

**Hochwertige Verwertung
von Bauschutt
als Zuschlag
für die Betonherstellung**

- Dokumentation -

Teilvorhaben BWV Stuttgart

Entwurf

**für
Ministerium für Umwelt, Naturschutz
und Verkehr Baden-Württemberg**

Heidelberg, Oktober 2010



Bearbeiter: Florian Knappe



Inhaltsverzeichnis

	Seite
1	Hintergrund - Aufgabenstellung 1
2	Der Baustoff RC-Beton 3
2.1	Ressourcenschonender Beton – RC-Beton 3
2.2	RC-Gesteinskörnung 5
2.3	Zielstellung aus Sicht der Nachhaltigkeit 7
3	Impulsprojekt Stuttgart-Ostheim 16
3.1	Herstellung der RC-Gesteinskörnung 17
3.1.1	Stofffluss Aufbereitung RC-Gesteinskörnung 18
3.1.2	Ergebnisse 25
3.2	Herstellung des ressourcenschonenden Betons 27
3.2.1	Herstellungsprozess 28
3.2.2	Ergebnisse 32
3.3	Das Bauvorhaben Rotenbergstraße / Raitelsbergstraße 34
3.4	Bewertung aus Sicht des Umwelt- und Ressourcenschutzes 36
3.4.1	Massenbilanz 36
3.4.2	Analyse der Produktionsprozesse 40
3.4.3	Analyse aus Sicht des Ressourcenschutzes 45



1 Hintergrund - Aufgabenstellung

In Deutschland fallen jährlich etwa 50 Millionen Tonnen Bauschutt zur Entsorgung an. Bauschutt entsteht vor allem beim Umbau und Abbruch von technischen Bauwerken und Gebäuden, in kleinem Umfang auch bei Neubaumaßnahmen. Die Recyclingquote, d.h. die Aufbereitung zu einem Recycling-Baustoff in einer RC-Anlage, war über die letzten Jahre rückläufig und betrug nach Auskunft des Kreislaufwirtschaftsträgers Bau im Jahre 2006 nur noch etwas über 60%.

Die Entsorgungssituation wird sich in den nächsten Jahren eher noch verschärfen. Dazu werden zwei Entwicklungen maßgeblich beitragen.

A

Durch die (umwelt)politisch gewollte Minderung des Flächeneingriffs durch Siedlungs- und Verkehrsflächen und die Effekte des demographischen Wandels wird es zu einer wachsenden Bedeutung des Bauens im Bestand (und nicht mehr auf der "Grünen Wiese") kommen. Dies gilt sowohl für den Straßenbau als auch für den Hochbau. Jede Bautätigkeit wird demnach zunächst einmal mit einem Abriss und mit Rückbaumaßnahmen im Altbestand verbunden sein. Es wird deshalb kaum eine Nachfrage nach Baustoffen mehr geben, die nicht auch zunächst mit einem entsprechenden Aufkommen an mineralischen Bauabfällen und Bauschutt verbunden ist. Liegt das Verhältnis Baustoffnachfrage zum Bauschuttaufkommen noch bei etwa 10:1, wird sich dies über die nächsten Jahre immer mehr in Richtung eines deutlich engeren Verhältnisses verschieben.

B

Die Ablagerung auf Deponien oder die Verwendung im Erdbau werden als Senken für Bauschutt an Bedeutung verlieren. Deponien werden geschlossen werden, die Anforderungen an die Höchstbelastung von Abfallstoffen im Erdbau werden gegenüber heute eher größer werden. Gerade die Einsatzmöglichkeit von Bauschutt bei Verfüllungen von Gruben oder Steinbrüchen wird deutlich eingeschränkt werden. Für die mineralischen Bauabfälle und damit auch den Bauschutt müssen somit die bestehenden Verwertungswege ausgebaut, vor allem aber auch neue und hochwertige Verwertungswege erschlossen werden.

Einer dieser neuen hochwertigen Verwertungswege ist die Aufbereitung von Bauschutt zu einem Zuschlagsstoff für die Betonherstellung. Damit würde es erstmals möglich, Material aus dem Hochbau wieder in den Hochbau zurückzuführen, was dem Ideal eines Materialkreislaufs sehr nahe käme. Dies wäre auch ein bedeutender Beitrag zum Ressourcenschutz, die Notwendigkeit zum Abbau mineralischer Rohstoffe und zur Erschließung neuer Vorkommen könnte gemindert werden. Die Erschließung neuer Rohstoff-Vorkommen, d.h. die Erweiterung von Steinbrüchen oder Gruben oder ihre erstmalige Erschließung ist gerade in Ballungsgebieten aufgrund konkurrierender Flächennutzungsansprüchen wie Erholung, Siedlungsentwicklung, Schutz von Natur und Landschaft mit größeren Konflikten verbunden.

Für mineralische Abfälle bzw. den daraus zu entwickelnden Produkten gilt es bestehende Absatzwege auszubauen und neue Absatzwege zu erschließen. Ein neuer hochwertiger Absatzweg ist RC-Beton, d.h. die Herstellung von Beton unter Einsatz von RC-Gesteinskörnung. Hier gibt es seit geraumer Zeit Normen (DIN 4226-100 für die RC-Gesteinskörnung; EN 206-1 für den Beton) und Richtlinien (Richtlinie des deutschen Ausschusses für Stahlbeton), nach allen vorliegenden Informationen gab es bis dato jedoch noch keine Herstellung und Verwendung von RC-Beton als Konstruktionsbeton. In kleinem Umfang ist allenfalls die Herstellung von Magerbetonen auf Basis von RC-Zuschlägen üblich, ein einfaches Produkt, das außerhalb dieser genannten Vorgaben liegt.

In Deutschland erstmalig – soweit bekannt – wurde in Ludwigshafen ein Haus in RC-Beton errichtet. Der Rohbau wurde Ende 2009 abgeschlossen. Es handelt sich um ein Gästehaus, das in prominenter Lage am Rheinufer von der GAG, einer kommunalen Wohnungsbaugesellschaft, errichtet wurde. Hier wurden alle Decken und nahezu alle aufgehenden Wände in RC-Beton ausgeführt und insgesamt 600 m³ eingesetzt. Da es sich um ein Pilotvorhaben handelte, erfolgte auch eine umfassendere Begleitung aus Sicht der Betonforschung durch die BTU Cottbus. Die Rezepturenentwicklungen für die RC-Gesteinskörnung und den RC-Beton als auch die Begleitforschung wurden mit Mitteln der Deutschen Bundesstiftung Umwelt unterstützt.

Im Rahmen der Nachhaltigkeitsstrategie Baden-Württemberg und dem Projekt „Abfall als Ressource“ möchte die Landesregierung durch die Initiierung konkreter prominenter Bauvorhaben mit RC-Beton auch in Baden-Württemberg Impulse zur einer nachhaltigeren Bewirtschaftung von mineralischen Bauabfällen als Ressource setzen. Mit der Konzeption derartiger Projekte und ihrer Begleitung wurde das IFEU-Institut betraut.

Mit der vorliegenden Dokumentation sollen diese Impulsprojekte vorgestellt und die Erkenntnisse aus der Begleitforschung dokumentiert werden.

2 Der Baustoff RC-Beton

2.1 Ressourcenschonender Beton – RC-Beton

Mit der Richtlinie des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton [DAfStb-2004]¹ werden die Rahmenbedingungen beschrieben, unter denen RC-Gesteinskörnungen bei der Herstellung von Betonen Verwendung finden können.

Ein Bauherr benötigt Betone nach bestimmten Eigenschaften, abhängig von den Einsatzorten und Einsatzzwecken. Wichtige Parameter sind insbesondere die Druckfestigkeiten der Betone und die Expositionsklassen, d.h. die Widerstandsfähigkeiten der Betone gegenüber verschiedenen Beanspruchungen. Diese Eigenschaften müssen die Betone nachweisen können, unabhängig davon, ob die Betone mit primären oder sekundären Gesteinskörnungen hergestellt wurden. Sowohl die Frischbeton- als auch die Festbetoneigenschaften müssen bei RC-Betonen denen der konventionellen Betone entsprechen.

Die Richtlinie des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton enthält genaue Vorgaben, aus denen die möglichen Betonsorten auf Basis von RC-Gesteinskörnungen ersichtlich werden. Nicht zulässig ist ein Einsatz von RC-Beton als Spannbetonen und anderen Sonderbetonen. Die Verwendung von RC-Zuschlägen ist jedoch in allen typischen

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

Massenbetonen erlaubt, die aus nachfolgender Tabelle ersichtlich werden. Damit können nahezu alle typischen Bedarfe im Hochbau abgedeckt werden.

Anwendungsbereich		Gesteinskörnungstyp 1 nach DIN 4226-100	Gesteinskörnungstyp 2 nach DIN 4226-100
Alkalirichtlinien	DIN EN 206-1 und DIN 1045-2		
WO (trocken)	Carbonatisierung XC1		
WF feucht	Kein Korrosionsrisiko X0 Carbonatisierung XC1 bis XC4	≤45 Vol.%	≤35 Vol.%
	Frost ohne Taumittelwirkung XF1 ¹⁾ und XF3 und in Beton mit hohem Wassereindringwiderstand	≤35 Vol.%	≤25 Vol.%
	Chemischer Widerstand (XA1)	≤25 Vol.%	≤25 Vol.%
¹⁾ Zusätzliche Anforderungen s. Abschnitt 1, (3) und (4)			

Genannt werden zulässigen Höchstgehalte an RC-Gesteinskörnungen an der Gesamtmenge Gesteinskörnung in einer Betonrezeptur, wobei zwischen den Typen 1 und 2 unterschieden wird. Typ 1 ist nach der DIN 4226-100 ein Gestein, das nachweislich unter anderem zu mindestens 90% aus Altbeton bestehen muss, Typ 2 zu mindestens 70%. Entsprechend variieren die zulässigen Höchstgehalte in den einzelnen Betontypen. Nicht zugelassen ist RC-Gesteinskörnung in der Korngröße <2mm. Sand wird demnach in den Rezepturen immer aus Primärmaterial bereitgestellt.

In den Impulsprojekten in Baden-Württemberg werden immer RC-Gesteinskörnungen nach Liefertyp 1 verwendet, wie auch schon beim ersten Vorhaben in Ludwigshafen. Aus Sicht der Verwertung mineralischer Bauabfälle wäre es zielführend, den Anteil an Ziegelsplitt in der Gesteinskörnung zu erhöhen und daher zukünftig möglichst auch Typ 2 einzusetzen.

2.2 RC-Gesteinskörnung

Über die DIN 4226-1 werden die Anforderungen an die Gesteinskörnungen beschrieben, die für die Herstellung von Beton oder Mörtel verwendet werden sollen. Die Anforderungen an Recycelte Gesteinskörnungen beschreibt die DIN 4226-100. Derzeit besteht eine Übergangssituation. Die DIN 4226-1 ist zurückgezogen, die in Zusammenhang mit der DIN 4226-100 relevanten Abschnitte gelten nach Auskunft des DIBt (Deutsches Institut für Bautechnik) weiterhin.

Bestandteile	Zusammensetzung (in M.%)	
	Typ 1	Typ 2
Beton und Gesteinskörnungen nach DIN 4226-1	≥ 90	≥ 70
Klinker, nicht porosierter Ziegel	≤ 10	≤ 30
Kalksandstein		
Andere mineralische Bestandteile	≤ 2	≤ 3
Asphalt	≤ 1	≤ 1
Fremdbestandteile	$\leq 0,2$	$\leq 0,5$

Weitere Gesteinstypen (Typ 3 und Typ 4) mit sehr hohen zulässigen Anteilen Klinker sind (bislang) nicht als Zuschlag für die Betonherstellung zugelassen.

Neben der Zusammensetzung sind für die Betonherstellung vor allem die Kornrohichte und die Wasseraufnahme der RC-Gesteine wichtig. Die Mindestanforderungen liegen für die Kornrohichte mit 2000 kg/m^3 vergleichsweise niedrig, wie man aus den Ergebnissen aus der Praxis ersehen kann. Die Kornrohichte einer primären Gesteinskörnung liegt bei mindestens 2.600 kg/m^3 . Gelingt es bei den Gesteinen nach Liefertyp 1 den Zementstein weitgehend zu entfernen und damit das alte Zuschlagkorn wieder in die Betonherstellung zurückzuführen, sollten auch hier die Werte in die Nähe von 2.600 kg/m^3 kommen. Damit ist auch gewährleistet, dass die Wasseraufnahme (gemessen nach 10 Minuten) deutlich unter 10% (Typ1) liegt. Für Typ 2 sind maximal 15% zulässig.

Weitere wichtige Eigenschaften sind die Kornform und der Frostwiderstand. Die Körnung sollte möglichst kubisch sein. Damit lassen sich die Gesteine in der Betonmischung dichter setzen (Packungsdichte), so dass der Bindemittelbedarf

(Zementbedarf) wegen fehlender größerer Zwischenräume minimiert werden kann. Ein hoher Bedarf an Bindemittel würde die Beton-Rezeptur sowohl ökonomisch als auch ökologisch sehr belasten. Ein hoher Frostwiderstand der Gesteinskörnungen ist wichtig, wenn der Beton diese Eigenschaften aufweisen soll.

Für RC-Gesteinskörnungen werden zudem noch Vorgaben zu den Inhaltstoffen gemacht. Hier gelten die in der nachfolgenden Tabelle aufgeführten Höchstwerte für den Feststoff und das Eluat.

