Stadtgold – Baustofflager mit Zukunft. Ein Leitfaden.

Für Mensch & Umwelt

Umwelt Bundesamt

Impressum

Stadtgold – Baustofflager mit Zukunft. Ein Leitfaden.
Ergebnisse des Projekts Kartierung des anthropogenen Lagers III

Herausgeber:
Umweltbundesamt
Fachgebiet III 2.2
Postfach 14 06
06813 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
buergerservice@umweltbundesamt.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

/umweltbundesamt.de
/umweltbundesamt
/umweltbundesamt
/umweltbundesamt

Autor*innen:
Florian Knappe, Nadine Muchow, Joachim Reinhardt

Redaktion:
Felix Müller

Satz und Layout:
www.3fdesign.de

gedruckt auf Recyclingpapier aus 100 % Altpapier

Publikationen als pdf:
www.umweltbundesamt.de/publikationen

Bildquellen:
alle Portraits von den jeweiligen Institutionen
Titel: jonnysek/Depositphotos.com
Seite 3: pixabay.com©MrTotorus
Seite 4/5: pixabay.com©Tama66
Seite 6: kalinovsky/Depositphotos.com
Seite 15 und 17: ifeu Heidelberg
Seite 18: KB3/stock.adobe.com
Seite 20/21: iStock.com/ewg3D
Seite 25: Voyagerix/Depositphotos.com

Stand: Februar 2022
3. Auflage

VORWORT

Das anthropogene Lager in Deutschland ist eine Schatzkammer für die Deckung unseres Rohstoffbedarfs, die jährlich größer wird. Mit der Strategie des Urban Mining – der Gewinnung von Sekundärrohstoffen aus Gebäuden, Infrastrukturen, Fahrzeugen und anderen langlebigen Gütern – soll diese Schatzkammer zukünftig immer erfolgreicher und systematischer genutzt werden.

Mittels Urban Mining werden Primärrohstoffe eingespart und Umweltbelastungen über die gesamte Wertschöpfungskette robust reduziert. Es ist ein notwendiger Weg, um die Rohstoffbasis für die Energie- und Mobilitätswende sowie die großen weiteren Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts unter guten Umwelt-, Arbeits- und Sozialstandards zu erweitern. Ressourcenschutz, Klimaschutz und Rohstoffsicherung gehen Hand in Hand.

Das Umweltbundesamt hat bereits 2011 die Projektreihe „Kartierung des anthropogenen Lagers“ (KartAL) ins Leben gerufen, um die Wissens- und Entscheidungsbasis der Sekundärrohstoffwirtschaft zu verbessern und Urban Mining in Deutschland auf eine höhere Qualitätsstufe zu heben. Aus dem dritten Vorhaben dieser Projektreihe heraus wurden zwei Leitfäden erarbeitet, die anschaulich Potenziale, Herausforderungen und Lösungen für ein optimiertes Urban Mining vermitteln sollen. In der vorliegenden Publikation erfolgt dies am Beispiel mineralischer Baustoffe.

An dieser Stelle möchte ich allen Beteiligten aus Wirtschaft, Verwaltung und Wissenschaft nachdrücklich danken, die mit ihrer hohen Dialogbereitschaft zu diesen wichtigen Erkenntnissen maßgeblich beigetragen haben.

Ich wünsche Ihnen eine anregende Lektüre.

Prof. Dr. Dirk Messner
Präsident des Umweltbundesamtes

Das Projekt „Kartierung des Anthropogenen Lagers III“ (KartAL III)

Die strategische Projektreihe zum anthropogenen Lager

Das Umweltbundesamt hat in den letzten Jahren eine Reihe von Projekten zum anthropogenen Lager in Deutschland realisiert. Mithilfe dieser fachlichen, methodischen Grundlagen und Handlungsansätze sollen die Weichen für ein erfolgreiches Urban Mining gestellt werden. Das hier zusammengefasste dialogorientierte Forschungsprojekt „Kartierung des anthropogenen Lagers III – Etablierung eines Stoffstrommanagements unter Integration von Verwertungsketten zur qualitativen und quantitativen Steigerung des Recyclings von Metallen und mineralischen Baustoffen“ (KartAL III, FKZ: 3716 35 3230) hat in diesem Zusammenhang einen systematischen und partizipativen Beitrag zur Fortentwicklung der Kreislaufwirtschaft zu einer ressourcenschonenden Stoffstromwirtschaft geleistet.

Materialgruppen im Fokus und zentrale Fragestellungen

Im Fokus des Vorhabens stehen zwei Materialgruppen:

- Mineralische Bau- und Abbruchabfälle: Beton, Kalksandstein, Poren und Leichtbeton, Ziegel, Flachglas, Dämmstoffe, Gipsbaustoffe, Putze und Mörtel, Fliesen und Keramik
- Basis- und Sondermetalle: Edelstähle und ihre Legierungselemente, Messing, Zink, Zinn, Aluminium, Magnesium und Seltene Erden in Magneten

Diese Materialgruppen wurden vom Öko-Institut (Metalle) und dem ifeu Heidelberg (Baumineralik) im Hinblick auf folgende Fragestellungen untersucht:

- Wo liegen sensitive Wertschöpfungsstufen in der Kreislaufwirtschaft der jeweiligen Materialien?
- Welche Einflüsse verhindern ein hochwertiges Recycling?
- Wie lassen sich Problemlagen erfolgversprechend lösen?

Dialogforen

Zur Diskussion und Beantwortung der zentralen Fragen wurden für beide Materialgruppen sechs Dialogforen mit ausgewiesenen Fachleuten aus Wirtschaft, Verwaltung und Wissenschaft durchgeführt. Diese Veranstaltungen hatten einen betont interaktiven Charakter. So wurde intensiv in Kleingruppen gearbeitet und das Meinungsbild anhand von Voten der Teilnehmenden stets eingeholt und abgeglichen. Auf diese Weise ist eine gute Priorisierung der wesentlichen Punkte und eine Verständigung mit den Teilnehmenden auf breiter Ebene gelungen. Auf einer großen Abschlussveranstaltung wurde der Erfolg dieses Beteiligungsformats bestätigt.

Mengenstromprognostik mit dem Modell DyMAS

Die Arbeiten wurden durch eine umfassende Mengenstromprognostik unterstützt, um relevante Abfallströme zu identifizieren, deren verbesserte Kreislaufführung eine große positive Wirkung auf ressourcenschonende Wertschöpfungsketten entfalten kann. Diese Prognose enthält für die betrachteten Materialien eine Modellierung der zukünftigen Entwicklungen, welche wichtige Trends wie z. B. die Elektromobilität oder geänderte Bauweisen berücksichtigt. Die erwarteten Rückflüsse an Materialien aus dem anthropogenen Lager und die Einflüsse von Technologien und Verlusten auf Rückgewinnungspotenziale werden so dargestellt. Für diese Arbeiten haben die Projektpartner mit dem System DyMAS (Dynamic Modelling of Anthropogenic Stocks) gearbeitet, welches bereits in den vorangegangenen Projekten des Umweltbundesamts zum anthropogenen Lager erfolgreich eingesetzt worden ist. Das Modell wurde im Rahmen dieses Vorhabens für die betrachteten Materialströme angepasst und verfeinert.

„Eine ambitionierte Kreislaufwirtschaft beginnt auf der Abbruchbaustelle: Ein selektiver Rückbau sichert das bestmöglichste Verwertungsziel der einzelnen Materialien und gewährleistet das Ausschleusen von Stör- und Schadstoffen. Qualifizierte Abbruchunternehmen übernehmen mit aktuellem Know-how und geeigneter Technik gerne ihren Beitrag.“

RA Andreas Pocha | Deutscher Abbruchverband e. V. | Geschäftsführer

„Wenn die politischen Rahmenbedingungen für eine umfassende Circular Economy gesetzt und auch vollzogen werden, wird die Recyclingindustrie gestärkt und Perspektiven neu gesteckt. Wir stellen uns gerne dieser Herausforderung.“

Stefan Schmidmeyer | Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung e. V. | Geschäftsführer

„Die Circular Economy wird sich nur dann durchsetzen, wenn die Baustoffe, die aus dem bereits bestehenden Materialkreislauf kommen, auch bevorzugt nachgefragt werden. Hier ist die öffentliche Hand als Vorbild gefragt. Dem stellt sich Berlin durch eine dezidiert umweltfreundliche Beschaffung.“

Dr. Benjamin Bongardt | Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz | Referatsleiter

