



Leitfaden zur Verwertung von Abbruchabfällen und Schlacken aus Müllverbrennungsanlagen

Ergebnisse aus dem von der DBU fachlich und finanziell unterstützten Projekt „Nachhaltigkeitskommunikation in der Abfallwirtschaft - Grundlagen und best practice-Ansätze“ (Nr. 32385), Stand Februar 2020



**Prof. Dr. Henning Friege (N³ Nachhaltigkeitsberatung Dr. Friege & Partner)
Dr. Michael Meetz (BASIKNET Gesellschaft für Arbeitsschutz mbH)
in Kooperation mit Akademie Dr. Obladen GmbH**

gefördert durch



Deutsche
Bundesstiftung Umwelt



Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	3
2	Nachhaltige Abfallwirtschaft	4
3	Verwertung von Bau- und Abbruchabfällen.....	9
3.1	Die Wertschöpfungskette und die Akteure	9
3.2	Abbruch von Gebäuden	10
3.3	Logistik	13
3.4	Aufbereitung	14
3.5	Vermarktung	16
3.6	Rechtliche Probleme, Vollzugsmängel.....	17
4	Verwertung von Schlacken aus Müllverbrennungsanlagen	21
4.1	Die Wertschöpfungskette	22
4.2	Logistik der Baustoff-Verwertung	23
4.3	Aufbereitung für die Metallrückgewinnung.....	23
4.4	Marktentwicklung	25
4.5	Rechtliche Probleme, Vollzugsmängel.....	25
5	Roadmap	26



1 Zusammenfassung

Im Rahmen des Projekts „Nachhaltigkeitskommunikation in der Abfallwirtschaft - Grundlagen und best practice-Ansätze“ (von der DBU gefördert) wurden Thesen für die Bewertung einer nachhaltigen Abfallwirtschaft erarbeitet und entsprechende Indikatoren zusammengestellt. Beispielhaft wurden drei Wertschöpfungsketten aus der Abfallwirtschaft gemeinsam mit dort tätigen Unternehmen untersucht. Daraus entstanden Optionen für einen nachhaltigeren Umgang mit Ressourcen und Vorschläge für die Änderung bestehender Geschäftsmodelle, die zur langfristigen Stabilität der Unternehmen beitragen.

Bei den mineralischen Abfällen, die den weitaus größten Teil der gesamten anfallenden Abfälle ausmachen, wurden

- die Verwertung von Abbruchmaterial vorwiegend für den Hochbau
- die Aufbereitung von Schlacken aus der Müllverbrennung (MV-Schlacken) für Verwertung im Tiefbau und zur Rückgewinnung von Metallen

betrachtet. Die Gewinnung von über 500 Mio t geogener Gesteinskörnungen beeinflusst in ihrer Masse den Ausstoß an Treibhausgasen, führt zur Zerstörung der Oberböden. Der Abbau ist weiterhin durch Wasserschutz- und Naturschutzgebiete erschwert. Teilweise gibt es erhebliche Widerstände der gegen die Gewinnung weiterer primärer mineralischer Rohstoffe. Diese können teilweise aus dem Rückbau von Gebäuden und Infrastruktur gedeckt werden. Speziell Recycling-Gips dürfte wegen des langfristigen Wegfalls der REA-Gipse aus der Steinkohle-Verstromung in Zukunft verstärkt nachgefragt werden.

Ein verwertungsorientierter Rückbau ist meist nicht teurer als der konventionelle Abriss von Gebäuden. Der zunehmende Mangel an geeignetem Deponieraum begünstigt eine verbesserte Trennung der Abfallfraktionen beim Rückbau. Die für den Hochbau benötigten Recycling-Baustoffe müssen eine gleichbleibend hohe Qualität aufweisen (qualitätsgesicherte Baustoffe). Durch Gütesicherung wird Konformität der hergestellten Recycling-Baustoffe und -Gesteinskörnungen mit den geltenden bau- und umwelttechnischen Regelwerken sichergestellt. Kooperationen zwischen den Akteuren können Transportketten deutlich verkürzen und damit Kosten sparen, dazu sind von den beteiligten Unternehmen betriebene digitale Plattformen geeignet.

Die Technik zur Rückgewinnung von weit über 90% aller Metalle aus MV-Schlacken steht mittlerweile zur Verfügung und wird bei steigenden Preisen für Metalle einen immer höheren Wertschöpfungsbeitrag leisten. Ein erwünschter Nebeneffekt ist die Schwermetall-„Entfrachtung“ durch Elimination der Metalle aus den Schlacken.