Parameter		Zulässige Höchstwerte nach DIN 4226-100
pH-Wert ¹		12,5
Elektrische Leitfähigkeit ¹	µS/cm	3.000
Phenolindex	µg/l	100
Chlorid	mg/l	150
Sulfat	mg/l	600
Arsen	µg/l	50
Blei	µg/l	100
Cadmium	µg/l	5
Chrom	µg/l	100
Kupfer	µg/l	200
Nickel	µg/l	100
Quecksilber	µg/l	2
Zink	µg/l	400
Kohlenwasserstoffe	mg/kg	1.000
PAK (nach EPA)	mg/kg	75
EOX	mg/kg	10
PCB	mg/kg	1

¹ keine Ausschlusskriterien

Die Beeinflussungsmöglichkeiten der Eigenschaften einer Gesteinskörnung sind begrenzt. Von zentraler Bedeutung für die Qualitätssicherung ist der Umgang mit dem Ausgangsmaterial am Entstehungsort. Bereits bei der Abbruch- oder Rückbaumaßnahme müssen die Massen nach den verschiedenen mineralischen Fraktionen (Mauerwerksbruch und Altbeton) möglichst getrennt gehalten werden. Die nicht-mineralischen Bauteile (bspw. Holz) aber auch problematische Baustoffe wie

Kalksandstein, Portenbeton etc. müssen vorab entfernt und eine Schadstoffbegutachtung vor der Rückbaumaßnahme per Augenschein und bei Verdacht über Probenahme und –analysen durchgeführt werden.

2.3 Zielstellung aus Sicht der Nachhaltigkeit

Reurbanisierung – Eindämmung des Flächenbedarfs

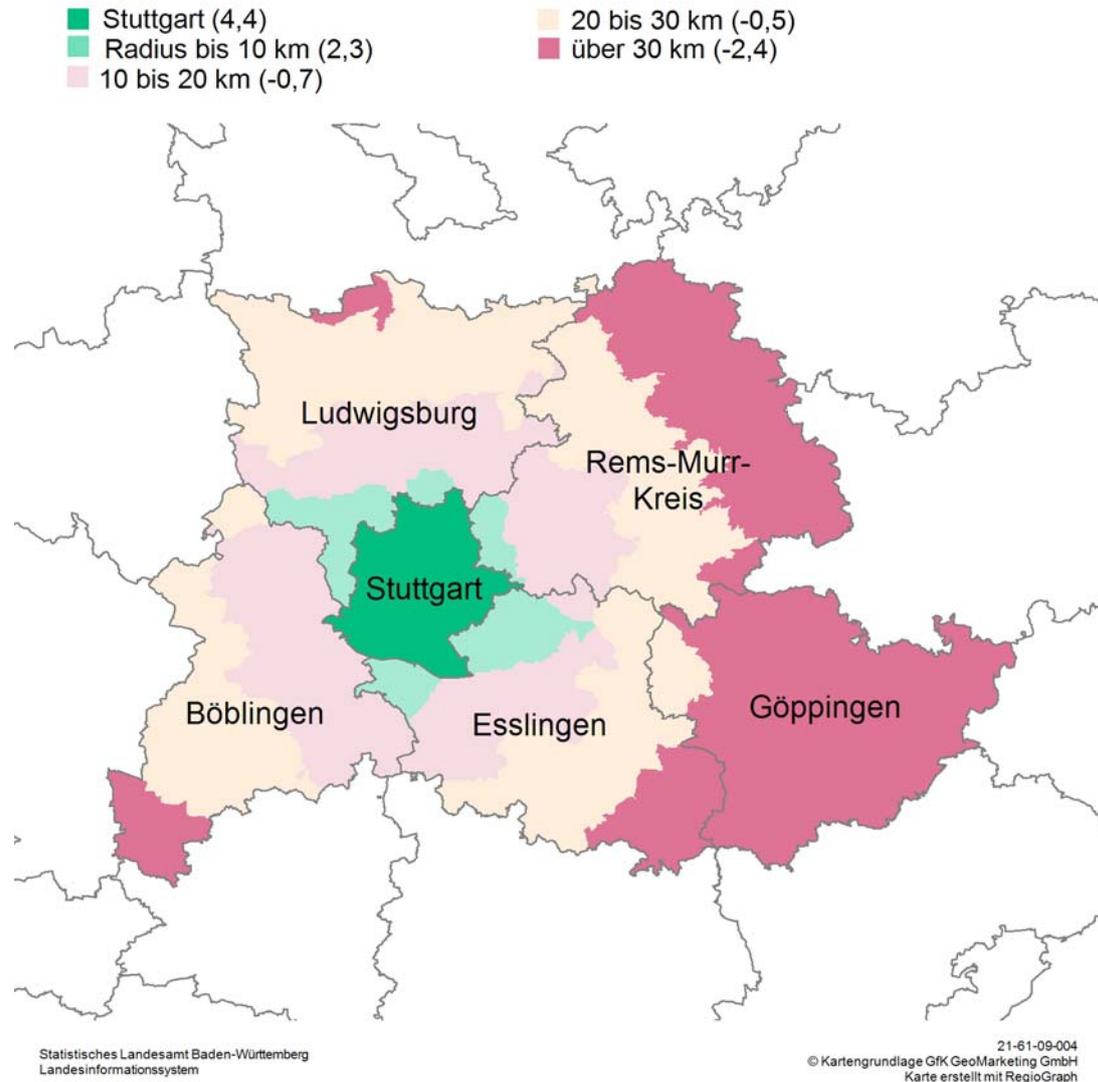
Seit einigen Jahren sind Städte bzw. Siedlungszentren wieder die Gewinner im Wanderungsgeschehen. In 10 Regionen zeigen sich nach Analysen des Statistischen Landesamtes [2010]² deutliche Reurbanisierungstendenzen. Stuttgart ist eine dieser Regionen. Waren bis zur Jahrtausendwende die kleinen und mittleren Orte die Gewinner der Wanderungsbewegungen, hat sich dies seitdem deutlich geändert. Seit etwa dem Jahr 2007 lässt sich sogar feststellen, dass kleinere Kommunen (je kleiner, desto deutlicher) sogar im Saldo von Abwanderungen betroffen sind. Je größer die Stadt, desto höher sind inzwischen die Wanderungsgewinne. Die Phase der Suburbanisierung, die die Nachkriegsjahrzehnte geprägt hat, scheint abgeschlossen zu sein.

Die Reurbanisierung ist inzwischen eine messbare Entwicklung und die Region Stuttgart ist von diesem Strukturwandel betroffen. So lässt sich für die letzten Jahren deutlich aufzeigen, dass die Innenstadt Stuttgart und ein Radius von nur 10km Umkreis noch deutliche Wanderungsgewinne aufweisen (4,4 bzw. 2,3 Einwohner pro 1000 Personen und Jahr), während gerade die peripheren Räume im Umkreis um Stuttgart (>30km Entfernung; in den Kreisen Göppingen und Rems-Murr) deutlich verlieren.

² Heike Schmidt, Reurbanisierung in der Region Stuttgart, in: Statistisches Monatsheft Baden-Württemberg 5/2010, S. 29-31

Wanderungssalden in der Region Stuttgart 2007/08

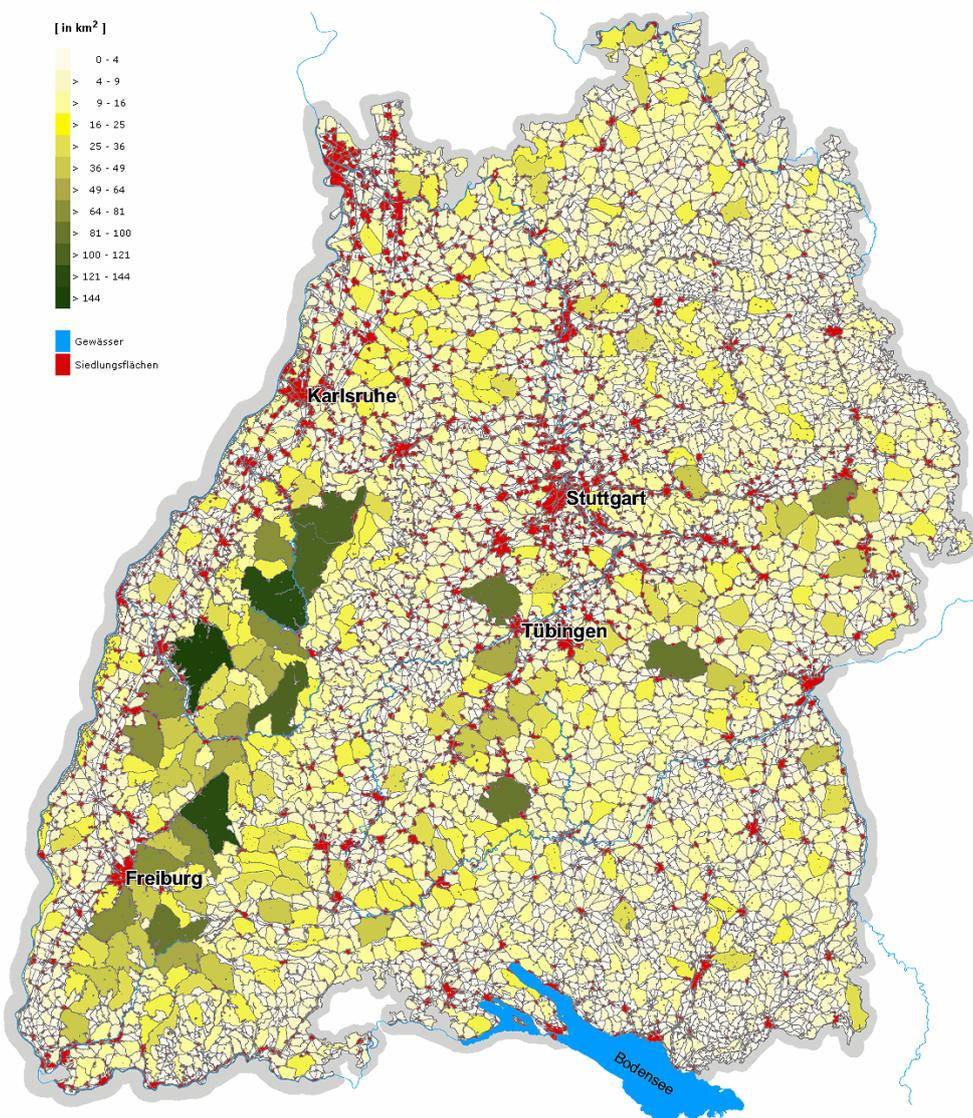
Jahresdurchschnittlicher Wanderungssaldo je 1 000 Einwohner



Da die Bevölkerungsentwicklung in den einzelnen Kommunen sehr stark von den Wanderungsbewegungen geprägt wird und weniger von der Geburtenrate, spiegeln diese Wanderungssalden auch die Einwohnerentwicklung wieder. **Je zentrumsnäher desto positiver sind im Mittel mittlerweile die Einwohnerentwicklungen.**

Seit vielen Jahren versucht bundesweit beispielgebend die Landesregierung von Baden-Württemberg bei Bevölkerung und bei Entscheidungs- und Meinungsträgern auf kommunaler Ebene darauf hinzuwirken, den Flächenbedarf einzuschränken. Über die letzten Jahrzehnte fand auf Kosten von Natur und Landschaft eine enorme Siedlungsflächenentwicklung statt. Die Dramatik der Entwicklung bzw. des erreichten

Status wird aus der beigefügten Karte nur im Ansatz deutlich. Noch unbebaute Flächen sind in vielen Regionen auf Restgrün zwischen Verkehrsstrassen und Ortslagen reduziert. Sie sind immer weniger als Erholungsflächen aber auch als Lebensräume für Tiere und Pflanzen geeignet. Größere unzerschnittene Räume lassen sich eigentlich nur noch im Schwarzwald und mit Abstrichen auf der Schwäbischen Alb antreffen. Bereits 14% der gesamten Landesfläche stellen Siedlungsflächen dar [PM_20100708_2 des UVM]³

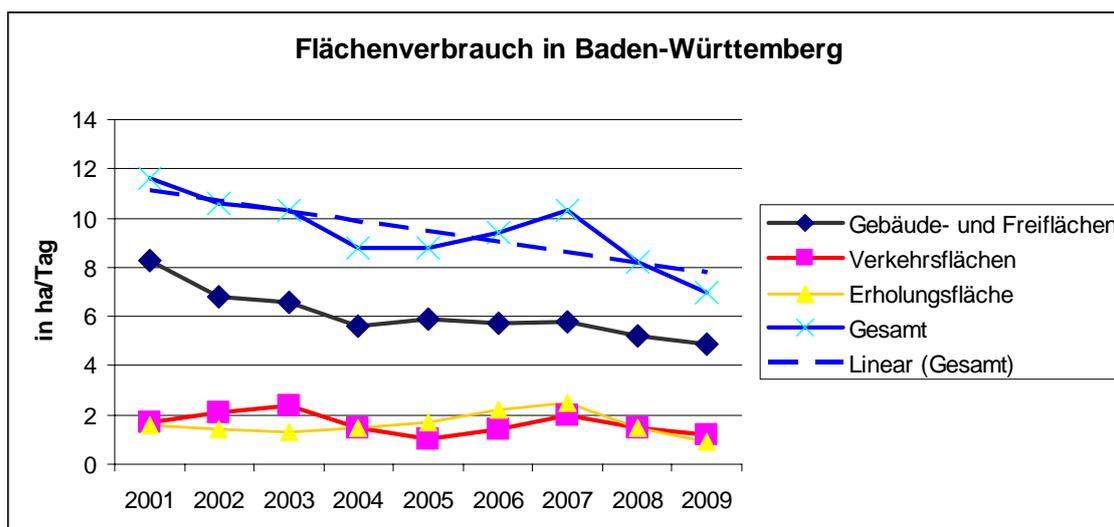


³ Pressemitteilung des UVM Baden-Württemberg: Tanja Gönner und die Präsidentin des Statistischen Landesamtes, Dr. Carmina Brenner, stellen neue Zahlen zur Siedlungsentwicklung in Baden-Württemberg vor. 08.07.2010

Im Kampf gegen den Flächenverbrauch sieht die Landesregierung erste Erfolge. Die Zahlen für das Jahr 2009 zeigen einen täglichen Verbrauch naturnaher Flächen von 7 ha. Dies wird als ermutigendes Signal gewertet, da noch vor kurzem zweistellige Zahlenwerte auftraten und da im Jahre 2009 der seit den 50er Jahren tiefste Wert erreicht wurde. Es sind jedoch noch weitere Anstrengungen notwendig, das landespolitische Ziel liegt bei 3 ha/Tag.