Bauwerke als Rohstofflager

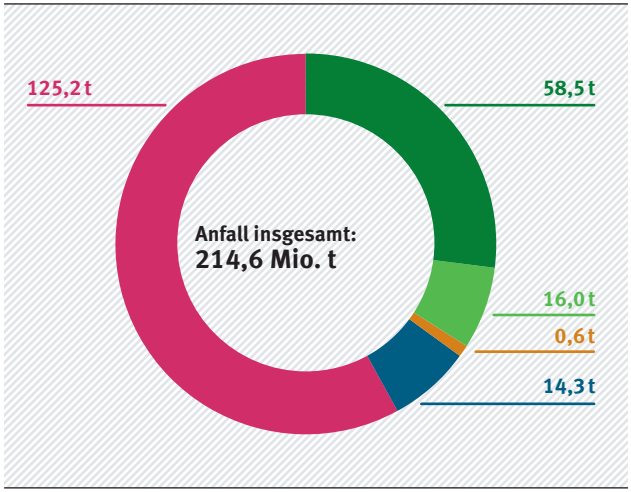
Das anthropogene Lager setzt sich aus den am häufigsten eingesetzten Baustoffen im Hochbau zusammen. Für den Hochbau gilt: Häuser- und Gebäudewände werden aus Beton, Ziegeln oder Kalksandstein errichtet, seit einigen Jahrzehnten kommt auch Porenbeton zum Einsatz. Putze und Mörtel verfugen und schützen die Mauersteine und sind untrennbar mit ihnen verbunden. Nicht nur Fenster bestehen aus Flachglas, sondern immer öfter auch Fassaden. Im Innenausbau werden insbesondere Gipsbaustoffe genutzt. Fliesen und Keramik sind ein kleiner, jedoch essentieller Bestandteil von Wohn- und Geschäftsgebäuden. Stein- und Glaswollen sind ebenfalls mineralischen Ursprungs und mit über 50 Prozent Marktanteil der am häufigsten eingesetzte Dämmstoff.

Jedes Jahr fallen allein aus dem Hochbau rund 60 Millionen Tonnen dieser Materialien als Bauabfall an und werden dem Lager entnommen – Tendenz steigend. Ein zunehmendes Ressourcenbewusstsein und knappe Deponiekapazitäten führen dazu, dass seit Jahren alternative Entsorgungswege erschlossen und eine effektive Kreislaufwirtschaft etabliert werden sollen. Trotzdem wird das Recyclingpotenzial der Baustoffe noch nicht ausreichend ausgeschöpft.

Abbildung 01

Aufkommen von Bauabfällen in Deutschland 2016

Das Aufkommen steigt stetig an – die Bauwirtschaft erzeugt mehr Abfälle als jeder andere Wirtschaftssektor.



- 27,3 % | Bauschutt (Beton, Ziegel, Fliesen, Keramik und gemischter Bauschutt)
- 7,4 % | Straßenaufbruch
- 0,3 % | Bauabfälle auf Gipsbasis
- 6,7 % | Baustellenabfälle
- 58,3 % | Boden und Steine

Quelle: Mineralische Bauabfälle Monitoring 2016

Berlin | **3.644.826** Einwohner | **+269.604** seit 2012 | **891** km² | **1.510.736** sozialversicherungspflichtig Beschäftigte

Kurpfalz | Stadt Heidelberg + Stadt Mannheim + Rhein-Neckar-Kreis
1.017.350 Einwohner | **+45.101** seit 2012 | **1.315** km² | **459.583** sozialversicherungspflichtig Beschäftigte

Methoden zur Ermittlung der verfügbaren Recyclingbaustoffe in den Modellregionen Berlin und Kurpfalz

Die Bebauungsstruktur und der Aufbau des anthropogenen Lagers sind von Region zu Region deutlich unterschiedlich, wie am Beispiel von Berlin als Großstadt und der Kurpfalz als suburban geprägtem Raum deutlich wird. Um diese Läger beschreiben zu können, müssen unterschiedliche Statistiken herangezogen und ausgewertet werden.

Für die Wohngebäude stehen Zensus-Daten zur Verfügung. In regelmäßigen Abständen werden durch die Statistischen Landesämter Erhebungen zu Gebäuden und der Wohnsituation durchgeführt. Die Ausarbeitungen zur Entwicklung der Bevölkerung und des Wohnflächenbedarfs bilden dann die Grundlage, die Entwicklung dieses Gebäudebestandes abzuschätzen.

Deutlich schwieriger ist die Datenlage für gewerblich genutzte Gebäude. Hierfür müssen Kennzahlen herangezogen werden, die aus wissenschaftlichen Untersuchungen und Stadtmodellen abgeleitet werden und sich bspw. auf Parameter wie sozialversicherungspflichtig Beschäftigte und den spezifischen Raumbedarf für die nach Branchen unterschiedlichen Arbeitsplätze beziehen. Um hier die zukünftige Entwicklung des Bauwerksbestandes abschätzen zu können, wird etwa die Entwicklung des monetären Bauvolumens herangezogen. Da sowohl für die unterschiedlichen Wohngebäudetypen als auch näherungsweise für gewerblich genutzte Gebäude Ausarbeitungen zu den eingesetzten Baumaterialien vorliegen, lassen sich aus der Veränderung der Gebäudesubstanz Abschätzungen zu den damit verbundenen Massenflüssen an unterschiedlichen Baumaterialien vornehmen.

Ähnlich wurde auch für die Erhebung des Materiallagers und die Abschätzung der Materialflüsse für Verkehrswege sowie anderer Infrastruktur vorgegangen. Kennzahlen pro Stück, laufendem Meter, Quadratmetern oder Einwohner wurden auf vorhandene Informationen zu bspw. Netzlängen umgelegt. Materialflüsse resultieren zum Beispiel aus Angaben zu Sanierungsraten oder Netzausbauzielen.

Baustoffe in Gebäuden und Bauwerken Prognose bis 2030

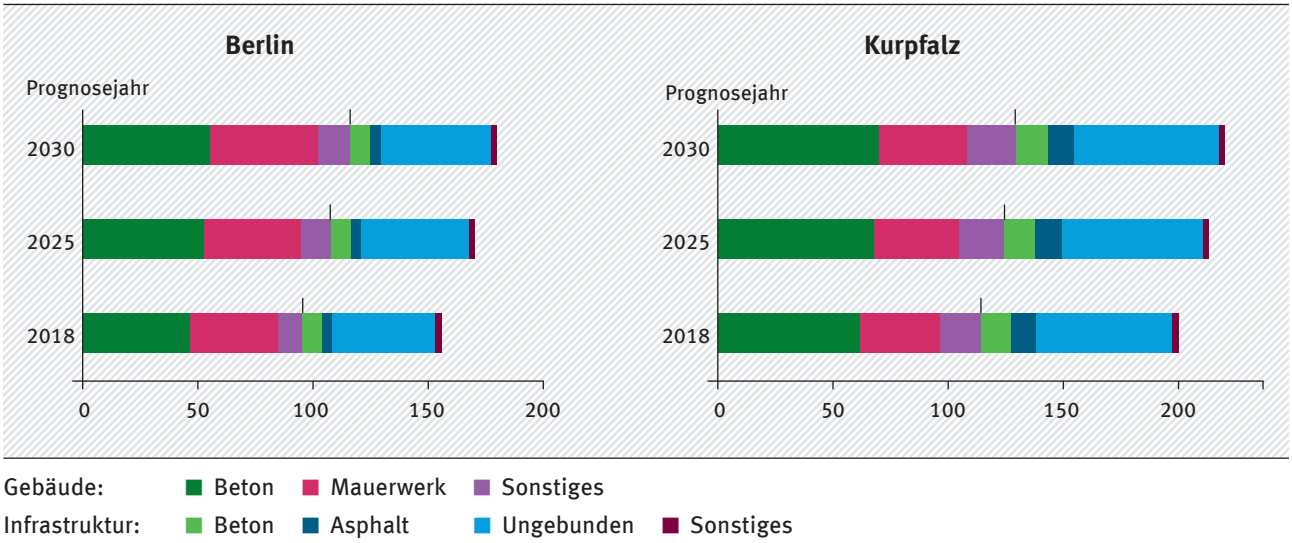
Der Bestand – derzeit und zukünftig

Das in Gebäuden enthaltene Materiallager liegt vor allem in Wohngebäuden. In der Kurpfalz lassen sich hier 76 Prozent der Massen finden, in Berlin 80 Prozent. Davon sind in der Kurpfalz 45 Prozent in Ein- und Zweifamilienhäusern verbaut, in Berlin mit 15 Prozent deutlich weniger. Auch die in der Infrastruktur enthaltenen Materialläger sind deutlich unterschiedlich. So befinden sich in der Kurpfalz davon 51 Prozent in den Verkehrswegen, in Berlin sind es nur 31 Prozent (Abbildung 02).

