde dabei nicht nur für das eigentliche Bauvorhaben getroffen, sondern auch für die beiden parallel errichteten benachbarten Gebäude Haus 1 und Haus 2.



Die guten Erfahrungen mit den Betoneigenschaften führten auch zu dem Entschluss, Lieferübermengen auf der Baustelle zur Herstellung von Balkonstützen einzusetzen. Mit diesem Vorgehen lässt sich für den RC-Beton auch auf erste Erfahrungen für die Herstellung von Beton-Fertigteilen verweisen.



3.3 Ökologische Bewertung – Ökobilanz

Seitens des Projektpartners btu Cottbus wurden die betrieblichen Situationen an den Standorten Bauschutttaufbereitung Fa. Scherer + Kohl sowie Betonherstellung bei Fa. TBS sowie die Stoffflüsse und Betriebsmittelverbräuche aufgenommen und in einem gesonderten Bericht: „Ökologische Prozessbetrachtung – RC-Beton (Stofffluss, Energieaufwand, Emissionen)“ mit Stand November 2011 dokumentiert. Auf diesen Projekt-

bericht, der auch auf der Projekthomepage www.rc-beton.de bereit gestellt wurde, sei an dieser Stelle nur verwiesen. Auf die dort ermittelten Kenngrößen sowie dokumentierten Messwerte sind Grundlagen der nachfolgenden Überlegungen zur Ökobilanz des Baustoffs RC-Beton.

Die Frage, ob und unter welchen Randbedingungen die Herstellung von RC-Beton aus ökologischer Sicht gegenüber der Herstellung und Verwendung von konventionellen Betonen sinnvoll ist, verlangt eine Verallgemeinerung und Abstrahierung von konkreten Einzelfällen bzw. den spezifischen Randbedingungen einzelner Betriebe. Weniger die Betonherstellung als insbesondere die Aufbereitung von Bauschutt ist von Werk zu Werk deutlich unterschiedlich. Jeder Betrieb muss sich den spezifischen örtlichen Gegebenheiten stellen – Herkunft und stoffliche Zusammensetzung des Inputmaterials sowie Absatzmöglichkeiten verschiedener Produkte – und seine Prozesse der Aufbereitung und des Produktdesigns darauf abstellen. Die Frage der ökologischen Sinnfälligkeit sollte jedoch möglichst allgemeingültig beantwortet werden.

Nutzenäquivalenz

Der von den Bauherren nachgefragte Nutzen der Betone unterscheidet sich nicht. In allen Fällen werden Eigenschaften spezifiziert, die von den Betonen unabhängig von der Ausgestaltung der Rezepturen nachweislich und ohne Abstriche eingehalten werden müssen. Wie an anderer Stelle im Bericht oder auch in der Projektveröffentlichung: „Untersuchungsergebnisse zu den Eigenschaften der entwickelten RC-Betonrezepturen“ der btu von November 2009 dargelegt und auch unter www.rc-beton.de veröffentlicht, wurden die geforderten Eigenschaften in allen Fällen und ohne Abstriche eingehalten.

Dies gilt sowohl für die Frisch- als auch die Festbetoneigenschaften. Auch in der Verarbeitbarkeit weist ein RC-Beton keine spezifischen Unterschiede gegenüber konventionellen Betonen auf. Pro m³ Beton besteht demnach Nutzengleichheit zwischen konventionellen und RC-Betonen der gleichen Betonsorte.

Herstellungsprozess Transportbeton

Wie die Analysen des Projektpartners btu (Ökologische Prozessbetrachtungen – RC-Beton) zeigen, unterscheidet sich der eigentliche Herstellungsprozess Transportbeton nicht zwischen konventionellem und RC-Beton. Da sich die Rezepturbestandteile nur in den Massen Gesteinskörnung unterscheiden, nicht jedoch in dem für die Mischung entscheidenderen Volumen, ist dies plausibel. Trotzdem können bei der Herstellung

der RC-Betone kleinere Anpassungen im Mischprozess notwendig werden, die für eine ökologische Bewertung jedoch nicht relevant sind. Je nach Eigenschaften der RC-Gesteinskörnungen muss ggf. der Zeitpunkt der Zudosierung von Wasser modifiziert und möglicherweise auch die Mischzeit leicht erhöht werden. Außerdem bietet es sich an, die RC-Gesteinskörnung feucht zu halten.

Die Unterschiede in den Beton-Rezepturen werden aus der Gegenüberstellung der Zusammensetzung von konventionellem und RC-Beton deutlich. Die Art und Menge Zement als Bindemittel ist in beiden Optionen gleich. Dies gilt auch für die benötigte Wassermenge. Die eingesetzten Zusatzmittel unterscheiden sich. Dabei wurde für den konventionellen Beton eine geringfügig größere Menge an kostengünstigem Betonverflüssiger angenommen, während in der Rezeptur des RC-Betons ein vergleichsweise teures Fließmittel in geringeren Mengen eingesetzt wurde. Bei den Zusatzmitteln erfolgte in den letzten Monaten und Jahren eine deutliche Fortentwicklung und Innovation. Unterschiedlich alte Betonrezepturen lassen sich daher nur noch bedingt vergleichen. Auch in der konventionellen Rezeptur könnte Fließmittel anstatt Betonverflüssiger eingesetzt werden. Die dargestellten Unterschiede sind nicht systemimmanent.

in kg	RC-Beton	konventioneller Beton
Gesteinskörnung		
Sand (0/2)	566	649
Kies (2/8)	354	363
Kies (8/16)	318	729
RC-Splitt (2/8)	149	
RC-Splitt (8/16)	297	
Bindemittel		
CEM II/B-V42,5R	360	360
Wasser		
Wasser	187	187
Zusatzmittel		
MC Powerflow 224	1,8	
HA-PEBV 45		2,88

Die wesentlichen Unterschiede in den Rezepturen ergeben sich in den verwendeten Gesteinskörnungen. Die Unterschiede liegen nicht nur darin, dass bei RC-Beton ein Teil der Primärgesteinskörnung (>2mm) durch sekundäre Gesteinskörnung (RC-Splitt) ersetzt wird. Die Unterschiede ergeben sich auch in der Summe der eingesetzten Gesteinskörnungen, die rechnerisch bei 57 kg/m³ Beton betragen. Der Massenbedarf liegt dabei für RC-Beton günstiger als für konventionellen Beton.