Da die Bauleitplanung in den Händen der Kommunen liegt, kann die Landesregierung den Flächenbedarf nur mittelbar beeinflussen. Dazu dienen zahlreiche Initiativen oder auch konkrete Landesprogramme wie bspw. das zur "Revitalisierung von Brachflächen" oder "Flächengewinnen durch Innenentwicklung".

Vor allem für neue Wohngebiete sind mit 3,4 ha/Tag über 20% weniger Flächen als im Jahr zuvor ausgewiesen worden. Dies zeigt den Trend, innerörtliche Potenziale zu stärken und Ortskerne zu vitalisieren. Auch die Ausweitung von Verkehrsflächen verringerte sich gegenüber dem Jahr 2008 um 20%. Daran gilt es aus Sicht der Landesregierung anzuknüpfen. Es gehe in erster Linie nicht um ein Mehr an Wohnungs- und Gewerbeflächen, sondern um eine Verbesserung der Standortqualität. Die Kommunen müssen sich nach Ansicht des Umweltministeriums im Wettbewerb vor allem darum bemühen, im vorhandenen Siedlungsbestand die Bedingungen für Wohnen, Arbeiten und Leben weiter zu optimieren.



Wie man aus den Angaben des Statistischen Landesamtes ablesen kann, sind gerade die Gebäude- und Freiflächenzahlen rückläufig. In Summe ergibt sich ein eindeutig rückläufiger Trend.

Auch wenn der Gebäudebestand aber auch der Bestand der Straßenverkehrsinfrastruktur aufgrund der enormen Bautätigkeit seit dem 2. Weltkrieg vor allem seitdem errichtet wurde, besteht ein enormer Sanierungsbedarf. Angesichts der energetischen Anforderungen an Gebäude und den aktuellen Nutzeranforderungen wird der alte Gebäudebestand nicht gehalten, sondern durch Neubauten ersetzt werden. Dies bedeutet, dass zunehmend Grundstücke in Innenstadtlage geräumt werden, um sie anschließend neu zu bebauen.

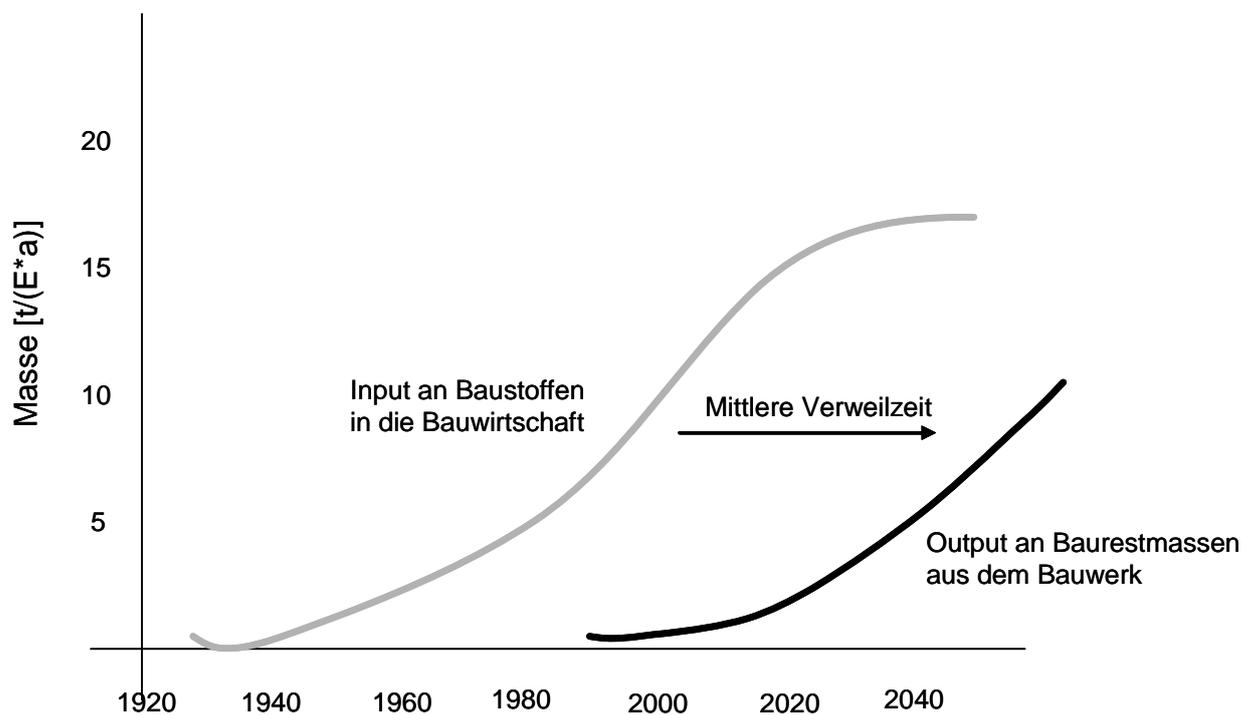
Auch im Straßenbau wird der Trend sich noch weiter in Richtung Bestandserhaltung bzw. Umbau und Ausbau gehen. Werden keine neuen Siedlungsflächen mehr erschlossen, entfällt der Bedarf an entsprechenden Erschließungsstraßen. Zudem ist das heutige Straßenverkehrsnetz bereits sehr dicht. Die Notwendigkeit, neue Trassen zu erschließen, wird eindeutig die Ausnahme bleiben, schon aus Haushaltsgründen. Schon heute besteht ein deutlicher Sanierungsstau. Haushaltsmittel müssen zukünftig verstärkt für den Unterhalt der Verkehrsinfrastruktur aufgewendet werden.

Prognose Baustoffnachfrage und Aufkommen an mineralischen Bauabfällen

Immer stärker wird demzufolge der Trend zum Bauen innerhalb der Ortslagen gehen. Muss beim Bauen auf der Grünen Wiese in der Regel Erdaushub entsorgt werden, ist jede Bautätigkeit innerorts zwangsläufig (zusätzlich) mit einem Aufkommen an Hochbauschutt verbunden. In Abhängigkeit von der Bautätigkeit wird daher das spezifische Aufkommen an gemischtem Bauschutt oder Altbeton in Relation zur Baustoffnachfrage ansteigen.

Das Aufkommen an Hochbaurestmassen wird zudem aus dem wachsenden Sanierungsbedarf des Gebäudebestandes verstärkt werden. In Verbindung mit der enormen Bautätigkeit seit den 50er Jahren ist mittlerweile ein Bestand an Bauwerken entstanden, der dringend einer grundlegenden Erneuerung oder Sanierung bedarf. Ein erheblicher Anteil der mineralischen Baustoffe, die in den Baukörpern verbaut wurden, fällt demnach in Zukunft als mineralischer Bauabfall zur Entsorgung an.

Dabei wird sich die Zusammensetzung der mineralischen Baustoffe verschieben und der Anteil Altbeton im Verhältnis zum gemischten Bauschutt bzw. dem Mauerwerksbruch an Bedeutung gewinnen.



Nach: Prof. Rechberger, TU Wien, 2006

Werden Straßen bspw. über einen Vollausbau saniert, werden die gebundenen und ungebundenen Schichten des Straßenkörpers rückgebaut und durch Baustoffe ersetzt. Die gebundenen Schichten fallen als Straßenaufbruch zur Entsorgung an, die ungebundenen Schichten als Boden und Steine, so sie aus Primärmaterial aufgebaut waren. Werden Straßenertüchtigungen innerorts notwendig, kommt es jedoch tendenziell zu einer Massenäquivalenz zwischen Baustoffbedarf und zu entsorgenden Bauabfallmengen. Das Straßenniveau lässt sich nicht erhöhen. Der Netto-Materialbedarf im Straßenbau wird in Zukunft abnehmen.

Deutlich anders sieht dies bei Baumaßnahmen außerorts aus. Hier ist der Hocheinbau die Regel. Danach verbleibt der alte Straßenkörper möglichst vor Ort und es wird ein neuer Straßenbaukörper oben drauf gesetzt, sofern nicht Zwangspunkte wie Brücken oder Anbindungen von Seitenstraßen dazu zwingen, das Straßenniveau beizubehalten. Diese Praxis wird in der Regel rein aus Kostengründen durchgeführt. Es entfallen Kosten für Rückbau und Entsorgung der Überschussmassen. Müssen trotzdem Überschussmassen als Böden entsorgt werden, erfolgt dies in der Regel vor Ort über eine Aufschüttung von Dämmen und Wällen, die nicht unbedingt Funktionen wie z.B. Lärmschutz erfüllen müssen.



Aus Sicht der Nachhaltigkeit ist das Verbleiben der alten Straßenkörper sowie das Entsorgen der Böden vor Ort nicht zielführend. Bedeutende Ressourcen werden nicht genutzt. Sollte hier bei den Straßenbaubehörden ein Umdenken erfolgen, würde auch das spezifische Aufkommen an mineralischen Bauabfällen in Zukunft deutlich ansteigen.

Bisher kann rechnerisch mit < 10% nur ein kleiner Anteil des Baustoffbedarfs des Hochbaus und des Straßenbaus durch RC-Baustoffe gedeckt werden. Die prognostizierte Entwicklung birgt die große Chance, zur Deckung der Baustoffnachfrage auf anthropogene Lager zurückgreifen und primäre Rohstoffvorkommen zunehmend schonen zu können.

Rohstoffsicherung und Ressourcenschonung

Auch mineralische Rohstoffe wie Kies, Steine und Sand sind ein knappes Gut. Dies wird aus der Prognose der EMPA Zürich zu den Kiesvorkommen im Raum Zürich deutlich. Auch wenn das Ende der verfügbaren Kiesreserven mit Sicherheit noch nicht erreicht wurde und daher die absolute Aussage der Prognose bisher nicht zutrifft, sind der aufgezeigte Trend und die Gründe zur Beschneidung der Reserven überall zu verfolgen.

Zum einen war der Bauboom in den letzten Jahrzehnten mit einem faktischen Abbau der Rohstoffreserven verbunden. Wie man an der Graphik erkennen kann, trägt dieser Fakt nur zu einem geringeren Anteil am Rückgang der Verfügbarkeit bei. Deutlich entscheidender sind die Restriktionen, die sich aus der konkurrierenden Flächennutzung ergeben. Gerade in den Ballungsräumen gibt es keine Fläche, die nicht aus mindestens einem Sachverhalt heraus im Zuge der Regionalplanung mit verschiedenen Interessen belegt wäre.

Die Ausweisung von Flächen zur Rohstoffgewinnung bzw. die Erweiterung vorhandener Betriebe stößt daher in der Regel auf deutliche Widerstände und Schwierigkeiten. Gerade in Ballungsräumen werden auch Bedenken aus der Bevölkerung heraus artikuliert, die sich meist aus befürchteten Lärm und Staubbelastungen aus dem Abbaugeschehen und dem Transportgeschehen heraus

ergeben. Dazu kommt der befürchtete Eingriff in den gerade für Ballungsräume wichtigen Naherholungsraum.

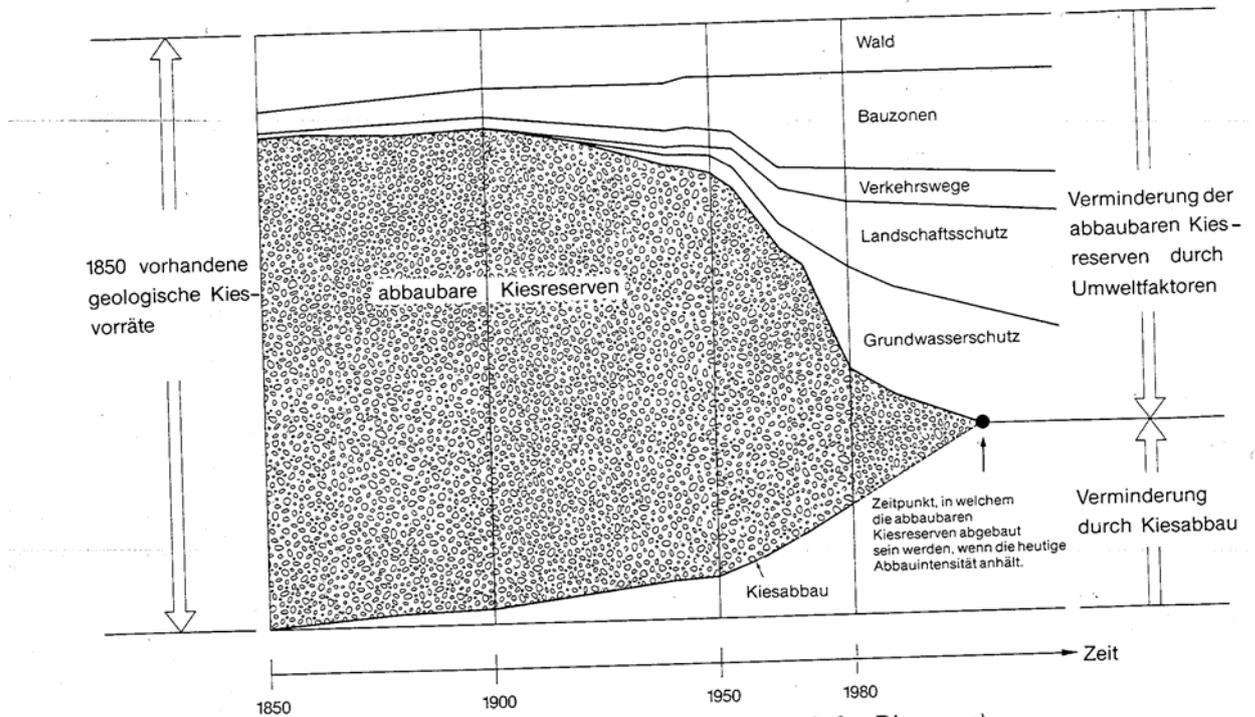


Fig. 1: Verminderung der abbaubaren Kiesreserven 1850–1980 (schematisches Diagramm)

Auch die Vorkommen an mineralischen Rohstoffen sind knapp und müssen nachkommenden Generationen erhalten werden. Die Ausweitung von Abbauf lächen steht oft in starker Konkurrenz zu anderen elementaren Flächennutzungsansprüchen.