Abbildung 02

Verbaute Baustoffe in Gebäuden und Infrastruktur in den Jahren 2018, 2025 und 2030

links: Berlin; rechts: Kurpfalz – in Tonnen pro Einwohner



In Berlin besteht das Materiallager zu zwei Drittel aus Gebäuden – in der Kurpfalz teilt sich das Lager etwa hälftig auf Gebäude und Infrastruktur auf.

Quelle: ifeu Heidelberg

Der Erhalt der Bausubstanz bestimmt zunehmend die Baustoffströme

Der jährliche Gebäudezubau sinkt bis 2030 entsprechend der Bevölkerungsprognose – in der Kurpfalz etwas stärker als in Berlin. Der Erhalt der Bausubstanz an Gebäuden und insbesondere auch der Infrastruktur bestimmt daher zunehmend den zukünftigen Baustoffbedarf. Neben Beton und Mauerwerk werden daher vor allem Materialien für ungebundene Schichten und in der Kurpfalz auch Asphalt nachgefragt. Das Aufkommen an Bauabfällen bleibt relativ konstant bzw. steigt leicht. Insbesondere in der Kurpfalz steigt daher sukzessive das Verhältnis an Rohstoffen aus dem Materialkreislauf zum Baustoffbedarf.

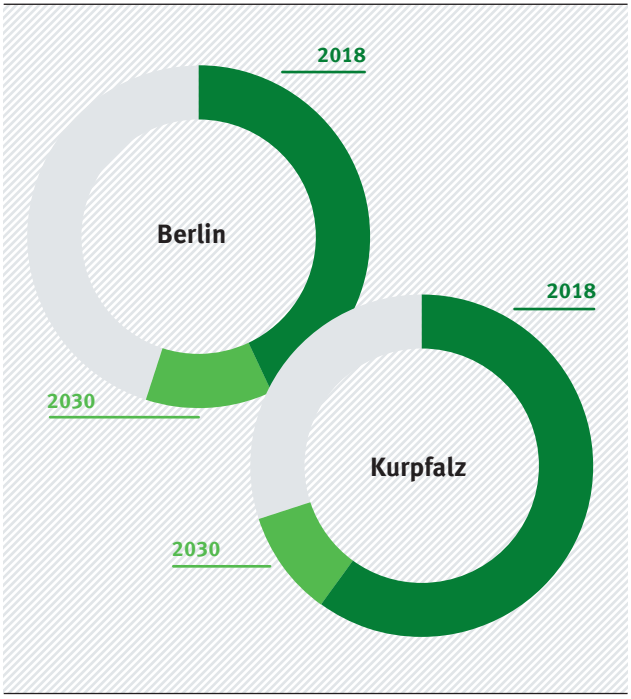
Mehr RC-Baustoffe durch perspektivische Verwertung

Werden Bauabfälle zukünftig ambitioniert aufbereitet, könnten daraus mehr Materialien zur Verfügung gestellt werden, die sich als Rohstoffe zur Herstellung von Baustoffen für den Hochbau verwenden und nicht nur im Tiefbau einsetzen lassen. Dies wird am Beispiel Transportbeton deutlich. Rein rechnerisch lassen sich diese Betone zu einem erheblichen Anteil als R-Beton produzieren (Abbildung 03). Ein Teil der eingesetzten Gesteinskörnungen können aus der Aufbereitung von Altbeton und Mauerwerk bezogen werden und damit aus dem Materialkreislauf. Engpässe an RC-Baustoffen für den Straßen- und Wegebau sind nicht zu erwarten. Der Bedarf kann über Materialien gedeckt werden, die bislang in einfachen Erdbaumaßnahmen entsorgt wurden. Auch die Aufbereitung von Straßenbaustoffen vor Ort und der direkte Wiedereinsatz tragen zur Deckung des Bedarfs bei.

Abbildung 03

Verschenkte Potenziale zur Herstellung von R-Beton: 2018 hätten in Berlin bereits 45 % des Betons als ressourcenschonender Beton produziert werden können. Die tatsächlich produzierte Menge R-Beton lag jedoch bei Null Prozent.

Bei der Herstellung von R-Beton werden 40 Prozent der Gesteinskörnung aus aufbereitetem Altbeton und Mauerwerk gewonnen.



Quelle: ifeu Heidelberg

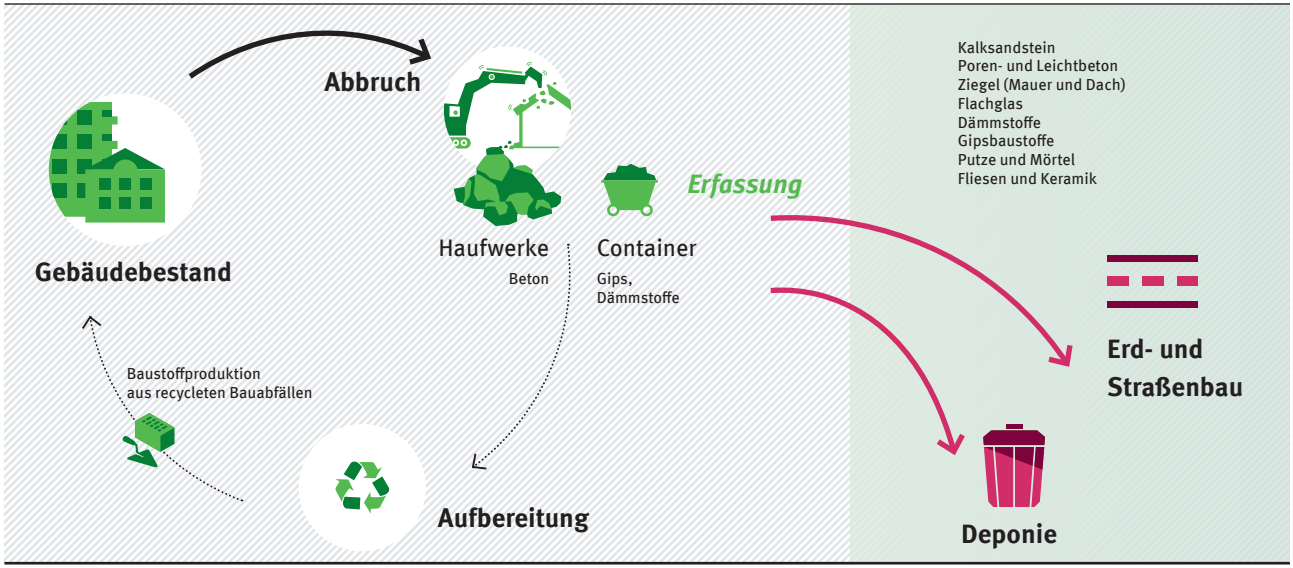
Kreislaufwirtschaft heute und morgen – Das hohe Recyclingpotenzial nutzen!

Bauabfälle aus Gebäuden und Bauwerken werden noch nicht in den Hochbau zurückgeführt. Die Verwertung erfolgt überwiegend im Straßen- und Erdbau, obwohl relevante Anteile – bei einer störstofffreien Erfassung – für eine Kreislaufführung geeignet sind. Die bautechnischen Anforderungen im Erdbau sind gering: die im Gemisch erfassten Baustoffe können mit einfachen und kostengünstigen Verfahren aufbereitet werden – eine nachhaltige Nutzung der wertgebenden Eigenschaften findet jedoch nicht statt. Eine getrennte Erfassung erfolgt bislang nur dann, wenn die Materialien die Verwertbarkeit im Tiefbau

Abbildung 04

Recycling von Bauabfällen heute

Beton und Mauerwerksbaustoffe aus Gebäuden werden überwiegend im Straßen- und Erdbau verwertet – die sortenreine Erfassung von Baustoffen findet nicht ausreichend statt. Gipsbaustoffe und Dämmmaterialien werden zwar getrennt erfasst, jedoch keiner Aufbereitung zugeführt.