Es ist erforderlich, in der Aus- und Weiterbildung das Thema Recycling-Baustoffe zu verankern, um bei den Akteuren der Bauwirtschaft Verständnis für Ressourceneffizienz zu schaffen. Dies soll auch die Marktakzeptanz von Recycling-Baustoffen erhöhen. Es bedarf unbedingt einer bundesweiten Vereinheitlichung der Gesetze und technischen Regelwerke für den Einsatz von Recycling-Baustoffen. Da gerade Vorbehalte öffentlicher Bauträger gegenüber Recycling-Baustoffen (auch öffentlicher) bestehen, sollte im Vergaberecht eine Bevorzugung von RC-Baustoffen verankert werden.



2 Nachhaltige Abfallwirtschaft

Abfallwirtschaft kann einen großen Beitrag zur Erreichung der Ziele der Agenda 2030, der Nachhaltigkeitsziele der UN (Sustainable Development Goals – SDG)¹ leisten. Alleine 64 Mio. Menschen weltweit leben in einem 10 km-Umkreis der 50 größten und zumeist völlig ungesicherten Deponien („dump sites“); sie sind durch verseuchtes Grundwasser oder Ausgasungen gefährdet.² Der Anteil der Abfallwirtschaft an Treibhausgasemissionen liegt global bei 3-4%, zum größten Teil verursacht durch austretendes Methan aus Deponien und aus Müll, der auf den Straßen vergammelt. Der Siedlungsabfall von weit über 1 Mrd. Menschen wird gar nicht erst abgefahren. Die UN hat in der Agenda 2030 Abfallwirtschaft und Ressourcenmanagement zu Recht eine wichtige Rolle eingeräumt:

- SDG 12.4: Bis 2020 einen umweltverträglichen Umgang mit Chemikalien und allen Abfällen während ihres gesamten Lebenszyklus in Übereinstimmung mit den vereinbarten internationalen Rahmenregelungen erreichen und ihre Freisetzung in Luft, Wasser und Boden erheblich verringern, um ihre nachteiligen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt auf ein Mindestmaß zu beschränken
- SDG 12.5: Bis 2030 das Abfallaufkommen durch Vermeidung, Verminderung, Wiederverwertung und Wiederverwendung deutlich verringern.
- SDG 12.2: Bis 2030 die nachhaltige Bewirtschaftung und effiziente Nutzung der natürlichen Ressourcen erreichen.
- SDG 12.3: Bis 2030 die weltweite Nahrungsmittelverschwendung pro Kopf auf Einzelhandels- und Verbraucherebene halbieren und die entlang der Produktions- und Lieferkette entstehenden Nahrungsmittelverluste einschließlich Nachernteverlusten verringern.
- SDG 11.6: Bis 2030 die von den Städten ausgehende Umweltbelastung pro Kopf senken, unter anderem mit besonderer Aufmerksamkeit auf der Luftqualität und der kommunalen und sonstigen Abfallbehandlung.
- SDG 8.4: Bis 2030 die weltweite Ressourceneffizienz in Konsum und Produktion Schritt für Schritt verbessern und die Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Umweltzerstörung anstreben...

Wir deponieren in Deutschland seit 2005 keine organischen Abfälle mehr auf Deponien; die Methan-Emissionen sind demzufolge massiv zurückgegangen. Mit stofflicher und energetischer Verwertung von Abfällen liegen wir in Europa zusammen mit skandinavischen Ländern, Benelux, Österreich und der Schweiz in einer Spitzengruppe. Das heißt nicht, dass unsere abfallwirtschaftlichen Aufgaben erledigt sind: Wer viel konsumiert, macht auch viel Abfall. In dem Projekt „Nachhaltigkeitskommunikation in der Abfallwirtschaft – Grundlagen und best practice-Ansätze“ haben wir uns mit drei Wertschöpfungsketten beschäftigt, nämlich

- Wiederverwendung und Verwertung von Alttextilien
- Elektroaltgeräte mit darin enthaltenen Batterien

¹ UN General Assembly: Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development (2015); <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld/>; <https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/>

² ISWA: A Roadmap for Closing Waste Dumpsites, Wien (2016)