Eingriff in den Natur- und Landschaftshaushalt

Der Rohstoffbericht Baden-Württemberg [2006]⁴ beschreibt ausführlich die mineralischen Rohstoffvorkommen und deren Gewinnung, Produktion und Verbrauch. Danach lassen sich folgende Kennzahlen ableiten.

⁴ Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, Rohstoffbericht Baden-Württemberg 2006. Gewinnung, Verbrauch und Sicherung von mineralischen Rohstoffen, Freiburg November 2006 (=LGRB-Informationen 18)

Die unter anderem gerade im Raum Stuttgart auch als Betonzuschlag genutzten **Karbonatgesteine** werden in Steinbrüchen gewonnen, die sich im nördlichen und westlichen Umfeld des Ballungsraumes befinden. Hier werden Kalksteine des Oberen Muschelkalkes abgebaut. Im Jahre 2005 wurden insgesamt 28,5 Mio. t an karbonatischen Natursteinen gefördert, wobei etwa 4,7 Mio. t bzw. 16,4% als nicht verwertbar abgetrennt werden mussten. Gerade bei den Gewinnungsstätten des Muschelkalk hat der Abraumanteil durch die Mächtigkeit der nicht verwertbaren überlagernden Schichten zugenommen. Im Mittel dürften es 15 bis 20m sein, wobei einzelne Betriebe mit bis zu 35m Mächtigkeit konfrontiert sind. Die Gesteine des Oberen Muschelkalkes selbst sind meist zwischen 80m und 90m mächtig. Bei einer spezifischen Dichte von 2,7 kg/dm³ ergibt sich so eine Gesteinsabbaumenge 216 t/m². Der spezifische Flächeneingriff liegt demnach unter Berücksichtigung der nicht vermarktbar Anteile bei 0,0055 m²/t Produkt.

Gerade für die Betonherstellung werden aber vor allem **Kiese** eingesetzt. Die zentralen Kiesvorkommen befinden sich im Oberrheingraben im südlichen (Raum Freiburg) und mittleren Oberrhein (Raum Offenburg), im Schwäbischen Alpenvorland sowie am Hochrhein (Hochrhein-Bodensee, Bodensee-Oberschwaben, Donau-Iller). Die Fördermengen an Kies sind seit längerem rückläufig, im Zeitraum 1999 bis 2005 alleine um 25%. Da die Zahl der Produzenten im gleichen Zeitraum weit weniger deutlich zurückging, sind große Überkapazitäten an Förder- und Verarbeitungstechnik entstanden. Im Mittel werden Kiese in einer Mächtigkeit von etwa 50m angebaut. Bei einer spezifischen Dichte von 2,65 kg/dm³ ergibt sich daraus eine Gesteinsabbaumenge von 132,5 t/m² Grundfläche. Der nicht verwertbare Anteil an der Fördermenge ist über die letzten Jahre kontinuierlich gewachsen und beträgt nun etwa 8,5%. Der spezifische Flächeneingriff liegt demnach unter Berücksichtigung der nicht vermarktbar Anteile bei 0,0082 m²/t Produkt.

Bei einer Produktionsmenge von etwa 37 Mio. Tonnen Kies und etwa 23,8 Mio. Tonnen Naturstein ergibt sich daraus eine spezifische Flächenbeanspruchung von 43,7 ha/Jahr oder 0,12 ha/Tag. Im Vergleich zum spezifischen Flächeneingriff für Siedlungsflächen von 7 ha/Tag beträgt der Anteil für den Gesteinsabbau etwa 1,7%.

Der Abbau von Gesteinen stellt einen erheblichen Eingriff in den Natur- und Landschaftshaushalt dar. Bei Nassauskiesungen entstehen Gewässerbiotope ggf. in Auenstandorten. Bei Steinbrüchen entstehen Extrem- bzw. Rohbodenstandorte, die

von einer Vielzahl seltener Pionierarten besiedelt werden können. Beides können wichtige Lebensräume für einzelne Arten aus Flora und Fauna sein, wie auch andere Siedlungsflächen im Einzelfall wertvollere Habitats darstellen können als es ausgeräumte Agrarsteppen bieten. Das Artenspektrum verändert sich deutlich. Gerade bei Freizeitnutzung der Baggerseen oder Verfüllung der Abgrabungen können sich erhebliche Eingriffe in den Naturhaushalt ergeben.

Die Rohstoffindustrie ist bspw. über die Zusammenarbeit mit der Naturschutzorganisation NABU⁵ bemüht, Gewinnung und Nachfolgenutzung zukünftig verstärkt unter Berücksichtigung naturschutzfachlicher Aspekte durchzuführen.

3 Impulsprojekt Stuttgart-Ostheim

Mit dem Projekt in Stuttgart-Ostheim wurde in Baden-Württemberg erstmals RC-Beton bei einem großen Wohnungsbauvorhaben eingesetzt. Bauherr ist mit dem Bau- und Wohnungsverein Stuttgart BWV ein Unternehmen, das sich dem Bau und der Bewirtschaftung von Mietwohnungen zum Ziel gesetzt hat, die breiten Schichten der Bevölkerung dienen sollen. Das große engagierte Unternehmen steht derzeit unter anderem vor der Aufgabe, den großen Wohnungs- bzw. Gebäudebestand in Ostheim zu erneuern bzw. zu sanieren.

Nachdem über die letzten Jahre im Raum Stuttgart eine deutliche Marktberreinigung erfolgte und auch einige Produktionsstandorte aufgegeben wurden, ist Transportbeton Waiblingen ein engagiertes Unternehmen, das in relativer Nähe zur Baustelle in Ostheim auf ein Betonwerk zurück greifen kann, welches in seiner Technik und der Lager- und Beschickungsmöglichkeiten für eine Vielzahl von Gesteinskrönungen sich zudem für die Aufgabenstellung der Verwendung einer weiteren (RC-) Gesteinskrönung anbot.

Im Zentrum Stuttgarts befinden sich nach erster Einschätzung keine großen Bauschuttaufbereiter, die auf Anlagen zurückgreifen können, die eine Herstellung von

⁵ Naturschutzbund Deutschland e.V., Bundesverband Baustoffe Steine+Erden e.V.,
Industriegewerkschaft Bergbau, Chemie, Energie, Industriegewerkschaft Bauen-Agrar-
Umwelt, Rohstoffnutzung in Deutschland. Gemeinsame Erklärung, 2004

RC-Gesteinskörnung in den geforderten hohen Qualitäten sicher erreichen können. Viele Massen mineralischer Bauabfälle werden zur Aufbereitung über größere Distanzen aus dem Stadtgebiet Stuttgart heraus gebracht. Die Fa. Feeß als engagiertes und ambitioniertes Bauschutttaufbereitungsunternehmen gehört zu den Gründungsmitgliedern des QRB und engagiert sich heute noch dort im Vorstand. Über den QRB, Qualitätssicherungssystem Recyclingbaustoffe, sind Unternehmen eingebunden, die sich und ihre RC-Produkte hohen Standards der Zertifizierung und Güteüberwachung unterwerfen. Die Herstellung der RC-Gesteinskörnung stellt im Produktionsprozess eine wichtige Stellgröße dar, die wesentlich die Güte des Endproduktes RC-Beton bestimmt. Entsprechend hoch sind die Anforderungen an einen RC-Betrieb.

Diese Firmen BWV, TBW und Feeß wurden alle vom IFEU-Institut angesprochen und für dieses Vorhaben gewonnen. Für Stuttgart und seinen Großraum wären natürlich auch andere Konstellationen denkbar gewesen, die Auswahl erfolgte andererseits jedoch nicht zufällig.

3.1 Herstellung der RC-Gesteinskörnung

Die Fa. Feeß ist bei einem Mitarbeiterstamm von etwa 100 Personen sowohl im Erdbau als auch im Abbruch und in der Bauschutttaufbereitung tätig. In der Bauschutttaufbereitung wird vor allem Material durchgesetzt, das in eigenen Abbruchmaßnahmen zur Entsorgung anfällt. Entsprechend gut ist die Möglichkeit, auf die Qualität des Inputmaterials in die Bauschutttaufbereitung zu achten und damit entscheidend die Produktqualität mitzubestimmen. Zur Bauschutttaufbereitung betreibt die Fa. Feeß derzeit 2 bzw. 3 Standorte. Die Herstellung der RC-Gesteinskörnung zur Betonherstellung erfolgte am Standort Kirchheim/Teck, im Gewerbegebiet Rabailen. Dieser Standort wurde erst im Jahre 2010 eröffnet.

Die Fa. Feeß ist seit dem Jahre 2001 als Entsorgungsfachbetrieb zertifiziert und Mitglied im QRB Qualitätssicherungssystem Recycling-Baustoffe. Mit diesen Mitgliedschaften ist eine umfangreiche Güte-Überwachung von Betrieb und Produkten verbunden. Auch das neu hergestellte Produkt RC-Gestein für die Betonherstellung wurde einer entsprechenden eingehenden Prüfung unterzogen.

3.1.1 Stofffluss Aufbereitung RC-Gesteinskörnung

Abbruch

Die Fa. Feeß ist neben dem Erdbau auch im Abbruch und Rückbau von Gebäuden tätig. Ein Großteil der über die Recyclinganlage aufbereiteten mineralischen Abfälle ist „eigenes“ Material. Damit ist das für die Sicherung der Produktqualitäten wichtige Moment der Qualitäten und der Zusammensetzung des Materialinputs gut beeinflussbar.

Bei den Projekten der Fa. Feeß erfolgt bereits an der Abbruchstelle bzw. dem Rückbauvorhaben eine erste Stufe der Stoffstrombewirtschaftung. Die Abbruchmaßnahmen erfolgen selektiv. In einem ersten Schritt werden generell die nicht-mineralischen Gebäudeteile wie Fenster/Türen, Metalle, Holz aus den Gebäuden entfernt. In diesem Schritt erfolgt auch eine Entfernung von den mineralischen Bestandteilen, die die Qualität der RC-Produkte negativ beeinflussen können wie bspw. Gipskartonplatten.

Jedes Gebäude wird vor seinem Rückbau begutachtet. Es erfolgt eine Besichtigung durch den Abbruchunternehmer, der aufgrund Gebäudealter und –charakteristik Art und Menge des Abbruchmaterials beschreiben kann und problematische Bauteile erkennt. Wurden ehemals problematische Baustoffe verbaut oder ist gerade bei gewerblichen Gebäuden mit einer Schadstoffbelastung aus der Nutzung des Gebäudes zu rechnen, erfolgt eine Fachbegutachtung, verbunden mit Probenahmen und Schadstoffanalytik. Diese Gutachten liegen der Kalkulation der Abbruchvorhaben und ihrer Konzeption zugrunde.

Handelt es sich um Bauwerke mit höheren Anteilen an Beton, so erfolgt an der Abbruchstelle auch bereits eine Auftrennung zwischen Betonbruch und Mauerwerksbruch. Beide Teilfraktionen stellen bei der Fa. Feeß jeweils die Ausgangsmaterialien unterschiedlicher RC-Produkte dar. Bei der Verladung der Materialien werden zudem Baggerschaufeln eingesetzt, die als Sieblöffel ausgebildet sind. Damit wird sichergestellt, dass Feinmaterialien wie bspw. anhaftende Erde vor Ort verbleiben und nicht in den Recyclingprozess gelangen.



Innerhalb des Recyclingsgeländes werden die Betonanlieferungen von den Mauerwerksanlieferungen getrennt gehalten. Bei den Altbetonen, die als Ausgangsstoff für die RC-Gesteinskörnung vorgesehen waren, erfolgte nach bauphysikalischen Gesichtspunkten noch einmal eine grobe Vorabtrennung von schlechteren Betonteilen.

Aufbereitung des Altbetons / Produktion der RC-Gesteinskörnung

Die Beschickung der Anlage erfolgt wiederum durch einen Bagger mit Sieblöffel. Auf diese Weise wird sicher gestellt, dass kein eventuell anhaftendes Erdmaterial oder anderes Feinmaterial (<7cm) in den Brecher und damit in den Aufbereitungsprozess gelangt. Bei anderen stationären Bauschuttrecyclinganlagen übernimmt diese Aufgabe ein Vorsieb, d.h. ein dem Brecher vorgeschaltetes Sieb.