Dieser Unterschied ist jedoch ein Artefakt und erklärt sich allein aus den Unterschieden im spezifischen Gewicht der primären und sekundären Gesteinskörnung. So erreicht

die von der Fa. Scherer & Kohl gelieferte RC-Gesteinskörnung nach den Untersuchungen des Projektpartners btu (Untersuchungsergebnisse zu den Eigenschaften der entwickelten RC-Betonrezepturen) eine Kornrohddichte von 2,535 t/m³ bis 2,588 t/m³, während der Kies bei etwa 2,7 t/m³ liegen kann. Nach dem Prüfbericht des Instituts für Baustoffprüfung und Umwelttechnik GmbH Langenbrettach, das die Erstprüfung der RC-Gesteinskörnung durchgeführt hatte (Bericht ist als Download unter www.rc-beton.de abrufbar), lag die Kornrohddichte für das RC-Material bei 2,715 t/m³.

Aus diesen Überlegungen lässt sich ableiten, dass sich die Unterschiede in der Rezeptur im Wesentlichen allein aus den unterschiedlichen Gesteinskörnungen ergeben. Je nach angesetzttem spezifischem Gewicht dürften die Massen sich jeweils entsprechen.

Herstellungsprozess RC-Gesteinskörnung

Wie aus der Beschreibung des Prozesses der Bauschutttaufbereitung bzw. Herstellung der RC-Gesteinskörnung (s.o.) deutlich wird, wird die sekundäre Gesteinskörnung aus einer möglichst reinen Altbetonfraktion erzeugt. Derartige Fraktionen können auch aus dem Abbruch / Rückbau von Gebäuden oder Ingenieurbauwerken bereitgestellt werden. Die möglichst sortenreine Bereitstellung von Altbetonen sowie die weitgehende Freiheit von Fremdbestandteilen (Ausnahme: Baustahl aus der Bewehrung) sollte immer im Interesse sowohl des Abbruchunternehmens als des Bauschuttaufbereiters sein.

Für reine Betonfraktionen sind für das Abbruchunternehmen bei RC-Anlagen deutlich geringere Annahmepreise zu bezahlen als für gemischten Bauschutt, d.h. für eine Mischung aus Ziegelmauerwerk und Betonbruch. Werden durch den Bauschuttaufbereiter qualifizierte und güteüberwachte Baustoffe für den Straßenbau hergestellt – und hier insbesondere Frostschutzschichten FSS und Schottertragschichten STS –, so erfolgt dies in aller Regel in Form eines Gemisches aus Altbetonbruch mit Anteilen an Asphaltgranulat. Auch wenn nach TL SoB (technische Lieferbedingungen Schichten ohne Bindemittel) bis zu 30% Mauerwerksbruch in Gemischen für Frostschutzschichten zulässig sind, wird in der Praxis dieser Anteil möglichst bei 0% gehalten. Dies erfolgt weniger unter dem Gesichtspunkt der Qualitätssicherung als vielmehr aufgrund fehlender Akzeptanz seitens der Bauindustrie.

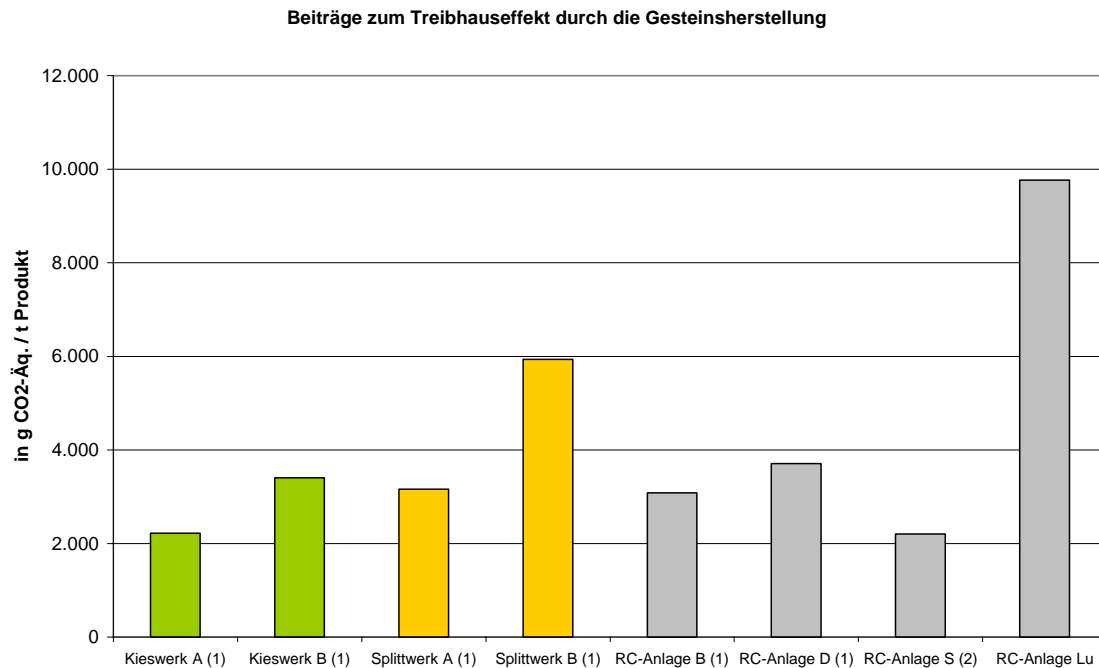
Sollen qualifizierte gütegesicherte RC-Produkte hergestellt werden, so wird in allen Fällen auf sortenreines Ausgangsmaterial möglichst ohne Fremdbestandteile geachtet. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass für die Herstellung von RC-Gesteinskörnung als

Zuschlag für die Betonherstellung keine abweichenden spezifischen Anforderungen an den Prozess des Rückbaus / Abbruchs von Gebäuden oder Ingenieurbauwerken zu stellen sind.

Somit konzentriert sich die Frage des ökologischen Vergleichs der beiden Optionen RC-Beton und konventioneller Beton auf die Frage der Umweltrelevanz der Herstellung von RC-Gesteinskörnung im Vergleich zur Gewinnung von Primärgesteinen.