Quelle: ifeu Heidelberg

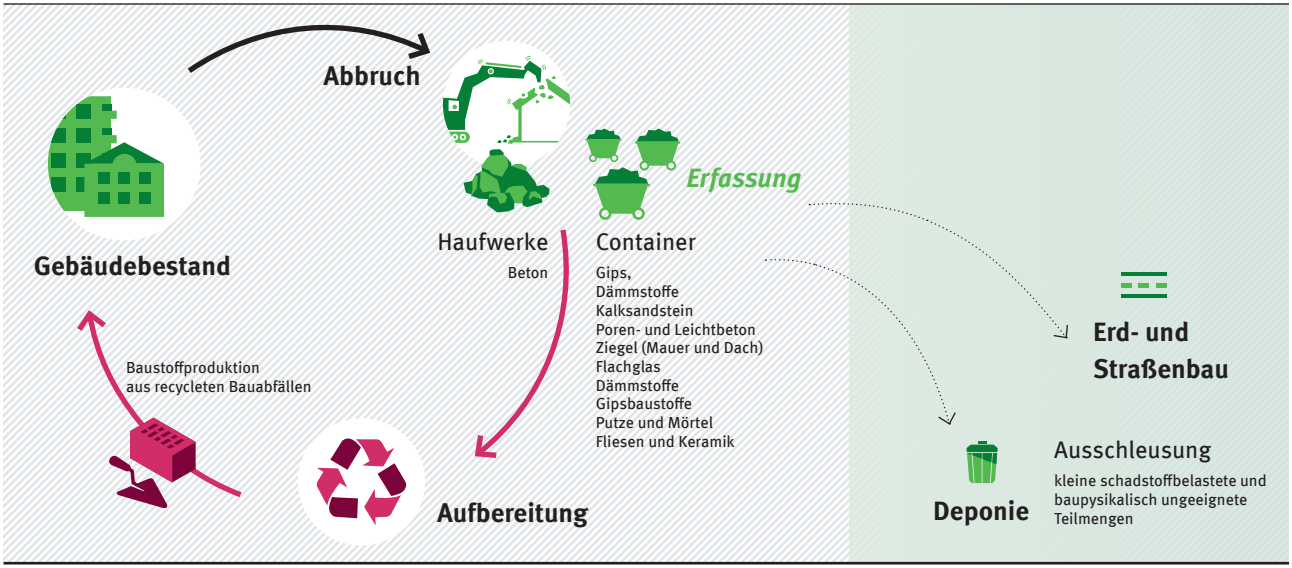
verhindern (insbesondere Gipsbaustoffe) oder aufgrund ihrer gefährlichen Eigenschaften separat entsorgt werden müssen. Billige Ablagerungskapazitäten verhindern die Zuführung in Aufbereitungsanlagen und damit die Herstellung von hochwertigen RC-Baustoffen.

Ein schnelles Umdenken ist nötig: Mineralische Bauabfälle sind wertvolle Rohstoffe, die Naturstein ersetzen. Voraussetzung ist die Vergleichbarkeit der bau- und umwelttechnischen Eigenschaften. Die Kreislaufwirtschaft gelingt nur, wenn die Zusammensetzung des Abfalls auf das Verwertungsziel zugeschnitten ist. Dafür notwendig ist ein ambitionierter selektiver Rückbau, der die Baustoffe sortenrein und störstofffrei bereitstellt. Ziel ist die Produktion von RC-Baustoffen, die definierte Eigenschaften über große Massenströme hinweg sicher einhalten. So werden Natursteinvorkommen geschont, der Flächenverbrauch des Abbaus reduziert und Transportemissionen eingespart.

Abbildung 05

Kreislaufwirtschaft Bau

Die Erfassung und Aufbereitung von Bauabfällen erfolgt sortenrein und ist auf das Verwertungsziel zugeschnitten – Baumaterialien werden hochwertig im Wirtschaftskreislauf gehalten.



Quelle: ifeu Heidelberg

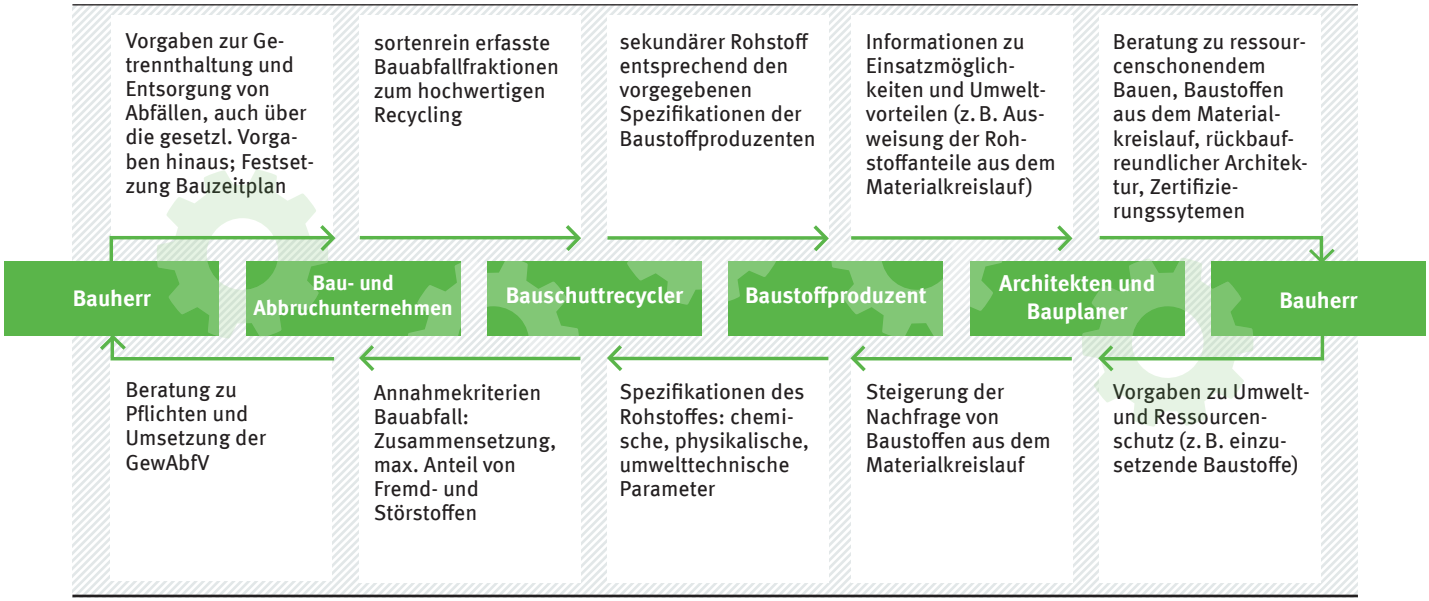
Kreislaufwirtschaft fördern und fordern – Das Zahnradprinzip

Die Baustoffindustrie ist traditionell stark mit Unternehmen der Rohstoffgewinnung verbunden, nicht selten gehören sie zum gleichen Konzern – Geschäftsbeziehungen gab es zwischen Entsorgungsbetrieben und Baustoffindustrie lange Zeit nicht. Die Erkenntnis, dass die primären Rohstofflagerstätten endlich sind und neue Erschließungsflächen einer starken Nutzungskonkurrenz unterliegen, führt zunehmend zu Bemühungen der Baustoffindustrie, alternative Versorgungswege zu erschließen. Erste Kooperationen führen zu Wissensaustausch und Demonstrationsprojekten, die Baustoffe auf Basis sekundärer Rohstoffe auf den Markt bringen.

Abbildung 06

Akteure der Kreislaufwirtschaft Bau – Aufgaben und Schnittstellen

Die Zusammenarbeit aller am Bau und der Entsorgung beteiligten Akteure ist die Voraussetzung für eine funktionierende Kreislaufwirtschaft.



Quelle: ifeu Heidelberg

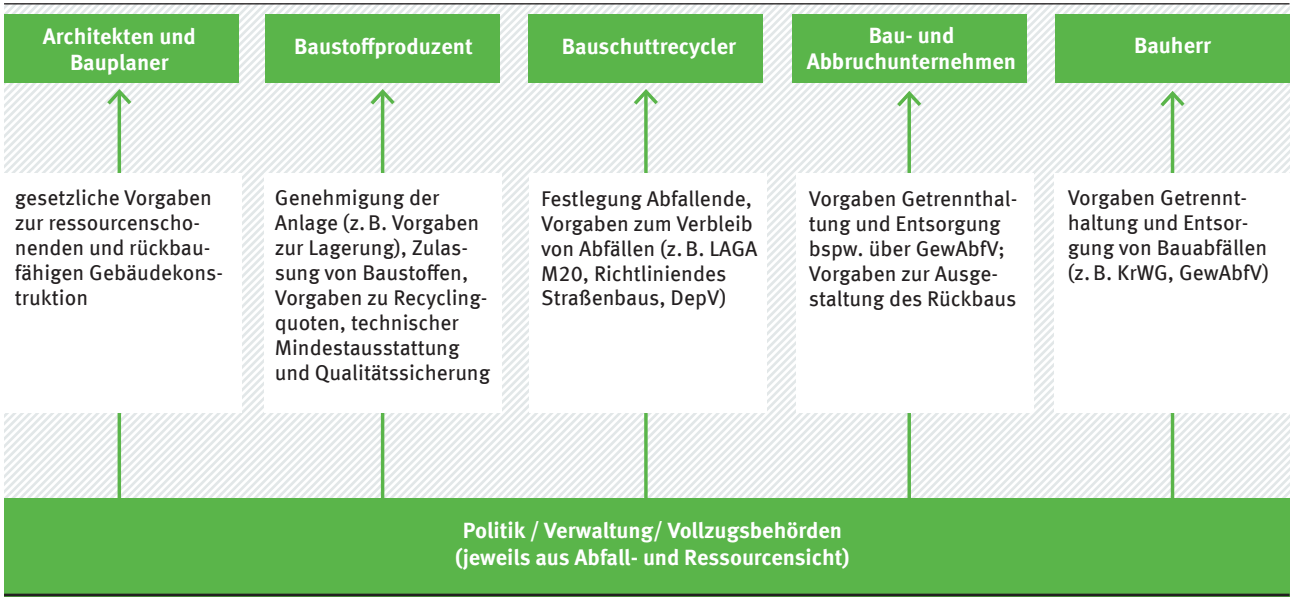
Öffentliche Institutionen sind gemessen am Bauvolumen relevante Auftraggeber im Hoch- und Tiefbau. Sie können wichtige Marktanreize setzen und über die Ausschreibepraxis eine Vorbildfunktion zur Umsetzung der ressourcenpolitischen Ziele einnehmen. Die öffentlichen Vergabestellen setzen die – bereits verpflichtenden – Vorgaben und Ziele jedoch nicht ausreichend um.