Der Aufbereitung dient eine kettenmobile Prallmühle mit einem nachgeschalteten Doppeldeckersieb. Auf dem Bild unten ist der Austrag aus der Prallmühle bzw. der Eintrag in die Siebanlage zu sehen. Am Austrag ist ein Bandmagnet zu erkennen, der Eisenmetalle (bspw. aus der Bewehrung) entnimmt. Bei der Siebanlage ist die erste Siebstufe zu erkennen, über die das Überkorn abgetrennt wird.



Danach wird der Materialstrom dem eigentlichen Doppeldeckersieb zugeführt, wobei auch hier noch eine weitere Metallabscheidung erfolgt. Mit dem Sieb erfolgt eine Auftrennung in die Materialströme mit den Korngrößen (16/x mm; 30%), (2/16 mm; 45%) und (0/2 mm; 25%). Die Zielkorngröße für die Herstellung des Betonzuschlags stellt die Fraktion (2/16 mm) dar.



Die Fraktion in der Korngröße (16/x mm) wird deshalb erneut der Prallmühle zugeführt. Dieser Materialstrom durchläuft den oben bereits geschilderten Aufbereitungsprozess zum zweiten Mal. Aus diesem zweiten Aufbereitungsprozess entstehen Korngrößen, die zu 60% der Zielgröße entsprechen. Jeweils 20% fallen als Sand (0/2 mm) oder als

Schroppen (16/x mm) an. Die Schroppen werden dem Materialstrom zugeschlagen, der der Herstellung von ungebundenen Frostschutzschichten im Straßen- und Wegebau dient.

Das gesamte Handling an der Brecher- und Siebanlage übernimmt ein Bagger. Der Einsatz von Radladern ist nur notwendig, um die produzierten Massen in den Endkörnungen dem asphaltierten Produktlager auf dem Werksgelände zuzuführen.



Auf diese Weise entstehen mit dem Brechsand und der RC-Gesteinskörnung zwei Produktmassenströme. In dem Sand dürfte ein hoher Anteil an Zementstein enthalten sein, der beim Brechvorgang vom Altbeton abgeschlagen wurde.





Die Fa. Feeß ist als Entsorgungsfachbetrieb zertifiziert sowie Mitglied im QRB. Mit diesen Zertifizierungen ist ein umfangreiches Qualitätsmanagement verbunden. Das Qualitätsmanagement bedeutet eine klare Darlegung der betriebsinternen Abläufe (Erkundung, Abbruch, Selektion auf der Baustelle, Transport, Eingangskontrolle RC-Anlage, sortenreine Lagerung, Aufbereitung, Lagerung, Verkauf) mit einer umfangreichen Dokumentation aller Prozesse. Zu diesem Qualitätsmanagement gehört auch eine Eigenüberwachung, d.h. eine betriebsinterne Kontrolle der Prozesse und Produkte.

Auf dieser Basis erfolgt zusätzlich eine Fremdüberwachung. In etwa alle drei Monate wird der Betrieb durch einen durch die Zertifizierungsstelle Beauftragten besucht und die Dokumentation sowie die Ergebnisse der Eigenüberwachung kontrolliert. Die Eigen- und Fremdüberwachung erfolgt nach genauen Regeln. Im Zuge der Fremdüberwachung werden zudem Proben aus den Produkten entnommen und auf die verschiedenen Produkteigenschaften geprüft. Drei- bis viermal im Jahr erfolgt durch die Fremdüberwachung zudem eine chemische Analyse, d.h. eine Untersuchung der Schadstoffbelastung des Materials.

3.1.2 Ergebnisse

Das auf diesem Wege erzeugte Produkt 2/16 Liefertyp 1 wurde nach den Kriterien der DIN 4226-100 für recycelte Gesteinskörnungen im Rahmen einer Erstprüfung untersucht. Die Prüfung wurde durch das Institut Dr. Haag aus Kornwestheim durchgeführt. Die Ergebnisse sind im Prüfbericht Nr. 282596B vom 28. April 2010 dokumentiert. Im August 2010 erfolgte zudem die erste Fremdüberwachung, die in einem Bericht vom 24. August 2010 dokumentiert ist.

Liefertyp 1 gibt eine bestimmte Zusammensetzung des Materials vor. Gesteinskörnung dieses Liefertyps soll möglichst wenig Bestandteile Mauerwerksbruch aufweisen und grundsätzlich möglichst frei sein von anderen mineralischen Bestandteilen oder Fremdbestandteilen. Wie die Untersuchungsergebnisse zeigen, ist dies sehr gut gelungen. Das Produkt besteht aus nahezu 100% aus der gewünschten Gesteinskörnung.

	Anforderungen (Typ 1)	Prüfergebnisse	
Beton und Gesteinskörnungen	$\geq 90\%$	99,7%	99,4%
Klinker, nicht porosierter Ziegel	$\leq 10\%$	0,1%	
Kalksandstein		-	
Andere mineralische Bestandteile	$\leq 2\%$	-	
Asphalt	$\leq 1\%$	0,1%	0,5%
Fremdbestandteile	$\leq 0,2\%$	0,1%	-

Bei dieser Zusammensetzung war es nahe liegend, dass das Produkt auch die Prüfungen zur bauphysikalischen Eignung bestand.

Die Kornrohichte des Produktes erreichte Werte von 2300 kg/m³ in der ersten und 2.600 kg/m³ in der 2. Prüfung und überschreitet damit deutlich den geforderten Wert von 2.000 kg/m³. Die Wasseraufnahme nach 10 Minuten lag bei 4,9 % bzw. 3.3% bei einem erlaubten Wert von maximal 10%. Damit wird der Einfluss des Wassersaugens der Gesteinskörnung auf den wirksamen Wasserzementwert bei der Betonherstellung berücksichtigt.

Die Kornform soll möglichst kubisch sein. Als Kriterium gilt ein Verhältnis von Kornlänge zu Korndicke von >3, das nur von 15% der Gesteine überschritten werden soll. Die Prüfung ergab eine Kornformkennzahl von 5% und 6%, die Anforderungen sind demnach deutlich erfüllt. Die Prüfung des Frost-Widerstandes ergab Werte von 7,4% und 3,2%. Die Einstufung war nach der Fremdüberwachung von August 2010 in die Kategorien F₄ möglich.

Zudem wurden noch die Gehalte an säurelöslichem Chlorid und schwefelhaltiger Bestandteile ermittelt. Bei beiden Prüfungen wurden die Anforderungen ebenfalls deutlich erfüllt.

Für die Gesteinskörnung Liefertyp 1 gibt es zudem eine Vorgabe zur Kornzusammensetzung (Sieblinie) und zu Maximalgehalten an Feinanteilen. Die Grenzwerte geben die Mindest- und Maximalanteile an, die bei den einzelnen Siebgrößen erzielt werden dürfen. Die Prüfergebnisse (Siebdurchgang) zeigen, dass



die Kornzusammensetzung des Produktes sich sehr gut innerhalb der Vorgaben befindet.

Siebgröße	mm	0,063	1	2	8	16	22	32
Siebdurchgang-Prüfung I	M%	0,6	1,5	2,8	56,2	98,8	100	100
Siebdurchgang-Prüfung II	M%	0,6	1,4	1,8	66,4	98,9	100	100
Grenzwerte	M%	4	0-5	0-15	25-70	90-99	98-100	100

Neben diesen Prüfungen auf physikalische Eigenschaften, denen sich auch Primärgesteinskörnungen unterziehen müssen, werden Gesteine aus recyciertem Ausgangsmaterial noch chemisch auf ihre Inhaltsstoffe untersucht. Das Produkt weist eine Schadstoffbelastung auf, die weit von den zulässigen Höchstwerten entfernt ist, teilweise um Größenordnungen.

		Höchstwerte nach DIN 4226-100	Prüfergebnisse	
Kohlenwasserstoffe	mg/kg	1000	<50	<50
PAK nach EPA	mg/kg	75	<0,05	<0,05
EOX	mg/kg	10	<0,5	<0,5
PCB	mg/kg	1	0,007	<0,002
pH-Wert		12,5	12,38	11,72
Elektrische Leitfähigkeit	µS/cm	3000	2380	2500
Chlorid	mg/l	150	1,5	1,02
Sulfat	mg/l	600	23,9	5,9
Arsen	µg/l	50	<1	<1
Blei	µg/l	100	18	<1
Cadmium	µg/l	5	<0,5	<0,5
Chrom ges.	µg/l	100	3	2
Kupfer	µg/l	200	2	5
Nickel	µg/l	100	<1	<1
Quecksilber	µg/l	2	<0,1	<0,1
Zink	µg/l	400	41	22
Phenolindex	µg/l	100	<10	<10

3.2 Herstellung des ressourcenschonenden Betons

Die Herstellung des ressourcenschonenden Betons erfolgt durch die Fa. TBW Transportbeton Waiblingen. Das Transportbetonwerk in Waiblingen tritt mit anderen Betonherstellern aus dem Raum Stuttgart in einem Betonverbund

(www.betonverbund.de) auf dem Markt auf. Die Fa. TBW verfügt mit der Anlage in Waiblingen über eine der modernsten Produktionsanlagen, die die Produktion mit unterschiedlichsten Betonrezepturen erlaubt. So können durch die Vielzahl an Silos bspw. viele unterschiedliche Gesteins-Zuschläge in unterschiedlichem Umfang den Rezepturen beigegeben werden.



3.2.1 Herstellungsprozess

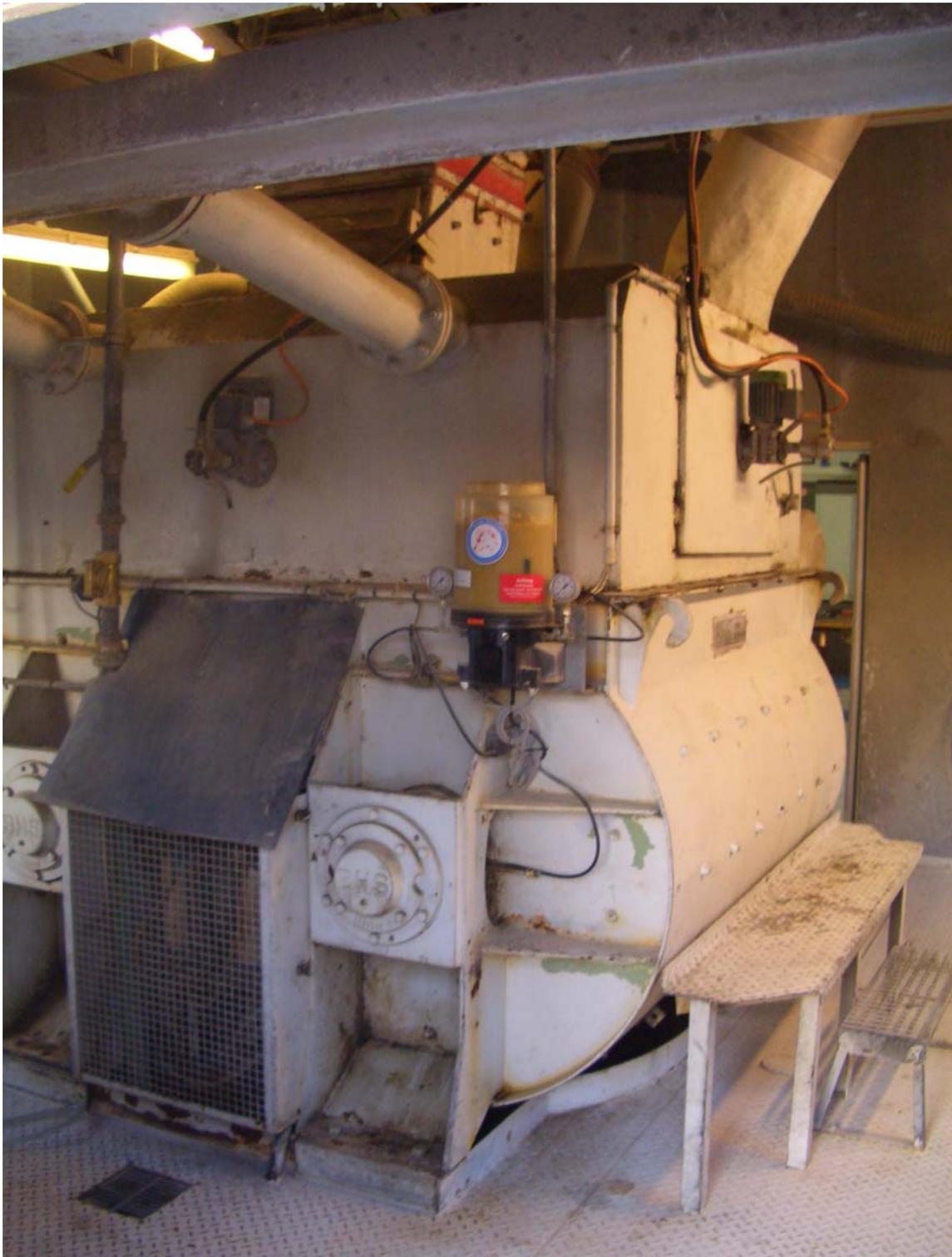
Die Gesteinskörnungen für die Betonproduktion werden über Sattelzüge angeliefert und in einen Tiefbunker gekippt. Dieser Tiefbunker hat exakt die Aufnahmekapazität einer Lkw-Ladung. Das Gesteinsmaterial wird sofort über zwei Rüttler aus dem Tiefbunker abgezogen und auf ein Förderband gegeben, über das alternativ zwei Becherwerke (für die Silotürme) beschickt werden können. Förderband und Rüttler sind auf die Förderleistung des Becherwerkes abgestimmt.