Nach Teilbericht des Projektpartners btu (Ökologische Prozessbetrachtungen – RC-Beton vom November 2010) liegt der spezifische Energieaufwand pro Tonne Produkt (Gesteinskörnungen 2/8mm und 8/16mm) bei 14,9 MJ Diesel und 55 MJ Strom. 57% des gesamten Energieaufwandes sind der trockenen Aufbereitung zuzuschreiben und demnach mit 43% ein erheblicher Anteil der Wäsche und Klassierung der Gesteinskörnung. 83% des Dieselverbrauchs im gesamten Aufbereitungsprozess sind dabei auf den Einsatz von Radladern zurück zu führen. 27% des gesamten Stromverbrauchs geht auf die Pumpen und damit das Waschwasser zurück, für die Brecher werden dagegen nur etwa 19% des Stromverbrauchs eingesetzt.

Aus ökologischer Sicht – beschränkt auf die Diskussion der Klimaauswirkungen – zeigt sich mit den so ermittelten spezifischen Energieverbräuchen im Vergleich zur Natursteingewinnung folgendes Bild. Die Daten zu den spez. Energieverbräuchen bzw. Klimabeiträgen der Primärgesteingewinnung sind einer Dissertation aus dem Jahre 2004 entnommen (Weil 2004). Da sich gerade beim Stromverbrauch seit der Jahrtausendwende der Energiemix der Strombereitstellung in Deutschland drastisch in Richtung erneuerbarer Energien verändert hat, werden für die vergleichende Gegenüberstellung die spezifischen Energieverbräuche der Aufbereitungsanlage der Fa. Scherer & Kohl mit diesen alten Kennzahlen verknüpft, um so tendenziell eher eine Vergleichbarkeit mit den alten Literaturwerten aus dieser Dissertation zu erhalten. Diesen Kennzahlen liegt bspw. noch eine Energieerzeugung von jeweils etwa 27% aus Stein- und Braunkohlekraftwerken zugrunde.



Die mit (1) gekennzeichneten Angaben sind der Dissertation von Weil (Weil 2004) entnommen. Bei (2) handelt es sich um einen Bauschuttrecyclingbetrieb aus Kirchheim / Teck, der RC-Gesteinskörnung für die Herstellung von RC-Beton im Impulsprojekt Stuttgart lieferte (Knappe 2010). Bei der RC-Anlage Lu handelt es sich um den Betrieb Scherer & Kohl mit seiner Produktionsstätte im Kaiserwörthhafen.

Die Gegenüberstellung der Energieeinsätze und damit verbunden der Klimaauswirkungen der verschiedenen Optionen zur Herstellung von Gesteinskörnung für die Betonherstellung zeigt keine einheitliche Ergebnistendenz. Sowohl primäre als auch sekundäre Gesteinskörnung lässt sich mit einem vergleichsweise niedrigen Energieeinsatz und damit verbundenen Umweltwirkungen erzeugen. Der Umweltbeitrag der Herstellung einer sekundären Gesteinskörnung für die Betonherstellung muss nicht höher liegen als der einer Nassauskiesung, selbst wenn sich um eine optimal aufgestellte Gewinnungsstätte handelt (Kieswerk A, Weil 2004). Die Anlage des Projektpartners Scherer & Kohl im Kaiserwörthhafen ist daher nicht unbedingt repräsentativ für eine generelle Bewertung des Bauschuttrecyclings.

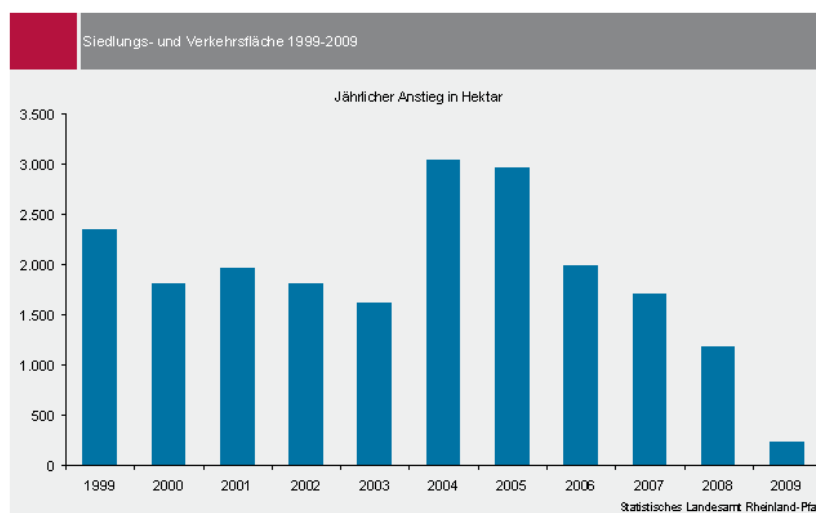
Vor allem jedoch ist der durch den Projektpartner btu sehr detailliert aufgenommene Aufbereitungsaufwand, der im hier dokumentierten Impulsprojekt zur Herstellung der RC-Gesteinskörnung investiert wurde, zu hinterfragen. So ist eine nasse Aufbereitung offensichtlich nicht zwingend erforderlich, wie das Beispiel des Impulsprojektes in

Stuttgart (Knappe 2010), vor allem jedoch auch die umfangreichen Erfahrungen in der Schweiz zeigen.

Als Fazit lässt sich feststellen, dass die mit der Herstellung von primärer und sekundärer Gesteinskörnung verbundenen Umweltauswirkungen in etwa vergleichbar sind. Die Unterschiede von Betrieb zu Betrieb können groß sein. Es lassen sich jedoch keine systemimmanenten Vor- oder Nachteile der einzelnen Produktionskonzepte erkennen.