- Abbruchabfälle und MVA-Schlacken

Die ökologischen Probleme bei der Produktion von Textilien wie von Elektro- und Elektronikgeräten und Batterien entstehen zu einem erheblichen Teil in Entwicklungs- und Schwellenländern, z.B. durch Gewinnung von Mineralien und Metallen, Herstellung von Elektronikschaltungen und Textilien ohne europäische Umweltstandards, hohen Wasser- und Energieverbrauch für die Herstellung von Textilfasern und Farbstoffen. Bei uns liegt dann zumindest die Verantwortung für einen vernünftigen Umgang mit diesen importierten Ressourcen. Bei Abbruchabfällen stoßen wir auf mineralische Rohstoffe, die wir zur Schonung unserer Landschaft, aus der wir Kies und Sand gewinnen, erneut einsetzen könnten, dies aber bisher selten tun. In der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung³ findet sich als Managementregel Nr. 7: „Energie- und Ressourcenverbrauch sowie die Verkehrsleistung müssen vom Wirtschaftswachstum entkoppelt werden. Zugleich ist anzustreben, dass der wachstumsbedingte Anstieg der Nachfrage nach Energie, Ressourcen und Verkehrsleistungen durch Effizienzgewinne mehr als kompensiert wird.“ Für das Feld Ressourcenschonung wird der Indikator „Gesamtrohstoffproduktivität: (BIP + Importe)/Raw Material Input (RMI)“ verwendet. Ziel ist es, die Rohstoffproduktivität bis 2020 (ausgehend von 1994) zu verdoppeln und damit den bisher erkennbaren Trend der Entkopplung des Ressourcenverbrauchs vom Wirtschaftswachstum fortzusetzen. Ferner sind Indikatoren für Energieressourcen, den Anteil erneuerbarer Energien, Treibhausgas-Emissionen, Erhöhung der Zahl der Konsumprodukte, die mit „glaubwürdigen und anspruchsvollen Umwelt- und Sozialsiegeln ausgezeichnet“ sind, für das Ressourcen- und Abfall-Thema von Bedeutung. Es ist klar, dass diese in der Nachhaltigkeitsstrategie genannten wesentlichen Indikatoren die Zusammenhänge zwischen Rohstoffverbrauch, Konsum, Abfallmengen und Energie nur sehr allgemein beschreiben können.

Die für die drei Wertschöpfungsketten erstellten Leitfäden sind vorwiegend für Akteure der Abfallwirtschaft gedacht. Der Grund: Es gibt zwar viele Diskussionen darüber, was sich ändern müsste, damit wir Abfälle vermeiden oder besser verwerten können – aber die Unternehmen in der Branche wie auch die kommunalen Betriebe entscheiden nicht darüber, sondern der Abfallerzeuger. Und wir werden noch über Jahre und Jahrzehnte mit Abfällen zu tun haben, die als Produkte oder Gebäude ohne Rücksicht auf Verwertbarkeit bereits in die Technosphäre gestellt worden sind. Die Akteure in der Abfallwirtschaft können aber selber ihre Prozesse und Wertschöpfungsstufen wesentlich nachhaltiger gestalten als sie das heute tun.

Für die Abfallwirtschaft fehlt bisher ein spezifisches Leitbild der Nachhaltigkeit, auch wenn die umweltpolitischen Ziele in den EU-Richtlinien, v.a. der Waste Framework Directive (WFD), und dem deutschen Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) sowie zahlreichen weiteren Gesetzen klar beschrieben sind. Es fehlt dort aber eine klare Verbindung zwischen Ressourcen und Abfällen; die soziale und die ökonomische Dimension müssen neben der ökologischen Dimension abgebildet werden. Daher wurden im Projekt mehrere Thesen entwickelt und mit dem Projektbeirat abgestimmt; sie bilden einen Rahmen für das Denken und Handeln im Sinne nachhaltiger Entwicklung in der Abfallwirtschaft:⁴

These 1: Nur wenn Abfallwirtschaft ihre grundlegenden Aufgaben erfüllt, kann sie als nachhaltig bezeichnet werden. Diese Aufgaben bestehen im Schutz von Mensch und Umwelt durch Beseitigung von Abfällen mit Schadorganismen oder chemischen Schadstoffen bzw. deren Ablagerung in sicheren Senken sowie in der Bereitstellung von

³ Bundesregierung: Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie (Neuaufgabe 2016)

⁴ Ausführliche Herleitung bei H. Frieger: Wertschöpfungsketten in einer nachhaltigen Abfallwirtschaft. Teil I: Was ist nachhaltige Abfallwirtschaft? Müll und Abfall 50 (10), 516-525 (2018)



Ressourcen, also der Vorbereitung zur Wiederverwendung gebrauchter Produkte sowie ggf. von Modulen oder Teilen von Produkten und der Gewinnung von Sekundärrohstoffen oder Energie aus Abfällen.