Das Land Berlin setzt positive Akzente. Als Bestandteil der Verwaltungsvorschrift „Beschaffung und Umwelt“ werden stetig Leistungsblätter erarbeitet, die Mindestanforderungen an die Beschaffung von Produkten formulieren, auch für den Hoch- und Tiefbau. Immer in Abstimmung mit den ausschreibenden Behörden erstellt, ist die Akzeptanz bei den Vergabestellen des Landes hoch. Auch auf Ebene der Städte und Kommunen gibt es gute Beispiele: So hat das Amt für Hochbau und Gebäudewirtschaft der Stadt Karlsruhe den Beschluss gefasst, in ihren Bauvorhaben R-Beton einzusetzen. Nach der Vergabe-Dienstanweisung der Stadt darf dies auch mit Mehrkosten verbunden sein.

Abbildung 07

Einfluss der Politik und Verwaltungsbehörden auf die Akteure der Kreislaufwirtschaft

Obwohl die Abfallgesetzgebung und die Vergaberichtlinien eine ressourcenorientierte Ausschreibung und Vergabe bereits einfordern, fehlen solche Aspekte in den Leistungsbeschreibungen für öffentliche Aufträgen fast immer.



Quelle: ifeu Heidelberg

Das zweite Leben der Baustoffe. Welche Verwertungsoptionen gibt es?

Altbeton – als rezyklierte Gesteinskörnung in der Betonproduktion eingesetzt – substituiert Natursteine wie Kies und Splitt. Gipsplatten und Formgipse sind aufgrund der hohen Gipsgehalte deutlich besser für ein Gipsrecycling geeignet als Estrich, Putz oder Porenbetonsteine. Seit 2015 etablieren sich Gipsrecyclinganlagen, Ende 2019 waren bundesweit fünf Anlagen in Betrieb. Glaselemente aus Türen, Fenstern und Fassaden werden in den Produktionsanlagen eingeschmolzen und erneut zu Flachglas geformt. Auch in der Behälterglasindustrie werden Flachglasscherben eingesetzt: die Industriezweige konkurrieren um den wertvollen Sekundärrohstoff, dessen Einsatz insbesondere Energie einspart. Glas- und Steinwolle können nur getrennt voneinander verwertet werden – eine gemeinsame Rückführung in den jeweiligen Produktionsprozess ist nicht möglich.

Dach- und Mauerziegel sind aufgrund ihres historischen Charmes beliebte Baustoffe zur Wiederverwendung. Ferner eignen sich Dachziegel als Rohstoff für Vegetationssubstrate sowie als Schüttbaustoff im Garten- und Landschaftsbau. Substituiert werden Lava, Bims und Ton. Mauerziegel müssen frei von Putz und Mörtel sein, um als Pflanzsubstrat verwendet zu werden. Kalksandstein erfüllt die bauphysikalischen Eigenschaften als Bestandteil von ungebundenen Schichten im Straßen- und Wegebau. Die Festigkeit von Porenbeton reicht dafür nicht aus. Forschungsvorhaben zeigen jedoch die Eignung als Sekundärrohstoff für RC-Mauersteine und RC-Mörtel. Die Mauerwerksbaustoffe eignen sich allesamt als Bestandteil der Gesteinskörnung Typ 2 im R-Beton. Für Fliesen und Keramik sowie Putz und Mörtel stehen derzeit keine hochwertigen Verwertungswege zur Verfügung. Gipshaltige Putze müssen aufgrund der negativen Umweltwirkung des Sulfats aus dem Wertstoffkreislauf ausgeschleust werden.

Einsatz in der ursprünglichen Produktion ist technisch möglich

Beton
Gipshaltige Abfälle
Flachglas
Mineralwolle

Alternative Verwertungswege erforderlich

Dach- und Mauerziegel
Kalksandstein
Porenbeton
Fliesen und Keramik
Putz und Mörtel

Rahmenbedingungen für eine Kreislaufwirtschaft

Ein Materialkreislauf konnte sich bislang nur in ersten Ansätzen für die Baustoffe Beton und Gips herausbilden, regional auf einzelne Anlagen beschränkt, obwohl der Einsatz von Altmaterial in bedeutenden Anteilen technisch möglich ist. Gleichbleibende Produkteigenschaften sind ohne relevante Anpassungen in den Produktionsverfahren gewährleistet.

Produktstatus für Recyclingbaustoffe

Soll sich eine umfassende Circular Economy entwickeln, müssen Rohstoffe aus dem Materialkreislauf aus dem Abfallrecht entlassen sein. Ihre Verwendung bedeutet für die Baustoffindustrie ansonsten einen deutlich erhöhten Genehmigungs- und Verwaltungsaufwand, verbunden mit langwierigen und kostspieligen Umstrukturierungen. Mit der Verwendung von Abfall als Rohstoff wird zudem ein Imageverlust und damit eine Gefährdung der Vermarktbarkeit der Bauprodukte verbunden. Regelungen zum Ende der Abfalleigenschaften müssen nicht zwingend über langwierige Prozesse auf Ebene der Europäischen Union oder auf nationaler Ebene gefunden werden. Wie das Beispiel Baden-Württemberg zeigt, konnte dies für Baustoffe zum Einsatz im ungebundenen Bereich (Erdbau oder Straßen- und Wegebau) per Erlass erreicht werden. Die Gipsindustrie hat Einzelfalllösungen für jede Lieferbeziehung erreicht.

Qualitätsgarant: Güteüberwachte Recyclingbaustoffe

Klassisch produzieren die Aufbereiter bislang Baustoffgemische für die unter der Fahrbahndecke liegenden Frostschutz- und Schottertragschichten. Hergestellt werden diese nach dem allgemeingültigen Regelwerk TL SoB-StB 04. Trotzdem finden diese Baustoffe aufgrund von Informationsdefiziten oft wenig Akzeptanz. Obwohl das Regelwerk auf einen Baustoff nach Eigenschaft abzielt, wird in aller Regel allein auf Altbeton als Ausgangsmaterial bestanden. In einzelnen Regionen lassen sich sowohl gute Praxisbeispiele als auch Bauherren finden, die einen Einsatz kategorisch ausschließen. Die Hersteller der Baustoffe sind so mit unterschiedlichen Vorgaben innerhalb des eigenen Lieferbereiches konfrontiert. Eine einheitliche und kostengünstige Produktionsstrategie wird so erschwert.

Qualifizierte güteüberwachte Frostschutzschicht aus dem Materialkreislauf, eingebaut

Rückbau und Entsorgung brauchen eine qualifizierte Planung

Die Art und Weise wie Abbruch- und Rückbaumaßnahmen ausgeführt werden, hat maßgeblichen Einfluss auf die Qualität der Abfallfraktionen. Die klassischen Bauweisen berücksichtigen jedoch bislang keine Aspekte der Rückbaubarkeit von Bauteilen und Baustoffen. Die getrennte Erfassung wird dadurch erschwert. Eine qualifizierte Planung im Vorfeld der Baumaßnahme ermöglicht einen selektiven Rückbau, der die Materialien getrennt ab der Baustelle bereitstellt und die Voraussetzung für eine hochwertige Verwertung darstellt. Die genaue Ausgestaltung des Rückbaus ist immer eine Betrachtung im Einzelfall und abhängig von der Gebäudeart, der Nutzungsgeschichte und der Bauweise. Der geringfügigen Kostensteigerung durch die Einbindung eines Abbruchberaters steht eine erhöhte Planungssicherheit gegenüber. Entsorgungskosten und Zeitplan können im Vorfeld sicherer kalkuliert und eingehalten werden.