Logistik

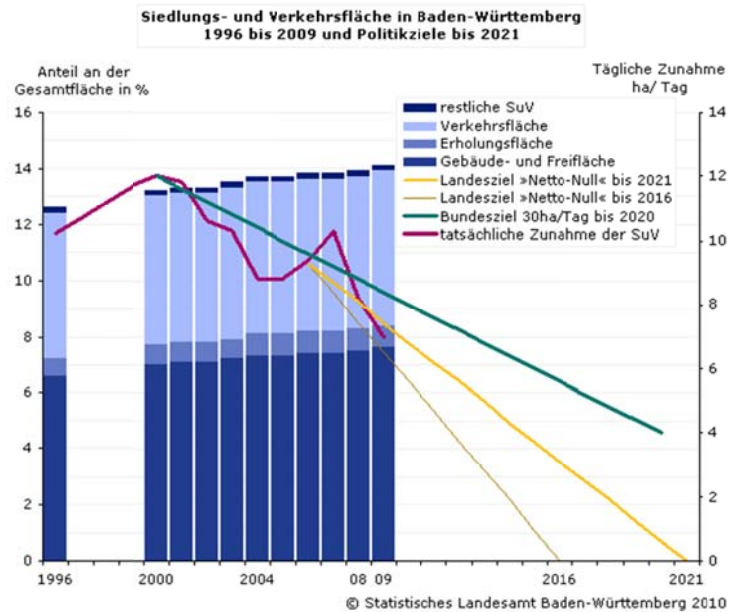
Bei einem Vergleich der gesamten Produktionssysteme für konventionellen und RC-Beton verbleibt die Logistik, aus der sich systemimmanente Unterschiede sowohl aus ökologischer (als auch ökonomischer) Sicht ergeben können. Dies ergibt sich aus dem demographischen Übergang, in dem sich unsere Gesellschaft befindet, sowie den Trends in der Bautätigkeit.



Wie man aus den beiden Auswertungen der Statistischen Landesämter aus Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz sieht, ergibt sich in beiden Ländern ein eindeutiger Trend in der Entwicklung der Siedlungs- und Verkehrsflächen. In Rheinland-Pfalz ist im Jahre 2009 kaum weitere Siedlungsfläche erschlossen worden. Dieser seit den Jahren 2004 / 2005 offensichtliche Trend dürfte sich auch in den nächsten Jahren fortsetzen bzw. angesichts stagnierender Bevölkerungszahlen tendenziell unumkehrbar sein.

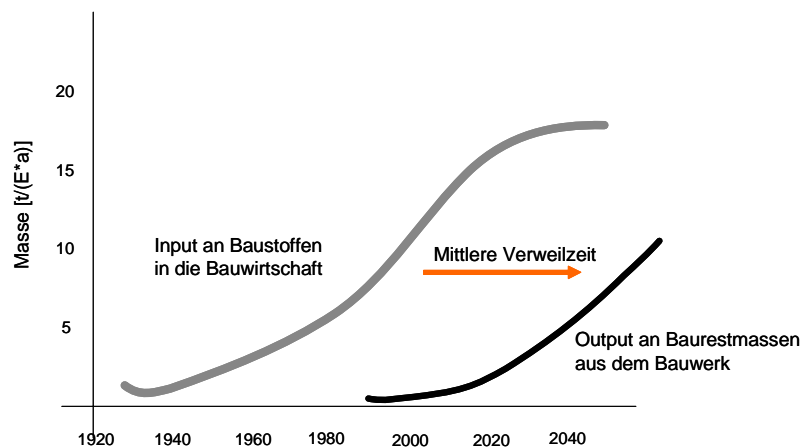
In Baden-Württemberg ist dieser Trend seit der Jahrtausendwende zu erkennen, wobei die spezifischen Zuwächse an Siedlungsflächen in diesem Bundesland noch höher liegen als in Rheinland-Pfalz. Die Entwicklung weist jedoch darauf hin, dass das politi-

sche Ziel Baden-Württembergs, den Zuwachs der Siedlungsflächen bis zum Jahre 2021 auf „0“ zu reduzieren, erreichbar ist und dieses Ziel möglicherweise schon im Jahre 2016 erreichbar sein könnte.



Dies ist tendenziell auch mit einem Rückgang der Bautätigkeit verbunden, was gerade in den letzten Jahren bzw. seit der Jahrtausendwende sehr deutlich wurde. Andererseits besteht ein wachsender Bedarf, den vorhandenen Gebäudebestand und die vorhandene Infrastruktur grundlegend zu sanieren bzw. ggf. rückzubauen und durch Neubaumaßnahmen zu ersetzen. Dies trifft derzeit vor allem die Bausubstanz aus der unmittelbaren Nachkriegszeit. Die Bautätigkeit wird sich immer mehr in den Bestand und damit in bereits erschlossenen Siedlungsflächen verlagern, da gerade auch in den 50er Jahren folgenden Jahrzehnten errichtete Baukörper zunehmend saniert oder ggf. durch Neubauten ersetzt werden müssen.

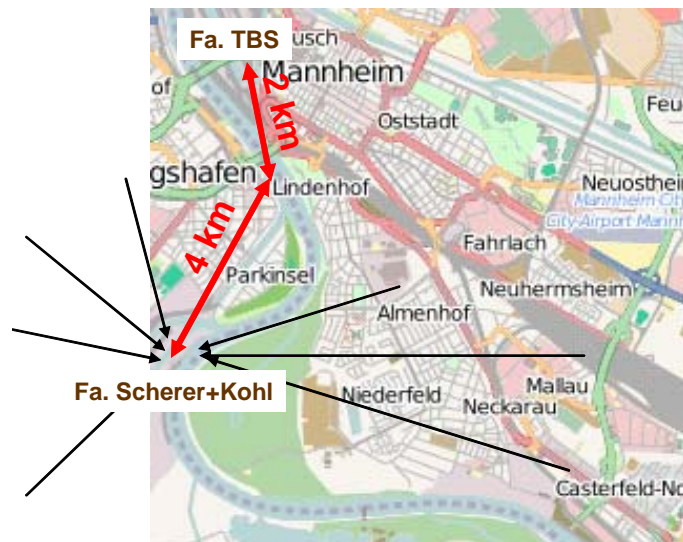
„Impulsprojekt RC-Beton“



Nach: Prof. Rechberger, TU Wien, 2006

Dies bedeutet nicht nur eine Verlagerung der Baustoffnachfrage in die bestehenden Siedlungsgebiete und hier vor allem in Ballungsräume und Stadtkerne. Durch die Rückbau- und Sanierungsmaßnahmen wird gerade dort auch das Angebot an sekundären Gesteinsrohstoffen durch die Rückbau- und Sanierungsmaßnahmen deutlich ansteigen. In Zukunft wird man demnach verstärkt auf ortsnah bzw. in unmittelbarer Nachbarschaft zur Baustoffnachfrage anfallende Rohstoffe zurückgreifen können, und zwar auf sekundäre Gesteinskörnungen aus mineralischen Bauschuttmassen. Die dazu in Konkurrenz stehenden Abbaustätten für primäre Rohstoffe werden sich aufgrund der konkurrierenden Flächennutzung immer in der Peripherie befinden müssen.