Die einzelnen Becher haben jeweils ein Fassungsvermögen von 30 Litern. Mit dem Becherwerk wird das Gesteinsmaterial auf die Spitze der Anlage, d.h. der Silos

transportiert. Die Anlage verfügt über zwei rechts und links angeordnete Silotürme, die in 6 und 7 Kammern unterteilt sind. Das von den Becherwerken transportierte Material wird demnach zunächst auf quer liegende Förderbänder gegeben, die Verteiler beschicken. Diese Verteiler sind über den Silotürmen angeordnet und erlauben die Zudosierung des Materials zu den einzelnen Kammern (Silosegmente).



Zentral befinden sich in der Anlage die 9 Bindemittelsilos, links und rechts durch die Silos für die Gesteinszuschläge flankiert. In der Ebene über der Fahrzeugbeschickung findet die Mischung der Rezepturen statt. Das Material wird unten am Boden der Silos über Dosierwaagen (4-5 t) abgezogen und in einen Mischbehälter gefördert. Dieser Vorgang muss solange wiederholt werden, bis sich alle Rezepturbestandteile (Zuschläge) Sand und Gesteine im Mischbehälter befinden. Die Bindemittel werden über Schneckenförderer und eine Waage der Mischkammer zugeführt.



Die Mischkammern haben ein Volumen von maximal 3 m³. Um ein Fahrzeug zu beladen, müssen über die Mischkammer 3 Chargen à 2,7 m³ produziert werden. Dann ist das Fahrzeug beladen und bereit zum Abtransport.

Die Rezepturen für die einzelnen Betonsorten müssen zum einen auf die dezidierten Anforderungen des Kunden und damit auf die Betoneigenschaften zugeschnitten sein. Je nach Einsatzort und Einsatzzweck müssen von den Betonen Druckfestigkeiten aber auch Festigkeiten gegenüber bspw. witterungsbedingten Einflüssen oder chemischen Angriffen (Tausalz) nachweisen. Zum anderen müssen die jeweiligen Rezepturen auch immer auf die verschiedenen Eigenschaften abgestimmt sein, die unterschiedliche Rezepturbestandteile aufweisen können.

Wird RC-Gesteinskörnung anstatt Primärkörnung in der Betonherstellung als Zuschlag verwendet, so sind darauf die Mengenanteile der übrigen Rezepturbestandteile sowie der Mischvorgang selbst abzustimmen. Für das Projekt wurden Rezepturen für folgende Betonsorten entwickelt:

Festigkeitsklasse	Konsistenz (Herstellung)	Anwendung / E-Klasse
C 8/10	F3	X0
C 12/15	F1	X0
C 12/15	F3	X0
C 20/25	F3	XC3
C 25/30	F3	XC4
C 30/37	F3	XC1

Wie bei der Herstellung eines konventionellen Betons auch, werden von den produzierten Massen im Werk Eigenüberwachungen durchgeführt. Dies beinhaltet die Überwachung der Frischbetoneigenschaften wie bspw. Ausbreitmaße oder auch über entsprechende Prüfwürfel Fertigbetoneigenschaften wie insbesondere die Druckfestigkeiten.



Werden Rezepturen erstmals hergestellt, müssen sie einer umfangreichen Erstprüfung unterzogen werden. Dies war auch im Falle der genannten Rezepturen unter Verwendung von RC-Gesteinskörnung notwendig. Die Prüfung erfolgte über das Krieger Beton-Technologiezentrum in Remseck-Neckarrens.

3.2.2 Ergebnisse

Zusätzlich zur üblichen Prozessüberwachung wurde von IFEU-Institut das Büro Kolckmann aus Ostfildern mit einer Beprobung und Analyse der RC-Gesteinskörnung beauftragt. Die Probe wurde aus dem Silo der TBW Waiblingen entnommen und sollte sicherstellen, dass der gesamte Prozess von der Herstellung der RC-Gesteinskörnung bei der Fa. Feeß in Kirchheim unter Teck bis zur Betonherstellung in Waiblingen lückenlos nachvollzogen werden kann.

Gerade angesichts des Einsatzes des Betons im Wohnungsbau ausgeschlossen werden sollte, dass die RC-Gesteinskörnung aus einem Ausgangsmaterial gewonnen wurde, das anthropogene Belastungen bspw. durch industrielle Tätigkeiten im

Altgebäude aufweisen. Analysiert wurde die Probe auf die Gehalte an organischen Schadstoffen, bei Phenol auf die Belastung des Eluats.

Parameter			Höchstwerte nach DIN 4226-100	Erlass RC-Baustoff (UVM)
Kohlenwasserstoffe	mg/kg	100	1.000	300
PAK	mg/kg	n.b.	75	10
EOX	mg/kg	<1,0	10	3
PCB	mg/kg	n.b.	1	0,15
Phenol	mg/l	<0,01	0,1	0,02

Die RC-Gesteinskörnung weist eine "Belastung" auf, die mit den Probenanalysen im Werk Fa. Feeß übereinstimmt. Die Anforderungen nach DIN 4226-100 werden um eine ganze Größenordnung unterschritten. Die Gesteinskörnung weist eine solch geringe Belastung auf, dass sie nach Z 1.1 bzw. dem Erlass des Umweltministeriums Baden-Württemberg als Produkt in ungebundener Form nahezu unbeschränkt eingesetzt werden könnte.

Die Ergebnisse für die Betonrezepturen, die auch tatsächlich für die Baumaßnahme abgerufen wurden, zeigen folgendes Bild.

Für die Frischbetoneigenschaften ergaben sich Konsistenzen und Frischbetonrohdsichten im oberen Bereich der angestrebten Zielwerte.

Festigkeitsklasse	Konsistenz bei Herstellung	Ausbreitmaß nach 10 Min.; Zielgröße	Ausbreitmaß nach 10 Min.; erreicht
C 8/10	F3	42 - 48	48
C 12/15	F3	42 - 48	49
C 20/25	F3	42 - 48	48
C 25/30	F3	42 - 48	49
C 30/37	F3	42 - 48	49

Unter den Festbetoneigenschaften wurde die Betondruckfestigkeit geprüft und zwar nach 2 Tagen und nach 28 Tagen. Dabei ergaben sich Ergebnisse, die den Vorgaben entsprechen.

Festigkeitsklasse	nach 2 d; N/mm ²	nach 28 d; N/mm ²	Zielwert; N/mm ²
C 8/10	7,0	17,0	14
C 12/15	10,0	21,0	20
C 20/25	11,0	32,0	29
C 25/30	14,0	38,0	34
C 30/37	19,0	44,0	41

3.3 Das Bauvorhaben Rotenbergstraße / Raitelsbergstraße

Das Bauvorhaben in der Raitelsbergstraße gehört zu der größeren Maßnahme, Projekt Stuttgart-Ost – „Wohnen in Ostheim“, mit der der Wohnungsbestand sukzessive modernen Anforderungen entsprechend hergestellt und das Wohnumfeld aufgewertet wird. In dem im Stadtbezirk Stuttgart-Ost gelegenen Quartier Alt-Ostheim soll in vier Jahren Bauzeit ein ganzes Wohnviertel verjüngt werden.

Der Bau- und Wohnungsverein errichtet im Stuttgarter Osten 108 großzügig geschnittene helle Wohnungen in ruhiger Lage mit rd. 8.500 m² Wohnfläche. Zu diesem Zweck werden 6 aus der Gründerzeit- und Nachkriegszeit stammende Gebäude abgerissen und durch 8 neue Gebäude ersetzt. Weitere 5 Gebäude werden kernsaniert. Mit diesem Konzept werden die bislang starre Blockbebauung aufgebrochen und die Innenhöfe begrünt werden.

Derzeit stehen der 2. und 3. Bauabschnitt an. Dort, wo heute u.a. der Regiebetrieb des Bau- und Wohnungsverein Stuttgart untergebracht ist, soll nachverdichtet bzw. alte Bausubstanz ersetzt werden und neuer Wohnraum entstehen. Im 3. Bauabschnitt, der zeitlich dem 2. Bauabschnitt vorgezogen wurde, wird ab Juni 2010 erstmalig RC-Beton eingesetzt werden.

Im 3. Bauabschnitt werden zwei Mehrfamilienhäusern mit 16 Wohnungen zwischen 77 und 128 m² Wohnfläche sowie einer entsprechenden Tiefgarage errichtet. Es entstehen hauptsächlich Drei- und Vierzimmerwohnungen, aber auch Fünzimmerwohnungen. Viele Wohnungen werden barrierefrei sein.



Nicht der gesamte Bedarf an Beton kann bei diesem Bauvorhaben durch Rezepturen abgedeckt werden, die auf RC-Gesteinskörnung zurückgreifen. Nicht möglich ist dies bspw. bei Druckfestigkeiten von C 35/45 oder bestimmten Anwendungsbereichen. Die aufgehenden Wände werden aus Gison-Steinen errichtet, die zwar mit Beton gefüllt werden aber hierfür bestimmte Rezepturen vorgeben und RC-Beton nicht zulassen.

Durch einen organisatorischen Fehler konnte zudem kein Beton in XF1 geliefert werden, der für Teile der Tiefgarage sowie deren Decke gefordert wurde. Die entsprechenden Frostbeständigkeitsnachweise für die RC-Gesteinskörnung lagen nicht rechtzeitig vor.

Im 2. Bauabschnitt eingesetzt werden folgende Betone in folgenden Mengen:

15 m ³	C 8/10, X0	Magerbeton
25 m ³	C 8/10	Sauberkeitsschicht, Abtreppe
15 m ³	C 12/15, X0	Sauberkeitsschicht
50 m ³	C 12/15	Betonplomben
250 m ³	C 25/30, XC1	Innenwände und Decken
900 m ³	C 25/30, XC1	Decken
100 m ³	C 25/30, XC1	Außenwand 1. UG
130 m ³	C 30/37	
10 m ³	C 30/37	

Mit in Summe 1.500 m³ RC-Beton konnten so bei diesem Bauvorhaben etwa 68% des Gesamtbedarfs an Transportbeton gedeckt werden.

3.4 Bewertung aus Sicht des Umwelt- und Ressourcenschutzes

3.4.1 Massenbilanz

Auf Basis der angefragten Betonsorten, die über RC-Beton abgedeckt werden können, lässt sich eine Massenbilanz erstellen. Der Projektpartner Transportbeton Waiblingen TBW hat hierfür die Rezepturen zur Verfügung gestellt, die bei Verwendung von Primärzuschlägen d.h. bei Herstellung von konventionellem Beton zur Anwendung gekommen wären. Daraus ergibt sich folgendes Bild:

Betonsorte C 8/10 F3, X0	RC-Beton	Konventioneller Beton	Differenz
	in kg/m ³ Beton		
Sand	609,9	684,1	- 75,1
RC-Gestein 2/16	856,2		856,2
Splitt 8/16	454	1264,9	- 810,9
Zement (CEM II/A- LL 42,5N)	180	180	
Wasser	191	191	
Zusatzstoff	40	40	
Summe	2230	2360	

Betonsorte C 12/15 F3, X0	RC-Beton	Konventioneller Beton	Differenz
	in kg/m ³ Beton		
Sand	591	647	- 56
RC-Gestein 2/16	831,2		831,2
Splitt 8/16	441	1248	- 807
Zement (CEM II/A-LL 42,5N)	190	190	
Wasser	195	195	
Zusatzstoff	70	70	
Zusatzmittel	1	1	
Summe	2319	2351	

Betonsorte C 25/30 F3, XC4, XF1¹, XA1¹	RC-Beton	Konventioneller Beton	Differenz
	in kg/m ³ Beton		
Sand	577	568,8	8,2
RC-Gestein 2/16	812		812
Splitt 8/16	431	1260,2	- 829,2
Zement (CEM II/A-LL 42,5N)	270	280	
Wasser	175	195	
Zusatzstoff	70	60	
Zusatzmittel	2,5	1	
Summe	2338	2365	

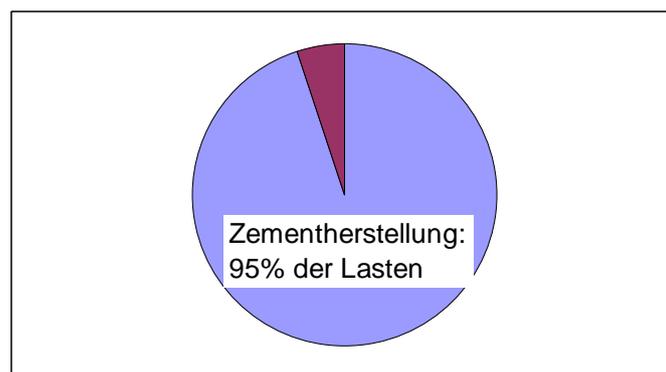
¹ nur bei konventionellem Beton

Betonsorte C 30/37 F3	RC-Beton XC1	Konventioneller Beton XC4, XD1, XF1, XA1	Differenz
	in kg/m ³ Beton		
Sand	571	570,4	0,6
RC-Gestein 2/16	803		803
Splitt 8/16	426	1263,6	- 837,6
Zement (CEM II/A-LL 42,5N)	310	310	
Wasser	188	188	
Zusatzstoff	40	40	
Zusatzmittel	2	2	
Summe	2340	2374	

Vergleicht man die oben aufgeführten Rezepturen für die einzelnen Betonsorten, ergibt sich ein Unterschied allein in den unterschiedlichen Mengen und Zusammensetzung der Zuschläge, d.h. der Gesteinskörnung. Dies trifft nicht für die angeführte Rezeptur C 25/30 zu. Nach Rücksprache mit TBW Waiblingen würde diese Rezeptur heute anders gestaltet und der für RC-Beton genannten Rezeptur entsprechen.

Die Rezepturen für den RC-Beton wurden vor allem mit der Zielstellung entwickelt, bei gleichen Eigenschaften nicht mehr Bindemittel bzw. Zement einsetzen zu müssen bzw. insbesondere innerhalb der Bindemittel nicht vermehrt auf Portlandzement zurückgreifen zu müssen. Dies ist hervorragend gelungen und vor allem darauf zurück zu führen, dass die erzeugte RC-Gesteinskörnung Eigenschaften nahe an Primärkörnung aufweist.