Schadstoffe durch Vorerkundung erkennen und ausschleusen

Erster Schritt muss die Erstellung eines Schadstoffgutachtens durch qualifizierte Fachplaner sein. Auf Grundlage der Ergebnisse ist in einem zweiten Schritt in einem Rückbau- und Entsorgungskonzept zu erarbeiten, wie die Entkernung, der eigentliche Abbruch bzw. Rückbau des Gebäudes und die Abfallentsorgung zu erfolgen haben. So ist gewährleistet, dass schadstoffbelastete Bauteile separat erfasst, aus dem Materialkreislauf ausgeschleust und recyclingfähige Bauabfälle sortenrein getrennt erfasst werden. Insbesondere die Diskussion um mögliche Asbestbelastung von Abbruchabfällen macht deutlich, dass dem Abbruch eine umfassende Schadstofferkundung und ggf. -entfrachtung vorausgehen muss.

Die Gewerbeabfallverordnung gibt Getrennthaltung der Bauabfälle detailliert vor

Die GewAbfV verpflichtet Abfallerzeuger und Besitzer, die gängigsten Baustoffe getrennt zu erfassen und vorrangig einem Recycling zuzuführen. Ein Rückbau- und Entsorgungskonzept hat diese Anforderungen zu erfüllen, indem es Bauabfallfraktionen konkret benennt, die sortenrein zu erfassen sind. Bauabfallgemische dürfen nur in begründeten Ausnahmefällen anfallen. In welcher Art von Anlagen diese Gemische zu entsorgen sind, wird ebenfalls über die Verordnung geregelt. Verstöße gegen das Getrennthaltungsgebot können mit Geldbußen von bis zu 100.000 Euro geahndet werden. Trotzdem zeigt die Praxis, dass die Anforderungen regelmäßig nicht ausreichend erfüllt werden. Der behördliche Vollzug von abfallrechtlichen Vorgaben auf der Baustelle ist unzureichend. Überwachend tätig werden die kommunalen Abfallbehörden in der Regel nur dann, wenn der Verdacht eines Verstoßes vorliegt. Grund dafür ist u.a. die prekäre personelle Ausstattung der Aufsichtsbehörden.

Das Aufkommen und der Verbleib der Bauabfälle ist durch den Bauherrn als Abfallerzeuger zu dokumentieren. Die Unterlagen sind auf Verlangen der zuständigen Behörde vorzulegen. Bauherren sollten schon in der Planungsphase vertraglich vereinbaren, wer für die Erstellung der Dokumentation verantwortlich ist.

Raus aus der Steinzeit – Aufbereitungstechnik ist noch nicht up to date

Für die Baustoffindustrie ist es wichtig, dass durch den Einsatz sekundärer Rohstoffe die Eigenschaften und Qualitäten der Baustoffe nicht gefährdet werden. Die aufbereiteten Materialien müssen dafür möglichst nah an die Eigenschaften der primären Rohstoffe heranreichen. Um dies zu erreichen, ist ein Umdenken bei den Bauschuttaufbereitern nötig: Der Aufbereitungsprozess muss auf die Erfordernisse des Kunden und den geplanten Absatzweg ausgelegt werden.

Die Aufbereitungstechnik ist mit Brechen und Sieben heute noch „steinzeitlich“ ausgelegt. Die sortenreine Trennung von Baustoffgemischen ist mit dem derzeitigen Stand der Technik nicht möglich. Zur besseren Abtrennung von Stör- und Fremdstoffen sind Investitionen in Technik und Know-how erforderlich.

Technische Lösungen sind verfügbar, in anderen Sektoren der Recyclingwirtschaft sind automatisierte Trenntechniken schon lange Stand der Technik. Im Bereich der Bauabfallsortierung ist der Einsatz jedoch selten wirtschaftlich. Nur in Einzelfällen sind innovative Verfahren in der Praxis etabliert. Positivbeispiele sind die Nutzung eines Farberkennungssystems zur gezielten Aussortierung von Elementen mit vorher festgelegten Eigenschaften (z. B. roter Ziegel) oder die Nassaufbereitung von Böden und Bauschutt zur Trennung in verschiedene Korngrößenklassen.

Ein innovatives Verfahren: Herstellung von Pflanzsubstrat durch automatisierte Farbsortierung. In der Grobfraktion erfolgt eine automatisierte optische Farbsortierung. Die aussortierten roten und gelben Ziegelsteine werden anschließend zerkleinert und als Granulat für die Herstellung von Pflanzsubstraten verwendet.

Auf Forschungsebene werden weitere Aufbereitungsverfahren erprobt: Thermo-mechanische Verfahren oder die elektrodynamische Fragmentierung sind innovative Aufschlussverfahren, die Materialverbunde entlang der Grenzflächen voneinander trennen, z. B. Zement von dem Gesteinszuschlag im Beton. Das Projekt BauCycle setzte erfolgreich eine Hyperspektralkamera ein, um Bauschutt nach chemischen Kriterien zu sortieren. Beton, Ziegel, Kalksandstein und Gips konnten selektiv und mit hoher Reinheit voneinander getrennt werden.

Anreize für den Einsatz von ressourcenschonenden Baustoffen

Labeling von Baustoffen mit RC-Anteil

Werden ressourcenschonende Baustoffe in Vergabeprozessen gefordert, müssen die positiven Eigenschaften der angebotenen Produkte durch den Auftraggeber nachvollzogen und bewertet werden können. Es bedarf daher Produktlabel oder anderer nachprüfbarer und zertifizierter Angaben. Obwohl in den Produktionsprozessen von Gips, Flachglas und Glaswolle heute schon auf erhebliche Anteile von sekundären Rohstoffen zurückgegriffen wird, verzichten die Produzenten auf eine entsprechende Kennzeichnung. Befürchtet wird eine mangelnde Akzeptanz durch den Kunden. Die Transportbetonindustrie hat in den vergangenen Jahren Kriterien erarbeitet, die eine Zertifizierung mit dem Umweltzeichen Blauer Engel ermöglichen soll. Gleichzeitig wurde 2017 ein Zertifizierungssystem für nachhaltig hergestellten Beton und dessen Lieferkette gestartet.

Förderung der Nachfrage durch Gebäudezertifizierungssysteme

Da eine höhere Ressourceneffizienz von Baustoffen und ihr Einsatz nicht per se mit unmittelbaren wirtschaftlichen Vorteilen verbunden ist bzw. im Zweifel auch ein wenig mehr kostet, bedarf es Zertifizierungssysteme, die den Bauherrn für den Einsatz ressourcenschonender Baustoffe belohnen. In der Schweiz konnte über Minergie-Eco dem R-Beton ein bedeutender Marktanteil erschlossen werden. Die Ausgestaltung der deutschen Zertifizierungssysteme (BNB, DGNB) ermöglichen bislang keine vergleichbaren Lenkungswirkungen.

Zertifizierungssystem Minergie-Eco in der Schweiz: 50 Prozent des in einem Gebäude eingesetzten Betons muss R-Beton sein. Es sei denn, das nächstgelegene lieferfähige Betonwerk ist weiter als 25 km entfernt.

Transporte reduzieren und Umwelt entlasten

Bauabfallmassen fallen vor allem in den Städten und Ballungsräumen zur Entsorgung an und damit in Regionen, in denen sich Bautätigkeit und Nachfrage nach Baustoffen konzentrieren. Dies gilt vor allem für die Massenbaustoffe für den Straßen- und Wegebau oder die Rohstoffe für die Asphalt- und Betonindustrie. Dieser wichtige Umweltvorteil geht in der Praxis jedoch verloren.

Reduzierung von Transportemissionen durch räumliche Nähe der Aufbereitung

Die Betriebe, die sich auf die Aufbereitung mineralischer Abfallmassen spezialisiert haben, können sich oft nicht nahe am Schwerpunkt des Abfallaufkommens ansiedeln. In den Städten und Ballungsräumen ist es sehr schwierig, geeignete Flächen zu finden. Sie müssen angesichts der Durchsatzleistungen groß und kostengünstig sein und ein Umfeld aufweisen, das relativ unempfindlich ist gegenüber Lärm- und Staubimmissionen. Alte Industrie- und Gewerbestandorte werden vorrangig für neue Stadtquartiere erschlossen und sind für derartige Nutzungen verloren. Hier sind Stadt- und Regionalplanung gefordert, um in Abwägung konkurrierender Nutzungsansprüche auch für diese Branchen Flächen offen zu halten.

Transportkosten zu niedrig für Lenkungswirkung

Am Beispiel der Verbringung von Gipsabfällen ins europäische Ausland zeigt sich, dass die Transportkosten kein Hemmnis darstellen, um Kostenvorteile auch über weite Strecken realisieren zu können. Auch im innerdeutschen Bereich sind Transportstrecken von mehreren hundert Kilometern mittlerweile keine Seltenheit mehr. Straßengebundene Schwerlastverkehre sind in Deutschland vergleichsweise günstig, nicht zuletzt, da die gesetzlichen Rahmenbedingungen wie etwa erlaubte Zuladung, Lenk- und Ruhezeiten zu selten kontrolliert werden. In der Schweiz profitiert die Kreislauwirtschaft von der Straßenmaut, die dort als erheblicher Kostenfaktor anfällt.