Befindet sich die Anlage zur Herstellung der sekundären Gesteinskörnung im Ballungsraum bzw. möglichst im Siedlungskern, so ergeben sich daraus deutliche Logistikvorteile gegenüber primären Gesteinskörnungen. Hier repräsentiert das Impulsprojekt in Ludwigshafen / Mannheim ideale Verhältnisse.



Die sekundären Rohstoffe für die Aufbereitung bei der Fa. Scherer & Kohl stammen überwiegend aus dem Ballungsraum Ludwigshafen / Mannheim. Es handelt sich um Transporte, die unabhängig von der Frage der Herstellung einer RC-Gesteinskörnung für die Betonproduktion, zur Entsorgung der Bauschuttmassen durchgeführt werden müssen. Diese Massen gelangen zwangsläufig zu den Recyclinganlagen oder als Alternative auf Deponien, dann verbunden mit größeren Wegstrecken.

So ist dem System RC-Beton nur der Transport zwischen dem Standort der Bauschutttaufbereitung und dem Transportbetonwerk der Fa. TBS in Mannheim – Handelshafen zuzuordnen. Die Transportdistanz beträgt hierfür 6 – 7 km. Die in Ludwigshafen und Mannheim angesiedelten Transportbetonwerke müssen primäre Gesteinskörnung (v.a. Kies, grundsätzlich aber auch gebrochener Naturstein) über deutlich größere Entfernungen beziehen.

3.4 Ökonomische Bewertung

Aus dem im Zug der ökologischen Bewertung (s.o.) dargelegten Vergleich der Systeme Herstellung von RC-Beton und Herstellung von konventionellem Beton wird deutlich, dass sich der Vergleich anhand weniger Systembausteine durchführen lässt.

Die wesentlichen Unterschiede ergeben sich im Bezug von Gesteinskörnungen. Wird in einem Fall nur auf primäre Gesteinskörnung zurückgegriffen, wird bei der Herstellung von RC-Beton in Anteilen auch sekundäre Gesteinskörnung eingesetzt, ohne dass dies Einfluss auf die übrigen Rezepturbestandteile oder den eigentlichen Produktionsprozess haben muss.

Da sich der ressourcenschonende Baustoff RC-Beton nur dann auf dem Markt etablieren kann, wenn er zu Preisen angeboten werden kann, die nicht höher als für konventionelle Betone gleicher Eigenschaften liegen, müssen sich hierfür die Produktionskosten entsprechend gestalten lassen. Wie bei allen Produkten, die in Anteilen auf sekundäre Rohstoffe zurückgreifen, wird der Markt wahrscheinlich einen Preisabschlag einfordern, unabhängig von der Qualität der angebotenen Produkte.

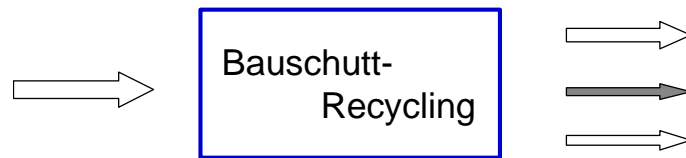
Angesichts der dargelegten Produktionsbedingungen ist dies für das Transportbetonwerk nur dann möglich, wenn die RC-Gesteinskörnungen gegenüber primären Gesteinskörnungen günstiger bezogen werden können. Im Raum Ludwigshafen / Mannheim ist dies in der Regel Kies.

Ein Kieswerk kann ein Gesteins-Produkt in der Regel kostengünstiger gewinnen als ein Bauschutttaufbereiter, unabhängig davon, ob es sich um eine Nassauskiesung oder einen trockenen Abbau handelt. Beim nassen Kiesabbau sind es die Förderanlagen und die Kiesaufbereitung, sowie die mittels Förderbändern zu überwindende Transportstrecken, die zu Buche schlagen. Die zu überwindenden Transportstrecken können dabei im Einzelfall aber deutlich das Ergebnis beeinflussen. Auch der Personalbedarf ist vergleichsweise gering.

Dies stellt sich bei einem Bauschutttaufbereiter, der ein definiertes und qualitätsgeprüftes hochwertiges Produkt herstellen möchte, deutlich anders dar. Ein derartiger Betrieb ist auf eine umfassende Dokumentation und Kontrolle im Materialeingang angewiesen. Dazu kommt eine umfangreiche Stoffstrombewirtschaftung, die die Abtrennung von Fehlanteilen, das mehrmalige Brechen sowie die Klassierung umfasst. Dies ist mit entsprechendem Energieaufwand aber auch Personalbedarf verbunden. Zudem sind die Kosten für die Entsorgung des Stoffstromes zu berücksichtigen, der als bauphysikalisch nicht geeignet oder chemisch belastet aus dem Produktmassenstrom entfernt werden musste.

Zur Kostendeckung kann ein Bauschutttaufbereiter jedoch sowohl die Erlöse für die RC-Gesteinskörnungen als auch Erlöse heranziehen, die für die Annahme und Entsorgung mineralischer Bauabfälle zu erzielen sind. Da bei Nassauskiesungen keine Verfüllungen mit mineralischen Bauabfällen oder Erdmassen zugelassen sind, entfällt diese Erlösquelle bei Kiesausbeutungen. Da die Preise für RC-Gesteinskörnung sich an den Marktpreisen für Primärgesteinskörnungen orientieren müssen und hier - unabhängig von der Qualität – vom Markt Preisvorteile erwartet werden, müssen die höhere Her-

stellungsaufwendungen wesentlich auch über die Annahmeerlöse getragen werden. Auch diese müssen sich am Markt bzw. an den Entsorgungspreisen konkurrierender Entsorgungslösungen orientieren.