Die Herstellung von Portlandzement ist recht klimaschädlich und dominiert die Bilanzierungsergebnisse für den Baustoff Beton sehr deutlich. Die Problematik resultiert zum einen aus dem hohen Temperaturen (ca. 1450°C), die im Drehrohrofen zur Herstellung von Klinker als Zwischenprodukt benötigt wird, und damit dem hohen Brennstoffbedarf. Zum anderen wird beim Brennvorgang aus dem Kalkstein CO₂ frei. Dies führt dazu, dass unter Klimaschutzgesichtspunkten nach Weil [2004] 95% der Lasten der Betonherstellung inklusive der zugehörigen Transportprozesse durch die Zementherstellung verursacht werden.

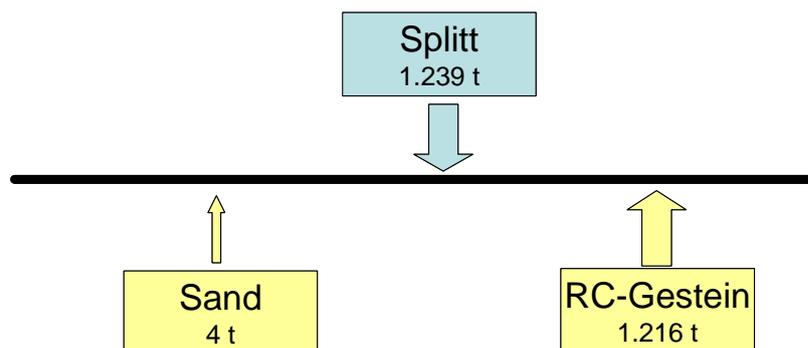


Über die im Bauvorhaben eingesetzten Mengen an Beton der unterschiedlichen Betonsorten lassen sich für die Alternativen RC-Beton oder konventioneller Beton die Massenbilanzen erstellen. Diese sind:

in kg			RC-Gestein	Sand	Splitt
Beton C 8/10	40 m ³	I	34.247		
		II		3.004	32.436
Beton C 12/15	65 m ³	I	54.029		
		II		3.640	52.455
Beton C 25/30	1.250 m ³	I	1.015.000	10.226	
		II			1.036.476
Beton C 30/37	140 m ³	I	112.420		
		II		88	117.268

I Rezeptur mit RC-Gesteinskörnung; II konventionelle Rezeptur

konventioneller Beton



RC-Beton

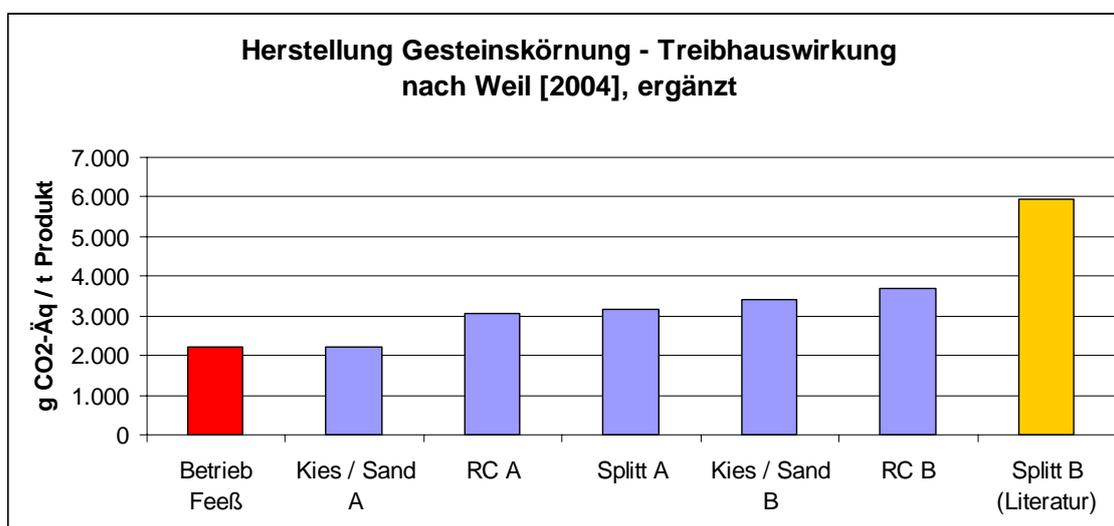
Stellt man die Differenzmengen gegenüber, so unterscheiden sich über das gesamte Bauvorhaben hinweg in der Summe aus allen Zuschlägen die beiden Optionen der Betonherstellung um 19 Tonnen. Dabei ist zu beachten, dass diese Massenbilanz deutlich durch die angesetzten Kornrohdichten der Gesteinskörnungen bestimmt wird. Die aufgezeigten Unterschiede dürften nicht systemimmanent sein, sondern im Schwankungsbereich der spezifischen Gewichte der einzelnen Materialien liegen.

Aus der reinen Massenbilanz heraus zeigt sich ein leicht höherer Materialeinsatz bei der Herstellung von konventionellem Beton. Die Herstellung der nutzengleichen Menge an RC-Beton ist mit etwa 4 Tonnen mehr Sand (<2mm) und 23 Tonnen weniger Gestein (>2mm) verbunden.

3.4.2 Analyse der Produktionsprozesse

Herstellung der Gesteine

Zur Aufgabenstellung RC-Beton liegt seit 2004 eine umfassende Ökobilanz von Hr. Weil⁶ vor. Im Rahmen dieser umfassende Arbeit wurden auch auf Basis von Kennzahlen konkreter Betriebe Produktionsprozesse der Gewinnung von primären Rohstoffen und der Gewinnung von sekundären Rohstoffen über Bauschuttrecyclinganlagen bilanziert und bewertet. Aus einer Vielzahl untersuchter Unternehmensstandorte sind in der Ökobilanz jeweils 2 Beispielsfälle in ihren klimarelevanten Beiträgen zur Herstellung einer Tonne Produkt dokumentiert. Die Graphik verdeutlicht die große Bandbreite der spezifischen Umweltwirkungen.



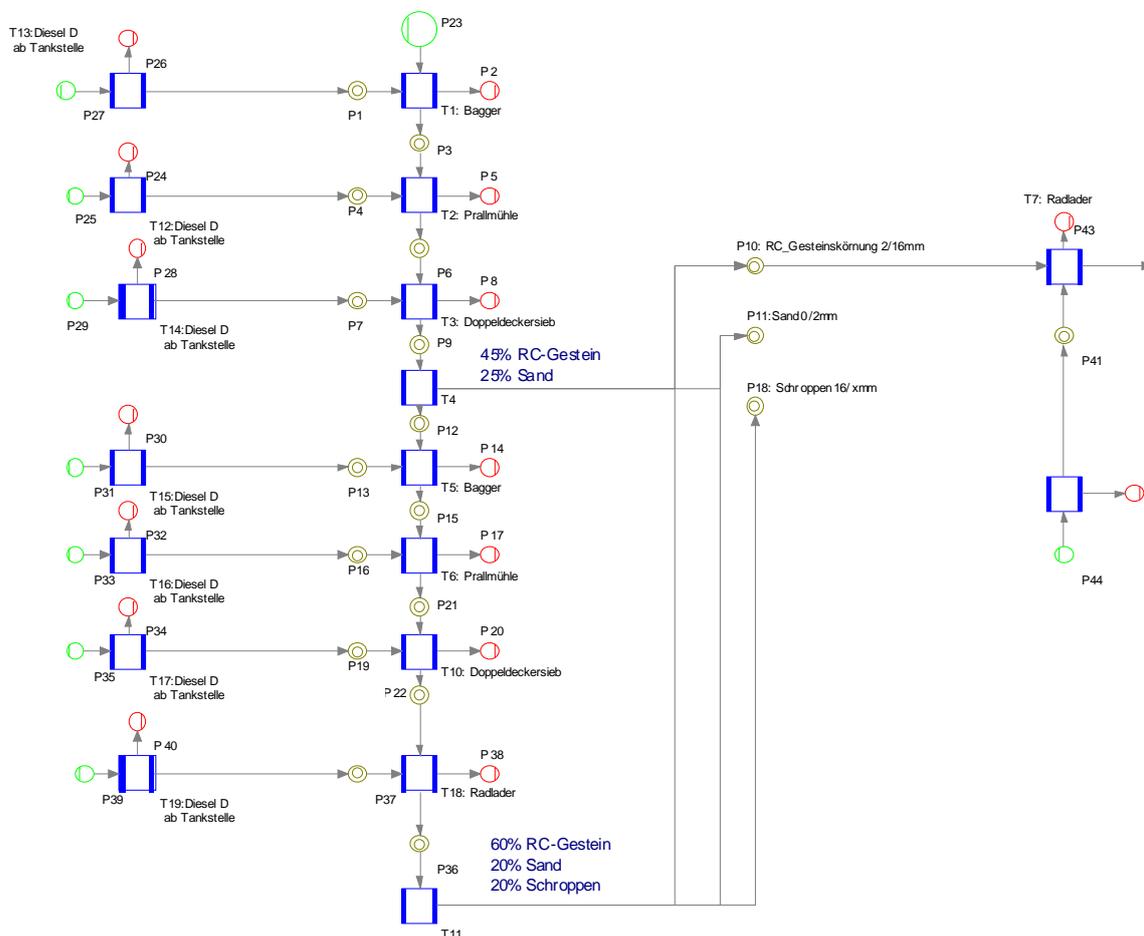
Im Rahmen des Projektes Bauvorhaben Raitelsbergstraße wurde die Massenströme samt den Energieverbrauchszahlen der Bauschuttrecyclinganlage aufgenommen, die die RC-Gesteinskörnung für diese konkrete Baumaßnahme liefert. Es handelt sich um den Betrieb der Fa. Feeß in Kirchheim / Teck.

Wie man in der Graphik erkennen kann, liegt der Klimabeitrag pro t Produkt Gesteinskörnung für die Betonherstellung bei „Betrieb Feeß“ im Vergleich am niedrigsten und in etwa in der Höhe des nach Weil [2004] optimal aufgestellten Kieswerkes am Oberrhein (bspw. optimales Kies/Sand-Verhältnis; geringe innerbetriebliche Transportwege).

⁶ Marcel Weil, Ressourcenschonung und Umweltentlastung bei der Betonherstellung durch Nutzung von Bau- und Abbruchabfällen, Darmstadt 2004 (= WAR Schriftenreihe 160)

Bei dieser Anlage der Fa. Feeß handelt es sich um eine moderne kompakte Anlage, bei der Transporte zwischen den einzelnen Aufbereitungsschritten nahezu entfallen und die modernen Prallmühle und Siebanlage mit diesel-elektrischen Aggregaten ausgeführt sind und damit einen vergleichsweise geringen spez. Dieselverbrauch aufweisen. Er liegt bei 250 l Diesel/1200 t Durchsatz für die Prallmühle und 60 l Diesel / 1500 t Durchsatz für die Siebanlage. Radlader werden nur für den Transport zwischen Siebanlage und Produktlager sowie zur Verladung der Produkte auf Lkw benötigt. Neben der RC-Gesteinskörnung werden auch Brechsand und Schroppen produziert.

Bauschutt-Recycling, Fa. Feeß



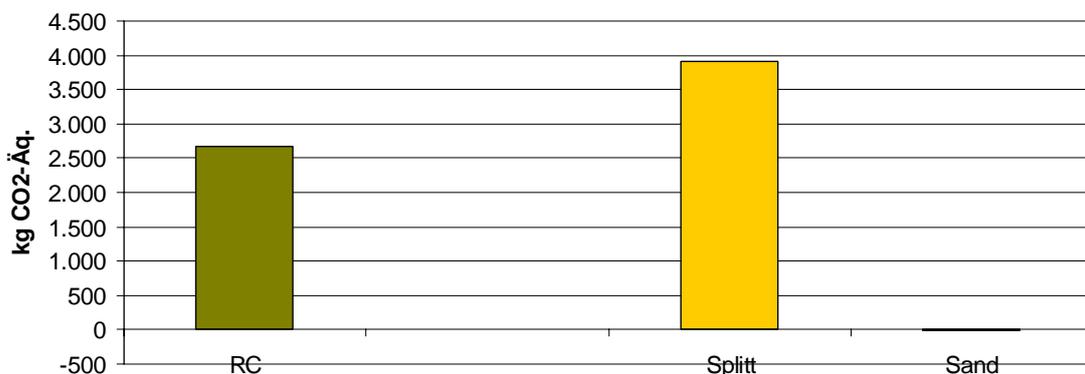
Die obige Skizze zeigt die Modellierung des Aufbereitungsprozesses bei der Fa. Feeß. Die grünen Kreise beschreiben die Inputstellen in das System, die roten Kreise die Outputstellen. Der Input in das System besteht im Wesentlichen aus Energie, d.h. Diesel und allen seinen Umweltlasten bis zur Bereitstellung ab Tankstelle sowie an „P23“ der Input des Altbetons in die Aufbereitung. Bei den Emissionen handelt es sich um Luftschadstoffemissionen, die mit entsprechenden Umweltwirkungen verbunden

sind. Entlang der Pfeile fließen Massenströme. Von oben nach unten das aufzubereitende Altbeton-Material. Die blaugeränderten Rechtecke zeigen die einzelnen Module, d.h. die Aufbereitungsanlagen oder die Transportprozesse.