Recycling, bei dem die Umwelt geschädigt wird, oder die Wiederverwendung von Produkten, die gefährlich sind, stehen im Widerspruch zur „schadlosen Verwertung“ im Sinne von § 7 Abs. 3 KrWG.

These 2: Prioritäten für die aus Abfällen zu gewinnenden Ressourcen sind aus den Regeln nachhaltigen Stoffstrommanagements abzuleiten. Prioritäre Ressourcen (in absteigender Reihenfolge) sind

- 1. Mineralien und Metalle, a) bei denen die Versorgung oder Gewinnung als kritisch eingeschätzt wird, b) die einen hohen kumulierten Rohstoffaufwand (KRA) bzw. kumulierten Energieaufwand (KEA) aufweisen, c) NE-Metalle generell, Phosphat, ...*
- 2. Eisenmetalle*
- 3. Organische Stoffe mit hohem kumulierten Energieaufwand*
- 4. Einfache organische Vorstufen für die chemische Produktion*
- 5. Heimische mineralische Rohstoffe mit hoher Verfügbarkeit*
- 6. Nachwachsende Rohstoffe (Biomasse)*

Nicht alles, was verwertet wird, lohnt sich im Sinne eines ganzheitlichen Blicks auf Energie- und Ressourcenaufwand. Daher gilt es, die Abfallfraktionen mit Priorität anzugehen, die besonders wertvolle oder seltene Ressourcen enthalten. KRA, KEA, die emittierte Menge an Treibhausgasen und weitere Indikatoren (siehe auch These 4) werden benötigt, um mehr oder weniger nachhaltige Prozesse in der Abfallwirtschaft zu identifizieren.

These 3: Nachhaltige Abfallwirtschaft als Beitrag von Unternehmen muss im Kontext bestehender bzw. sich entwickelnder technischer, wirtschaftlicher und rechtlicher Rahmenbedingungen realisiert werden. Die wichtigsten Einflüsse ergeben sich durch den Abfall selbst, d.h. seine Zusammensetzung aus gebrauchten, verschmutzten und meist nicht mehr funktionsfähigen Produkten. Die Akteure der Abfallwirtschaft haben heute rechtlich (noch) keinen Einfluss auf die Gestaltung der Produkte etwa im Sinne eines „designs for recycling“. Sie können aber im Dialog mit Akteuren rückwärts in der Wertschöpfungskette Änderungen im Produktdesign anstoßen, die zu einer besseren Verwertbarkeit nach Gebrauch beitragen.

Auch eine noch so nachhaltige Abfallwirtschaft ist nicht in der Lage, das Problem von Verschwendung durch Konsum zu lösen. Akteure der Abfallwirtschaft müssen mit dem Material arbeiten, was sie bekommen – sollten aber dafür eintreten, dass gebrauchte Produkte in Zukunft wesentlich besser verwertet werden können.

These 4: Indikatoren für nachhaltige Abfallwirtschaft müssen sich am Erfolg der Ressourcenschonung orientieren. Sie müssen zielgenau, repräsentativ und gut ermittelbar sein. Allgemeine Vorgaben wie die SDG's oder die deutschen Nachhaltigkeitsziele können die Richtung vorgeben.

In der Tab. 1 sind Indikatoren aufgeführt, die für eine Prüfung auf nachhaltiges Vorgehen in der Abfallwirtschaft geeignet sind, und die – meist qualitativ in Form von Indikationen – für die Prüfung von Verbesserungen in den drei WSK im Projekt eingesetzt wurden.





Allgemein	Strategisch	Ökologisch	Sozial	Ökonomisch
Substitutions- Quotient für einzelne Rohstoffe	Art d. Sekundär- rohstoffs	KEA/KRA im Vergleich Sek./Primärressource	Keine primären „conflict minerals“	Qualität des Sekundärrohstoffs
Gesamt-Rohstoff- produktivität		Netto-Emission an THG i. Vergleich Sek.- / Primärressource	Arbeitsplätze in der Sek.- Rohstoff-Branche	Betriebswirtschaftlich sinnvoller Prozess
Kaskadennutzung von Produkten bzw. Materialien		Ausschleusung v. Gefahrstoffen	Ausbildung und Verfügbarkeit v. Fachkräften	
		Verlust an Biodiversität durch Gewinnung d. Primärressource		

Tab. 1: Vorschläge für Indikationen bzw. Indikatoren für eine nachhaltige Abfallwirtschaft