Hier hat ein Bauschuttrecycler dann Vorteile, wenn er sich in der Nähe der Anfallorte mineralischer Bauabfälle befindet, d.h. möglichst in den Ballungsräumen und hier in den Siedlungskernen. Für den Abfallentsorger sind damit wahrscheinlich geringere Transportkosten verbunden, da sich konkurrierenden Senken – Verfüllmaßnahmen im Rahmen von Rekultivierungen oder Deponien – in aller Regel etwas außerhalb der Städte befinden. Dies ist auch das zentrale Moment in der Vermarktung seiner RC-Gesteinskörnung, die als Rückfracht ebenfalls in geringer Transportdistanz zur Baustoffnachfrage (s.o.) mit vergleichsweise geringen Transportkosten verbunden sein kann.

4 Ergebnisse aus den Qualitätsprüfungen

Die Untersuchungen zu Prüfung der Qualitäten sowohl für die RC-Gesteinskörnung als auch den RC-Beton sind in gesonderten Berichten dokumentiert. Dies ist zum einen der Untersuchungsbericht des Projektpartners btu aus November 2009. Außerdem liegt ein Untersuchungsbericht aus der Erstprüfung der RC-Gesteinskörnung vor, durchgeführt von dem Fremdüberwacher (Institut für Baustoffprüfung und Umwelttechnik GmbH) des Betriebes Scherer & Kohl. Beide Berichte stehen unter www.rc-beton.de zum Download zur Verfügung.



Die Prüfungsergebnisse für die RC-Gesteinskörnung lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

- ✚ Die RC-Gesteinskörnung liegt mit einem Altbetonanteil von etwa 99% deutlich über den Anforderungen der DIN 4226-100 ($\geq 90\%$)
- ✚ Die Kornrohichte liegt mit 2.500 bis 2.600 kg/m³ deutlich über den Vorgaben der DIN 4226-100 (≥ 2.000 kg/m³)
- ✚ Die Gesteinskörnung nimmt mit 2,2 % bzw. 3,1 % wesentlich weniger Wasser auf als nach DIN 4226-100 zulässig ($\leq 10\%$) und hat damit eine nur geringe Empfindlichkeit gegenüber Frostbeanspruchungen
- ✚ Es handelt sich vor allem um kubisches Gesteinsmaterial. Die Kornformkennzahl liegt bei 5% bzw. 11% (2/8mm) und damit unter den erlaubten 15 % (DIN EN 12620)
- ✚ Die Korngrößenverteilung entspricht den Anforderungen der DIN EN 12620
- ✚ Die Prüfung über den Mörtelschnelltest lässt die RC-Gesteinskörnung als alkaliunempfindlich einstufen.
- ✚ Die chemische Belastung der Geisteinskörnung liegt in der Regel um Größenordnungen unter den in der DIN 4226-100 genannten Höchstwerten.



Die Prüfungsergebnisse (Festbetoneigenschaften) für den RC-Beton lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

- ✚ Die für die einzelnen Betonsorten geforderten Druckfestigkeiten werden alle problemlos erreicht. Angesichts der Ergebnisse lassen sich die geforderten Werte offensichtlich auch mit geringeren Zementmengen in der Betonrezeptur erreichen.
- ✚ Die Biegezugfestigkeit liegt knapp unter dem aus der Nenndruckfestigkeit errechneten Wert; die Biegezugfestigkeit kommt aber vor allem bei unbewehrten oder gering bewehrten Bauteilen zum Tragen – bspw. Betonfahrbahndecke
- ✚ Die für das Elastizitätsmodul gemessenen Werte liegen überwiegend unterhalb der rechnerisch ermittelten E-Moduli für Normalbeton, liegen aber noch in der üblichen Schwankungsbreite. Unzulässig große Verformungen der Bauteile sind folglich nicht zu befürchten.



- ✚ Die Wassereindringtiefe der beiden untersuchten Betonrezepturen C 25/30 wu und C 30/37 sind so gering, dass beide Betone als wasserundurchlässig eingestuft werden können.
- ✚ Die Bestimmung des relativen Carbonatisierungswiderstandes am RC-Beton C30/37 ergab im Vergleich zum Referenzbeton geringere Carbonatisierungstiefen und daraus folgend höhere Carbonatisierungswiderstände.
- ✚ Die bei der Untersuchung des Schwindverhaltens ermittelten Werte liegen unter den Anhaltswerten für das Endschwindmaß.

5 Fazit - Schlussbemerkungen

Über das Forschungsprojekt konnte eindrücklich gezeigt werden, dass sich im durch die Richtlinie des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton vorgegebenen Rahmen Betone in Qualitäten herstellen lassen, die nicht hinter den von konventionellen Betonen zurückbleiben. Nachgefragt und geliefert werden Betone mit definierten Eigenschaften. Diese sind sowohl hinsichtlich der geforderten Frischbeton- als auch Festbetoneigenschaften ohne Abstriche auch durch Betone erreichbar, die in Anteilen auf sekundäre Gesteinskörnungen zurückgreifen.

Im Rahmen des Projektes gelang dies mit Rezepturen, bei denen etwa 25% der Gesteinskörnung durch sekundäres Material bereitgestellt wurde. Eingesetzt wurde jeweils RC-Gestein nach Liefertyp 1 der DIN 4226-100, d.h. aus der Aufbereitung von Altbeton.

Für den Einsatz von Gesteinskörnung Typ 2, und damit mit höheren Anteilen Mauerwerksbruch, liegen bislang keine Erfahrungen vor.

Dieser hochwertige Baustoff lässt sich zu einem Preis herstellen und vermarkten, der im Raum Ludwigshafen / Mannheim mit konventionellem Beton konkurrieren kann. Dies musste auch im durch das Forschungsprojekt begleiteten Bauvorhaben gewährleistet sein. Der sich aus dem Herstellungsprozess ergebene leichte Kostenvorteil wurde an den Kunden GAG bzw. Fa. Weisenburger als Generalunternehmen weitergereicht.