Abfallmassen, die ab Baustelle nur in kleinen Mengen anfallen, für eine hochwertige Verwertung jedoch separat gehalten werden müssen, bedürfen eigener Logistik-Lösungen, die eine Bündelung ermöglichen. Hier ist auch die Umweltpolitik gefordert, Lösungen für die Praxis zu unterstützen und zu erproben.

Bauen mit Weitblick: Bauwerke müssen recyclingfähig werden

Selbst ein ambitionierter und stark handgeführter Rückbau scheitert an nicht lösbaren Material- und Konstruktionsverbunden. Deren Einsatz ist in den letzten Jahrzehnten immer üblicher geworden, der heutige Bestand lässt sich rückwirkend nicht verändern. Die heutigen Probleme sind jedoch ein Fingerzeig, bei der Konstruktion von Bauwerken die Auswahl von Baustoffen und deren Rückbaubarkeit und Recyclingfähigkeit zu berücksichtigen. Häufig fehlt hierfür das Fachwissen.

Wissenslücken in den Lehrplänen schnell füllen

In den Studienfächern Architektur und Bauingenieurwesen fehlen Lehreinheiten zu Circular Economy, recyclinggerechtem Bauen und Aufbereitung von Bauabfällen. Die Themenkomplexe werden bestenfalls angeschnitten, aber nicht vertieft. Fazit: die planenden Akteure erhalten im Studium keine Grundausbildung in diesem Bereich. Die Fortbildungsverpflichtung von BauingenieurInnen und ArchitektInnen ist der zentrale Ansatzpunkt, um kurzfristig den Wissensstand auszuweiten. Die Kammern haben Einfluss auf das Fortbildungsangebot, denn sowohl die lehrenden Institutionen als auch die Kurse selbst bedürfen einer Anerkennung. Bislang zeigt sich analog zur Ausbildung: Wissensvermittlung aus dem Bereich Kreislaufwirtschaft Bau findet kaum statt. Wird das Themenfeld aber angeboten, ist der Zulauf groß! Kurse sind in kürzester Zeit ausgebucht.

Recyclingfähigkeit muss Voraussetzung für die Baustoffzulassung werden

Baumaterialien müssen nicht nur statische Eigenschaften erfüllen, sondern zunehmend auch höheren Anforderungen hinsichtlich des Klimaschutzes gerecht werden. Mit Dämmstoffen gefüllte Mauersteine werden Aufbereiter mit einem Massenstrom konfrontieren, der überwiegend aus Dämmmaterialien besteht und einer mit entsprechender Aufbereitungstechnik ausgestatteten Aufbereitungslinie bedarf. Carbon- oder Textilbeton ist ein Beispiel für eine Baustoffentwickelung, die versucht, den steigenden Ansprüchen an ressourcenschonendem Bauen gerecht zu werden. Lässt sich der Baustahl als übliche Bewehrung substituieren, werden Betonwände deutlich schlanker, da die zum Zwecke des Korrosionsschutzes starke Überdeckung mit Beton entfallen kann. Diese Konstruktion wird nach derzeitigem Stand mit einer fehlenden Recyclingfähigkeit erkauft. Die Baustoffe leisten keinen Beitrag zur Steigerung der Ressourcenproduktivität.

Die Frage der Recyclingfähigkeit muss daher spätestens mit der Zulassung beantwortet werden. Dies entspricht sowohl dem Vorsorgeprinzip als auch der Produktverantwortung der Hersteller gemäß Kreislaufwirtschaftsgesetz. Bislang werden Kriterien dieser Art im Zulassungsverfahren nicht berücksichtigt. Die Entsorgungsverantwortung wird damit dem Endverbraucher bzw. der Entsorgungswirtschaft der Zukunft auferlegt.

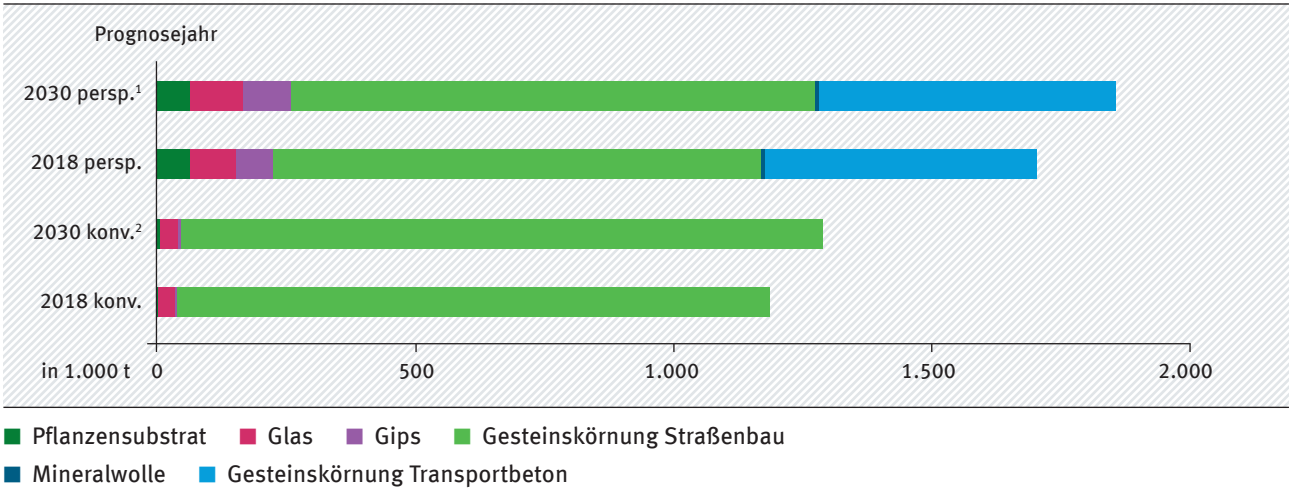
Bauwerke als Rohstofflager: Wird das Potenzial genutzt?

Für beide Untersuchungsregionen gilt: Die Rückführung von Baustoffen aus dem anthropogenen Lager in den Wirtschaftskreislauf findet nicht ausreichend statt. Das wertgebende Potenzial der verbauten Materialien wird nur unzureichend genutzt. Daher geht die Möglichkeit verloren, primäre Rohstoffe zu ersetzen und Ressourcen zu schonen.
Die Absatzwege der aufbereiteten Materialien beschränken sich auf den Einsatz im Tiefbau. In Berlin werden 97 Prozent der aus dem Materiallager entnommenen Abbruchmassen als Straßenbaustoff verwertet. Dies entspricht etwa 1,1 Millionen Tonnen pro Jahr. Wären Rückbau und Aufbereitung darauf optimiert, könnten jährlich zusätzlich 0,5 Millionen Tonnen zur Produktion von Baustoffen für den Hochbau verwendet werden.

Abbildung 08

Verfügbarkeit von Abbruchmassen in Berlin, die einem Materialkreislauf zur Verfügung stehen, in Abhängigkeit von den eingesetzten Aufbereitungstechniken.

Die Abbruchmassen, die aus dem Materiallager entnommen werden und dem Materialkreislauf zur Verfügung stehen, steigen bis 2030 kaum. Entscheidend ist die Ausgestaltung der Aufbereitung. Die Ergebnisse für die Region Kurpfalz zeigen ein ähnliches Bild.



[1] konv. = konventionell, [2] persp. = perspektivisch

Quelle: ifeu Heidelberg

Der im Hochbau verwertbare Anteil der aufbereiteten Materialien kann auf 45 Prozent gesteigert werden.