Wie man auch aus dem Stoffflussmodell ersehen kann, werden in der Aufbereitung von Altbeton drei Produkte erzeugt. Dabei handelt es sich um die Gesteinskörnung 2/16mm, die als Zuschlag für die Betonherstellung vermarktet wird, der Brechsand <2mm sowie die Schropfen >16mm. Die eigentliche Zielgröße ist die Körnung 2/16mm. Deshalb wird konservativ der gesamte Aufwand der Aufbereitung für die Bilanzierung unter Treibhausgesichtspunkten diesem Produkt zugeordnet. Trotz dieser konservativen Abschätzung weist dieses Produkt der Fa. Feeß unter Klimaschutzgesichtspunkten dieses sehr gute Ergebnis auf.

Verknüpft man die für das Bauvorhaben Raitelsbergstraße ermittelten Massen, die sich aus der Gegenüberstellung Rc-Beton zu konventionellem Beton ergeben und verknüpft diese mit den Kennwerten für die Herstellung der Gesteinskörnungen (RC-Gestein: 2,2 kg CO₂-Äq./ t Produkt; Splitt: 3,16 kg CO₂-Äq. / t Produkt; Sand: 2,22 kg CO₂-Äq./ t Produkt), so ergibt sich folgendes Bild. Die Differenz aus dem Vergleich der beiden Optionen liegt bei etwa 1,2 t CO₂-Äquivalent. Dies entspricht statistisch 0,12 EDW bzw. Personengleichwerten – bezieht man zur Ermittlung der EDW die jährlichen Gesamtemissionen an Treibhausgasen auf die Gesamtbevölkerung der BRD.

**Treibhausbilanz Raitelsbergstraße
- Differenzbetrachtung -**



Würde man eine Allokationsvorschrift wählen, die alle drei Produkte berücksichtigen würde, wäre das Ergebnis noch deutlich besser zu werten. Eine Allokationsvorschrift könnte sich über die unterschiedlichen Produktmengen, verknüpft mit den erzielbaren

Erlösen, d.h. dem Marktwert festmachen lassen. Nach Auskunft der Fa. Feeß lassen sich für die RC-Gesteinskörnung 8 €/t, für den Brechsand und die Schropfen jeweils 5 €/t ansetzen.

Allokation	Produktmasse	Produktpreis	Erlös	Erlösanteil
Schropfen	115,81 t	5 €	579,05 €	4%
Brechsand	598,35 t	5 €	2991,75	22%
2/16mm	1216 t	8 €	9728	73%

Würde man diese Allokationsvorschrift anwenden, läge der Aufwand zur Herstellung der RC-Gesteinskörnung bei etwa 1500 g CO₂-Äq./t Produkt und damit nochmals deutlich günstiger als die Herstellungsprozesse von Primärgesteinskörnung, nach [Weil 2004].

Es ist wahrscheinlich, das auch bei der Herstellung von Splitt aus Naturstein in den letzten Jahren Optimierungen im Betriebsablauf sowie eine Austausch der Aufbereitungsaggregate stattgefunden hat. Prinzipiell dürfte die Herstellung von Splitt aus Naturstein immer etwas energieaufwändiger sein. Werden stationäre Aufbereitungsanlagen eingesetzt, müssen bedeutende Transportprozesse zwischen Gewinnungsstelle und Aufbereitungsstelle berücksichtigt werden und dies unabhängig davon, ob Förderbänder oder Radlader / Lkw zum Einsatz kommen. Dazu kommt der spezifische Mehraufwand für das Sprengen zur Gewinnung des Ausgangsmaterials und eine in der Regel deutliche aufwändigere Siebung.

Die Unterschiede lägen in den Treibhauswirkungen 0,12 Personengleichwerten für eine Baumaßnahme, die mindestens 16 Personen (16 WE) mindestens 30 Jahren Wohnraum zur Verfügung stellen soll. Die bezifferten Treibhauswirkungen entsprechen den Beiträgen eines Diesel-Pkw mit einer Fahrleistung von etwa 8.300 km.⁷

⁷ bei einem spez. Verbrauch von 5,5 l / 100km

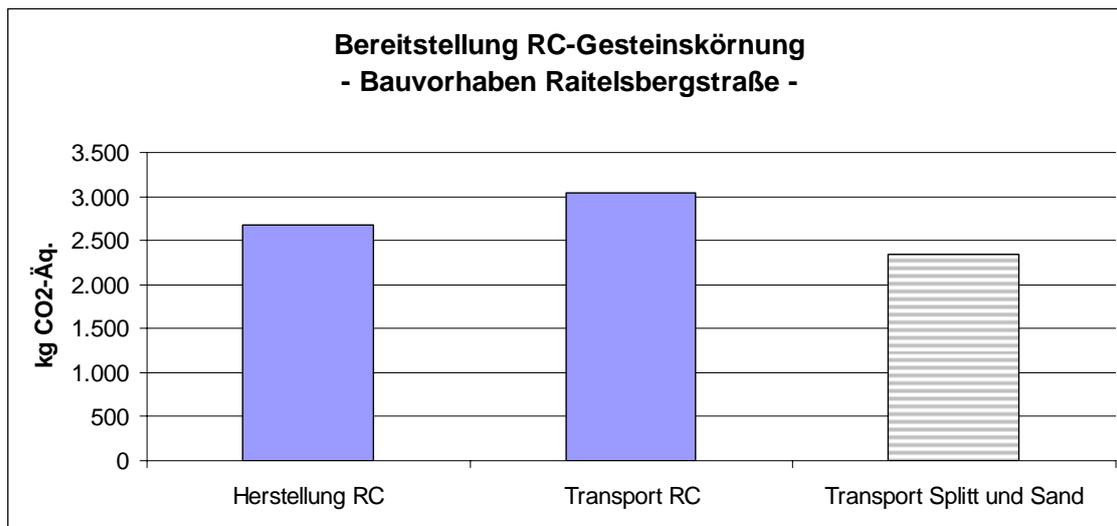
Transporte zwischen Rohstoffgewinnung und Betonproduktion

Die Transporte zwischen den Gewinnungsorten der Rohstoffe und den Baustellen hat eine große Bedeutung. Wie man anhand der spezifischen Kennzahlen für das Bauvorhaben Rotenbergstraße / Raitelsbergstraße erkennen kann, liegen die Klimawirkungen für den Transport der RC-Gesteinskörnung zur Transportbetonwerk höher als sie bei der Herstellung der RC-Gesteinskörnung anfallen. Angesetzt wurde eine einfache Entfernung von 33 km, ein Lkw-Zug mit 40% Auslastung auf der Rückfahrt und eine Fahrt zu 80% über Landstraßen und 20% innerorts.

Die Entfernung zwischen Herstellungsort der RC-Gesteinskörnung und dem Transportbetonwerk ist im konkreten Bauvorhaben noch nicht optimal. Idealerweise liegt nicht nur das Transportbetonwerk in der Nähe der Baustelle (dies ist heute schon Praxis) und im Ballungszentrum, sondern auch die Altbetonaufbereitung. Hier müssten prinzipiell deutliche Vorteile der Herstellung von RC-Beton liegen, da die anthropogenen Steine ebenfalls im Ballungszentrum und damit nahe zum Transportbetonwerk gewonnen werden können, während Natursteinvorkommen sich in aller Regel etwas außerhalb der Ballungsräume befinden.

Auf eine Minimierung der Straßentransporte ist auch aus Klimasicht zu achten. Die Option RC-Beton hat dabei grundsätzliche Vorteile, da in erheblichem Umfang auf Gesteinskörnungen zurückgegriffen werden kann, die in den Ballungsräumen und damit den Zentren der Bautätigkeit gewonnen werden können – anthropogene Steinbrüche.

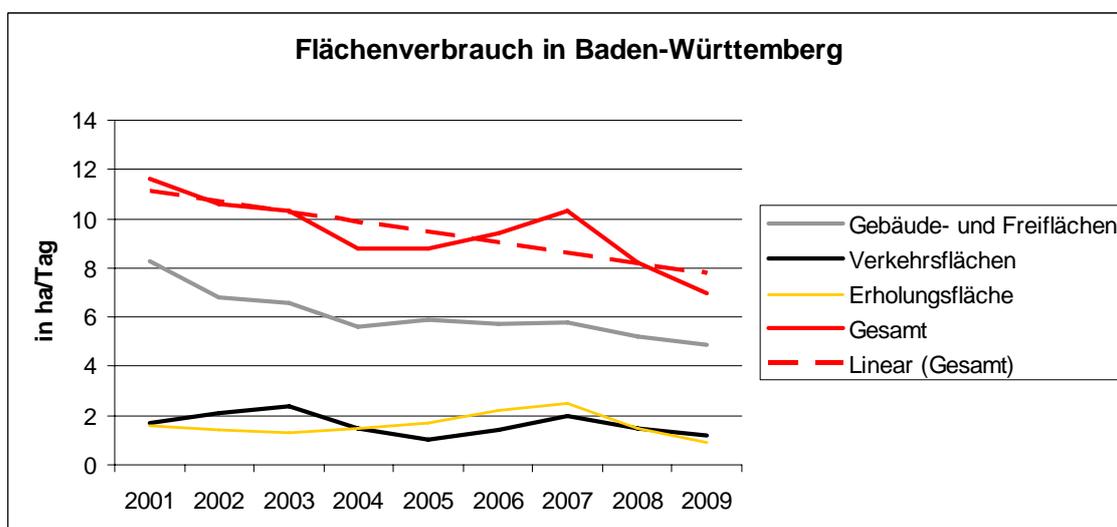
Im konkreten Fall des Bauvorhabens Rotenbergstraße / Raitelsbergstraße würden die Klimabeiträge aus den Transporten der Primär-Gesteinskörnungen etwas niedriger ausfallen, da für Splitt auf einen Hersteller in 25 km Distanz zurück gegriffen werden könnte. Der Sand müsste aus dem Oberrhein per Schiff antransportiert werden, wobei auf 9km (d.h. zwischen Neckarrems und Waiblingen) ein Transport auf der Straße erfolgen müsste. Angesichts der vergleichsweise kleinen Mehr-Mengen an Sand ist dieser Transport in der Bilanz nahezu zu vernachlässigen.



Der RC-Betrieb sollte gegenüber dem Natursteinbruch höchstens gleich weit vom Transportbetonwerk entfernt sein, um auch unter Transportgesichtspunkten gegenüber der alternativen Option der Herstellung eines konventionellen Betons aus Klimasicht vorteilhaft zu sein.

3.4.3 Analyse aus Sicht des Ressourcenschutzes

Der Abbau von Rohstoffe greift nachhaltig in den Landschaftshaushalt ein und verändert diesen. Viele Eingriffe des Rohstoffabbaus in Wasserhaushalt, Boden, Vegetation und Tierwelt können zwar nicht kurzfristig, aber insbesondere beim Trockenabbau mittel- oder langfristig wieder ausgeglichen werden.



Seit Jahrzehnten wächst die Siedlungsfläche jährlich in beträchtlichem Umfang, meist zu Lasten landwirtschaftlicher Flächen. Das seit Jahren festzustellende Verschwinden von Tier- und Pflanzenarten dürfte wesentlich auch darauf zurück zu führen sein. Habitate werden immer weiter eingeschränkt und zerstückelt und bieten immer weniger ausreichende Mindestarealgrößen. Parallel dazu erfolgte eine deutliche Abnahme der Populationsstärke. Selbst Feldsperlinge haben mittlerweile einen schweren Stand.

Entsprechend versucht die Politik auf Bundes- und Landesebene seit Jahren diesem Trend Einhalt zu gebieten und den Flächenfraß einzuschränken. Wie man aus der obigen Graphik und der Trendlinie erkennen kann, gelingt dies im Ansatz und eventuell mittelfristig, allerdings weit weniger schnell als gewünscht.

Auch die Gewinnung von Primärbaustoffen ist mit deutlichen Eingriffen in den Natur- und Landschaftshaushalt verbunden. Aus natürlichen forstwirtschaftlich oder landwirtschaftliche genutzten Flächen werden durch den Abbau jedoch keine Siedlungsflächen. Die Abbaufächen werden daher nicht in diesen Statistiken verzeichnet.

Aus dem Rohstoffbericht Baden-Württemberg 2006⁸ lassen sich Informationen herausarbeiten, die zur Ableitung und Quantifizierung des spezifischen Flächeneingriffs dienen können.

Danach lässt sich für den Kiesabbau eine Abbaumächtigkeit von im Mittel 50m ansetzen (Schwankungen zwischen 10m und 70m), was bei einer spezifischen Dichte des Materials von 2,65 eine Abbauleistung von 132,5 Tonnen pro m² Grundfläche ergeben würde. Nimmt man noch einen mittleren Ausschuss von 8,5% an, so ergibt sich ein mittlerer spezifischer Flächeneingriff von 0,008 m²/t vermarktbaren Sand und Kies. Für den oberen Muschelkalk ist eine mittlere Abbaumächtigkeit von 80m dokumentiert, was bei einer spezifischen Dichte von 2,7 eine Abbauleistung von 216 Tonnen pro m² Grundfläche ergeben würde. Berücksichtigt man einen nicht verwertbaren Anteil von 16,5%, so ergibt sich ein mittlerer spezifischer Flächeneingriff von 0,0055 m²/t vermarktbaren Splitt.

⁸ LGRB Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, Rohstoffbericht Baden-Württemberg 2006. Gewinnung, Verbrauch und Sicherung von mineralischen Rohstoffen, LGRB-Informationen 18, Freiburg 2005



Da im Rahmen des Bauvorhabens Bauabschnitt II etwa 1300 Tonnen RC-Gestein für die Betonherstellung verarbeitet werden können, kann allein über dieses Gebäude rechnerisch ein Flächeneingriff von etwas über 7 m² eingespart werden, mit allen damit verbundenen Auswirkungen auf den Natur- und Landschaftshaushalt.