Dieser Kostenvorteil ergibt sich vor allem aus den eingesparten Transportkosten. Auch die ökologische Bewertung von RC-Beton wird deutlich von diesem Sachverhalt geprägt. Hierbei handelt es sich dann um einen systemimmanenten Vorteil des Baustoffs RC-Beton, wenn die Baustoffnachfrage – wie im vorliegenden Fall – aus den Ballungsräumen oder gar den Kernstädten erfolgt und die Transportbetonwerke auf RC-Gesteine als sekundäre Rohstoffe zurückgreifen können, die aus ebenfalls in den Ballungsräumen und Kernstädten durchgeführten Abbruchmaßnahmen entstammen. Da sich Steinbrüche oder Kiesabbaustätten in aller Regel deutlich außerhalb der Kernstädte befinden (müssen), ist die Nutzung von Abbruchmaßnahmen als in Nachbarschaft zur Baustoffnachfrage liegender Rohstoffquelle immer deutlich von Vorteil. Dieser Vorteil wird in Zukunft immer deutlicher zum Tragen kommen, da sich aufgrund des demographischen Übergangs, in dem sich unsere Gesellschaft befindet, und dem Trend der Re-Urbanisierung die Bautätigkeit verstärkt auf Innenstadtlagen konzentriert.

Es ist daher durch entsprechende Informationsveranstaltungen und Öffentlichkeitsarbeit sowohl im Raum Ludwigshafen / Mannheim als auch darauf aufbauend in Baden-Württemberg (bzw. im Großraum Stuttgart) gelungen, den Baustoff RC-Beton bekannt zu machen und auf dem Markt einzuführen. RC-Beton wurde mittlerweile in teilweise großen Mengen in verschiedenen Bauvorhaben erfolgreich eingesetzt. Das durch das Forschungsprojekt begleitete Bauvorhaben der GAG konnte damit einen wichtigen Impuls für den ressourcenschonenden Baustoff RC-Beton setzen.

Die wichtigsten im Rahmen des Projektes in Ludwigshafen (sowie weiterer Projekte in Baden-Württemberg) gewonnenen Erfahrungen und Empfehlungen wurden in einem kurzen Leitfaden zusammen geführt und als Download auf www.rc-beton.de zur Verfügung gestellt.

Für die Herstellung von RC-Beton zentral ist die Qualität der eingesetzten RC-Gesteine. Je näher diese in ihren Eigenschaften Primärgestein erreichen, umso weniger müssen die Betonrezepturen angepasst werden. Insbesondere ist so sicher gestellt, dass nicht verstärkt Bindemittel und hierbei insbesondere Portlandzement eingesetzt werden muss. Dies belastet die Rezepturen sowohl aus ökonomischer als auch aus ökologischer Sicht stark. Wichtige Voraussetzungen für gute Qualitäten für RC-Gestein sind vor allem reiner Altbeton als Ausgangsmaterial, eine sichere Abtrennung von Fremdbestandteilen und eine Zerkleinerung über eine Kombination aus Backenbrecher und Prallmühle. Wie die Ergebnisse aus der Schweiz, wo RC-Beton bereits in großem Umfang auf dem Markt eingeführt ist, sowie den Projekten im Großraum Stuttgart zeigen, muss die Herstellung der RC-Gesteinskörnung nicht über einen nassen Aufbereitungsschritt erfolgen.

Mit dem Bauprojekt der GAG und dem durch die Bundesstiftung Umwelt geförderten Forschungsprojekt konnte für den RC-Beton ein wichtiger Impuls gesetzt werden. Es wurden wichtige Grundlagen zu einer erfolgreichen Markteinführung gelegt. Wie aus dem Projekt jedoch ebenfalls deutlich wurde, verbleibt weiterer Optimierungsbedarf. Aus Sicht einer möglichst umfassenden Bewirtschaftung der sekundären Ressource mineralische Bauabfälle sinnvoll wäre es insbesondere sinnvoll, für die Herstellung der RC-Betone auch auf die nach der Richtlinie des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton zugelassenen RC-Gesteinskörnung Typ 2 zurückgreifen zu können. Damit würde ein breiteres Spektrum der klassisch bei Bauschutttaufbereitern anfallenden Massenströme mineralischer Bauabfälle für diesen Verwertungsweg offen stehen. Eine Entnahme der vor allem wertgebenden Anteile an Altbeton aus den übrigen Produkten für den Straßen- und Wegebau könnte entfallen.

6 Öffentlichkeitsarbeit

Mit dem Forschungsprojekt sollten offene Fragen und Sachverhalte aufgegriffen und beantwortet werden. Es galt daher, das Bauprojekt der GAG als Impulsvorhaben zu nutzen und die Öffentlichkeitsarbeit an diesem konkreten Bauprojekt festzumachen.

Die Ziele der Öffentlichkeitsarbeit waren demnach die Vorstellung der im Rahmen des Forschungsprojektes gewonnenen Erkenntnisse und zum anderen der fachliche kollegiale Austausch zwischen Vertretern der im Rohbau tätigen Bauunternehmungen,

Transportbetonunternehmen und Bauschuttrecyclern auf der einen Seite und den Verantwortlichen auf Seiten der Projektpartner inklusive der mit dem Rohbau betrauten Fa. Weisenburger aus Rastatt.



Ein Höhepunkt in der Öffentlichkeitsarbeit war die Veranstaltung im November 2009, die kurz vor Fertigstellung des Rohbaus durchgeführt wurde. Mit dieser Veranstaltung wurden das große Interesse und die entsprechende Unterstützung durch die Landesregierung Rheinland-Pfalz deutlich. Frau Ministerin Conrad (MUFV Ministerium für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz) ließ sich die Gelegenheit zu einer Besichtigung der Baustelle sowie zu einem Grußwort im Rahmen einer kleinen Tagung nicht nehmen. Für die Tagung wurden Räumlichkeiten des Ernst-Bloch-Zentrums in Ludwigshafen genutzt.

Mit Besuchen der Baustelle wurden gezielt die Personen aus der Praxis angesprochen. So gab es Baustellenführungen gezielt für Architekten und Bauingenieure (Tragwerksplaner), für Bauschuttzubereiter und Transportbetonunternehmen sowie für Wohnungsunternehmen bzw. die Hochbau- und Stadtplanungsämter der umliegenden Kommunen. Eine Führung erfolgte ergänzend dazu allein für die verschiedenen Amtsleiter der Stadt Ludwigshafen. Im Rahmen der Führung wurden nicht nur die Baustelle und das Bauvorhaben vorgestellt. Mit der Führung verbunden waren auch immer eine Erläuterung des Baustoffs, der Ergebnisse der Qualitätsprüfung sowie der mit dem Einsatz von RC-Beton verbundenen ökologischen Effekte bzw. Auswirkungen auf den Ressourcenschutz. Zudem stand bei jeder Führung nicht nur der Leiter Rohbau in der Firma Weisenburger zur Erläuterung insbesondere der Frischbetoneigenschaften sowie

der Erfahrungen auf der Baustelle zur Verfügung, sondern auch der entsprechende Bauleiter vor Ort.