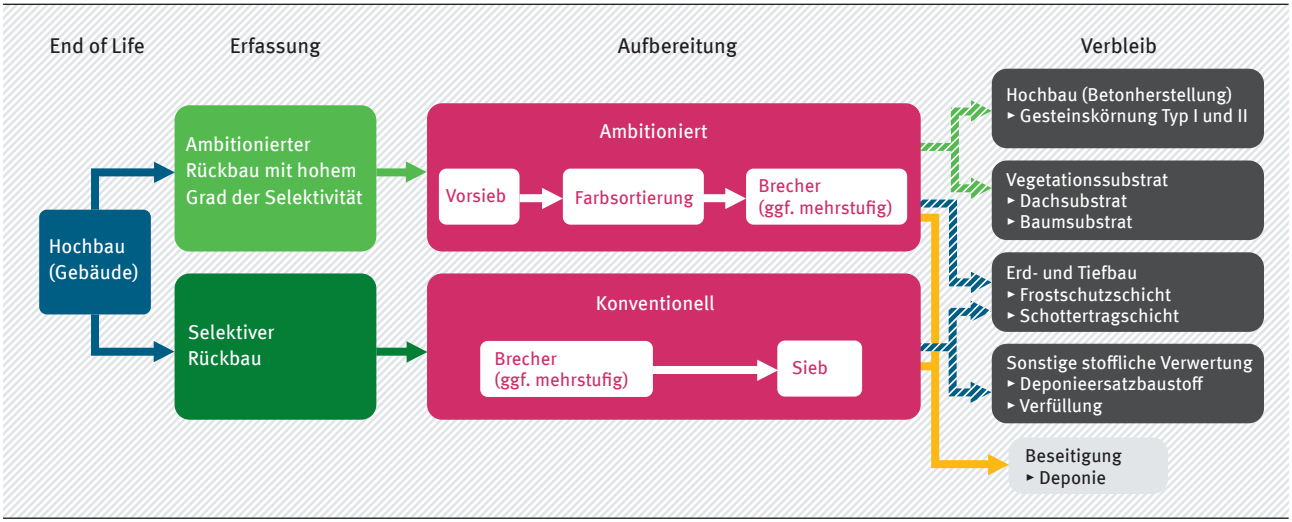
Beitrag der Bauschuttaufbereiter

Die Verfügbarkeit von Sekundärrohstoffen für Baustoffe im Hochbau steigt nur dann, wenn die Bereitstellung ab Baustelle und die Aufbereitung darauf ausgerichtet werden. Notwendig sind ein selektiver Rückbau und eine sortenreine Erfassung in Verbindung mit einer ambitionierteren Aufbereitungstechnik. Einsetzbar sind Sortiertechniken, die in anderen Bereichen der Recyclingwirtschaft schon lange Stand der Technik sind. Aufbereitete Materialien erreichen nur dann die Qualitätsansprüche der Baustoffproduzenten, wenn die Baustoffe besser voneinander getrennt und Schad- und Störstoffe verlässlich ausgeschleust werden. Wichtig sind die Schnittstellen zwischen den Akteuren: Ausgehend von den Anforderungen an die fertigen Produkte müssen in den Vorstufen definierte Qualitätsstufen erreicht werden.

Abbildung 09

Verwertungswege am Beispiel rückgebauter Mauerziegel

Die Grafik zeigt den derzeitigen Verbleib der Mauerziegel, die konventionell aufbereitet werden. Für den Einsatz als Vegetationssubstrat und als Gesteinskörnung im Beton ist eine ambitionierte Aufbereitungstechnik erforderlich.



Quelle: ifeu Heidelberg

Fazit

1. Die klassischen Absatzwege im Tiefbau müssen um Einsatzmöglichkeiten im Hochbau ergänzt werden. Nur so können Bauabfälle hochwertig recycelt und in hohen Anteilen verwertet werden.

2. Die Aufbereitung von Bauabfällen in qualifizierten Anlagen ist Voraussetzung für die hochwertige Verwertung. Knappe Ablagerungskapazitäten stärken die Konkurrenzfähigkeit der Aufbereitung.

3. Baustoffe dürfen nur bei nachgewiesener Recyclingfähigkeit eine Zulassung erhalten. Dies fördert die Kreislaufwirtschaft und stärkt die Produktverantwortung der Hersteller.

4. Die Getrennthaltungspflicht und die vorrangige Zuführung zu qualifizierten Aufbereitern nach GewAbfV werden nur unzureichend umgesetzt. Der Vollzug der Überwachungsbehörden ist zügig auszuweiten. Kontrollen sind während der Bauphase und nach Abschluss über die Vorlage der Dokumentation durchzuführen.

Das noch immer schlechte Image der Recyclingbaustoffe wird der Qualität der aufbereiteten Materialien und der Systeme zur Gütesicherung nicht gerecht! Die fehlende Akzeptanz führt zu schwachen Absatzmärkten. Zusätzlich steht die Produktion von hochwertigen Recyclingbaustoffen in Konkurrenz zu aufbereitungsarmen und kostengünstigen Entsorgungsoptionen. Es ist Aufgabe der Politik, Rahmenbedingungen zu entwickeln, die die Bauabfallmassen entsprechend der Abfallhierarchie lenken.

Auftraggeber von Bauleistungen können den Einsatz von ressourcenschonenden Baustoffen und rückbaufähigen Bauweisen aktiv einfordern. Bei Abbruchmaßnahmen können über ein Rückbau- und Entsorgungskonzept Vorgaben zur Ausgestaltung des Rückbaus und zur Entsorgung von Abfällen vorgegeben werden. Vertragliche Vereinbarungen zur Selektivität des Rückbaus sind auch deshalb zielführend, weil eine Definition des Begriffes „Selektiver Rückbau“ bislang nicht existiert. Für ein einheitliches Verständnis wären eine verbindliche Definition und die Einführung über die Landesbauordnungen erforderlich. Impulse und fachliche Unterstützung müssen auch von Architekt*innen und Bauingenieur*innen ausgehen. Entsprechende Beratungsangebote durch Fachplaner*innen müssen in allen Ressorts ausgeweitet werden. Wird die öffentliche Hand als Bauherr aktiv, soll die Ausschreibung so erfolgen, dass Gesetze, Verordnungen und Leitbilder vorbildhaft umgesetzt werden – auch wenn keine Verpflichtung dazu besteht. Leuchtturmprojekte schaffen Vertrauen in neue Technologien und fördern die Entwicklung eines Marktes. Die Vergabe von Leistungen, die bisher fast ausschließlich über den Preis erfolgt, muss um umweltorientierte Zuschlagsparameter erweitert werden. Nach § 16d EU VOB/A ist dies zulässig, vorausgesetzt die Bewertungsmatrix wird dem Bieter vorab zur Verfügung gestellt.

Alle am Bauprozess beteiligten Akteure können die Entwicklung einer effektiven Kreislaufwirtschaft unterstützen, indem sie konsequent ressourcenschonende Aspekte in ihre tägliche Arbeit einfließen lassen.

Danksagung

Den folgenden Firmen, Verbänden, Initiativen und Einrichtungen gilt unser besonderer Dank für die konstruktive Mitarbeit im Projekt: Abbruchverband Nord e. V. | Architektenkammer Rheinland-Pfalz | Baustoffüberwachungsverein Hessen – Rheinland-Pfalz e. V. | Bauwirtschaft Rheinland-Pfalz | Beton und Naturstein Babelsberg GmbH | brenner architekten und ingenieure | Bundesverband Transportbeton | Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung | Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung | Bundesverband Baustoffe | Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e. V. | Bundesverband der Gipsindustrie e. V. | Bundesverband Flachglas e. V. | Bundesverband Kalksandstein Industrie e. V. | Bundesverband Ziegelindustrie e. V. | Büttel GmbH | Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung e. V. | Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen GmbH | Deutscher Abbruchverband e. V. | Deutsches Institut für Bautechnik | Ed. Züblin AG | Fachverband Mineralwolleindustrie e. V. | Fuhrgewerbe-Innung Berlin-Brandenburg e. V. | Graf Baustoffe GmbH | HeidelbergCement AG | HEIM Deponie und Recycling GmbH | Heinrich Feess GmbH & Co. KG | Hessisches Bausteinwerk Dr. Blasberg GmbH & Co. KG | Institut für Angewandte Bauforschung Weimar gGmbH | Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz | Landkreis Konstanz (Amt für Abfallwirtschaft und Gewerbeaufsicht) | Landratsamt Ludwigsburg – Fachbereich Hochbau und Liegenschaften | Mitteldeutsche Umwelt- und Entsorgung GmbH | Qualitätssicherungssystem Recycling-Baustoffe Baden-Württemberg e. V. | Reiling Glas Recycling GmbH & Co. KG | REMONDIS GmbH & Co. KG | Rohr GmbH & Co. KG | SAINT-GOBAIN ISOVER G+H AG | Scherer & Kohl GmbH & Co. KG | Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz Berlin | Spenner Zementwerk Berlin GmbH & Co. KG | St. Gobain ISOVER | Stadtsiedlung Heilbronn | TBS Rhein-Neckar GmbH & Co. KG | Tomra Sorting GmbH | Weisenburger Bau GmbH | Wienerberger AG | WIWA Wilko Wagner GmbH | Zentralverband Deutsches Baugewerbe e. V.

▸ **Unsere Broschüren als Download**
Kurzlink: bit.ly/2dowYYI

www.facebook.com/umweltbundesamt.de
www.twitter.com/umweltbundesamt
www.youtube.com/user/umweltbundesamt
www.instagram.com/umweltbundesamt/