Angesichts der Bedeutung der Akzeptanz der Bauherren für die Einführung des Baustoffs RC-Beton wurde zudem auch immer gezielt das Gespräch mit verschiedenen Unternehmen in Ludwigshafen und Mannheim gesucht. So wurde mit einigen Wohnungsunternehmen und Bauträger nicht nur telephonisch Kontakt aufgenommen, sondern das Projekt und seine Ergebnisse auch vor Ort im Rahmen von Arbeitsgesprächen erläutert.



Nicht nur anlässlich der Tagung und des Besuches von Frau Ministerin Conrad wurden Tagespresse sowie Rundfunk und Fernsehen in die Öffentlichkeitsarbeit eingebunden.

Im Rahmen des Projektes gab es zahlreiche Artikel, die in der regionalen Presse sowie der überregionalen Fachpresse zum Thema Bauschuttrecycling und RC-Beton erschienen. Diese Artikel erschienen meist auf der Basis von Hintergrundgesprächen mit den einzelnen Journalisten. Einige Artikel wurden auch direkt von den Forschern verfasst.

Für die Öffentlichkeitsarbeit zentral war die Einrichtung der Projekthomepage www.rc-beton.de, die sich mittlerweile zu einer wichtigen Informationsplattform generell zum Thema RC-Beton weiterentwickeln konnte. Hier sind nicht nur wichtige Informationen zum Baustoff RC-Beton hinterlegt, sondern auch Steckbriefe verschiedener Bauprojekte im Raum Ludwigshafen / Mannheim sowie im Großraum Stuttgart. Nicht zuletzt hierüber wird deutlich, wie viele verschiedene Betonrezepturen bereits in der Praxis eingesetzt wurden und wie groß mittlerweile das Spektrum an Einsatzgebieten für diesen Baustoff geworden ist. Da immer auch die an den Bauvorhaben beteiligten Firmen genannt sind, bietet dies wiederum einen wichtigen Anknüpfungspunkt für weitere Baumaßnahmen für diesen Baustoff. So können auf dieser Homepage auch immer nur einige wenige Projekte benannt werden. Es gibt zahlreiche weitere Bauvorhaben mit RC-Beton, die durch das Impulsprojekt angestoßen wurden, über die den Forschern jedoch keine Informationen mehr vorliegen.

7 Projektbeirat

Das Forschungsprojekt wurde durch Experten begleitet, die sich als Mitglieder eines Beirates, im Laufe des Projektes zweimal in Ludwigshafen zu Arbeitsgesprächen zusammen fanden. Auch hierfür wurden Räume des benachbarten Ernst-Bloch-Zentrums angemietet. Die Sitzungen erfolgten zu Beginn des Projektes sowie zu Abschluss der Rohbauphase mit den Erkenntnissen aus den Eignungsprüfungen RC-Gestein und RC-Beton sowie ersten Erkenntnissen aus der ökologischen Bewertung.

Mitglieder des Beirates waren neben den Forschern:

- Hr. Asam, Ref. II 6 "Bauingenieurwesen - Baustoffe, Baukonstruktion" Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung BBR
- Dr. Olaf Aßbrock, Bundesverband der Deutschen Transportbetonindustrie e.V.
- Hr. Dr. Berger, Abt. WA II 6, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit,
- Hr. Dr. Görlich, Fa. Uwe Görlich GmbH Karlsruhe, Vertreter für den Dt. Abbruchverband

- Hr. Heidenreich, Deutsche Bundesstiftung Umwelt Osnabrück
Abt. 2 Umwelttechnik; Referat 23: Kreislaufführung und Bautechnik
- Hr. Dr. Jacobs, TFB Technische Forschung und Beratung für Zement und Beton
Wildeggen (Schweiz)
- Hr. Ostendorf, Bundesgütegemeinschaft Recycling-Baustoffe Berlin
Geschäftsbereich Unternehmensentwicklung der Bundesfachgruppe Hochbau
im Zentralverband Deutsches Baugewerbe
- Hr. Schumacher, BRB Bundesvereinigung Recyclingbaustoffe Duisburg
- Hr. Stengel, Centrum für Baustoffe und Materialprüfung der TU München
- Hr. Strauss, Fa. Eberhard Oberglatt (Schweiz)

8 Literatur

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

(Hächler, Frei 2005) Katrin Hächler, Patrizia Frei, Herstellung von Recyclingbaustoffen – eine ökologische und ökonomische Bewertung. Ein Vergleich der Produktion von Baustoffen aus Primärrohstoffen mit derjenigen aus Recyclingmaterial am Beispiel der Anlage EBIREC der Firma Eberhard AG, Semesterarbeit an der ETH Zürich Oktober 2005

(EMPA, AWEL 2006) EMPA Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt / AWEL Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft des Kantons Zürich, Untersuchung der Grundwasserverträglichkeit von Magerbeton aus RC-Material, Dübendorf Februar 2006

(Günther, Hübl 2009), Matthias Günther, Lothar Hübl, Wohnungsmangel in Deutschland? Regionalisierter Wohnungsbedarf bis zum Jahr 2025, Studie des Eduard Prestel Instituts März 2009

(Deutscher Bundestag 2009), Deutscher Bundestag, Unterrichtung durch die Bundesregierung: Stadtentwicklungsbericht 2008, Drucksache 16/13130 Mai 2009

(Lippok, Korth 2007), Abbrucharbeiten. Grundlagen, Vorbereitung, Durchführung, Köln 2007

(Knappe 2010), Hochwertige Verwertung von Bauschutt als Zuschlag für die Betonherstellung. Dokumentation Teilvorhaben BWV, im Auftrag Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr Baden-Württemberg, Heidelberg 2010