3 Verwertung von Bau- und Abbruchabfällen

3.1 Die Wertschöpfungskette und die Akteure

Eine Initiative der Baustoffindustrie, der Bauwirtschaft und der Entsorgungswirtschaft veröffentlicht seit dem Jahr 2000 regelmäßig Monitoring-Berichte zum Aufkommen und zum Verbleib mineralischer Bauabfälle in Deutschland. Erfasst werden ungefährliche mineralische Abfälle von 15 Abfallschlüsselnummern, die zu fünf Fraktionen zusammengefasst werden. Der aktuelle Bericht mit den Zahlen für das Jahr 2016 wurde im März 2019 veröffentlicht.⁵ Im Jahr 2016 sind insgesamt knapp 215 Mio. t mineralischer Bauabfälle angefallen. Das ist mehr als die Hälfte aller in diesem Jahr erfassten Abfälle in Deutschland. Die Aufteilung dieser Menge auf die zusammengefassten fünf Fraktionen sowie die Verwertungswege sind in der Tabelle 2 aufgeführt.

Fraktion	Menge gesamt [Mio. t]	%	davon Recycling		davon Sonstige Verwertung		davon Beseitigung	
			Menge [Mio. t]	%	Menge [Mio. t]	%	Menge [Mio. t]	%
Boden und Steine	125,2	58,3	11,3	9,1	96,4	77,0	17,5	13,9
Bauschutt	58,5	27,3	45,5	77,7	9,4	6,1	3,6	6,2
Straßenaufbruch	16,0	7,4	15,2	96,4	0,4	2,5	0,4	2,1
Baustellenabfälle	14,3	6,7	0,2	1,6	13,9	97,0	0,2	1,4
Bauabfälle auf Gipsbasis	0,6	0,3	0,03	4,5	0,26	40,1	0,36	55,4
Summe	214,6	100,0	72,23	33,7	120,36	56,1	22,06	10,3

Tab. 2: Aufkommen und Verbleib mineralischer Bau- und Abbruchabfälle im Jahr 2016⁶

Das in obiger Tabelle für 2016 dargestellte Aufkommen entspricht mit leicht steigender Tendenz in etwa den langjährigen Durchschnittswerten. Etwa ein Drittel der Bau- und Abbruchabfälle wurden nach Aufbereitung als Recycling-Baustoffe (RC-Baustoffe) bzw. Recycling-Gesteinskörnungen (RC-GK) recycelt. Mehr als 56% der Bau- und Abbruchabfälle wurden zur Verfüllung oder für technische Deponiebauzwecke verwertet. Die gesamte Verwertungsquote betrug im Jahr 2016 mithin knapp 90%. Das klingt gut. Unbefriedigend ist jedoch der hohe Anteil der sonstigen und damit niederwertigen Verwertung, obwohl ein hoher Bedarf an Gesteinskörnungen vorhanden war.

Der Bedarf an Gesteinskörnungen – mineralische Primär-Rohstoffe - betrug im Jahr 2016 insgesamt 566,5 Mio. t.⁷ Die eingesetzten 72,2 Mio. t RC-Baustoffe bedeuten, dass nur 12,7% des Gesamtbedarfes an Gesteinskörnungen durch Recyclingmaterial gedeckt wurden. Geogene Gesteinskörnungen sind zweifelsohne weder strategisch wichtig, noch bringen sie einen hohen „Carbon footprint“ mit. Aber die Masse macht's. Und sie sind nicht unbegrenzt verfügbar. Ihr Abbau (Sandgruben, Kiesgruben, Kalksteinbrüche,...) wird weiterhin durch Zugänglichkeit, Wasserschutz-, Naturschutzgebiete usw. erschwert. Mittlerweile gibt es in Gebieten, in denen solche Abgrabungen neu erschlossen werden sollen, teilweise erhebliche Widerstände der Anlieger wie auch Konflikte zwischen den betroffenen Kreisen und den für die Sicherung der Flächen zuständigen Landesplanungsbehörden. Dies führt dazu,

⁵ Vgl. Mineralische Bauabfälle Monitoring 2016. Bericht zum Aufkommen und zum Verbleib mineralischer Bauabfälle im Jahr 2016, Hrsg.: Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden e.V. <http://www.kreislaufwirtschaft-bau.de/Arge/Bericht-11.pdf>, aufgerufen am 27.8.2019

⁶ Quelle: Zusammengestellt nach: Mineralische Bauabfälle Monitoring 2016, a.a.O., S. 6 ff

⁷ Vgl. ebenda, S. 11.



dass die Gewinnung primärer Rohstoffe schwieriger wird, und die Transportentfernungen zwischen Hersteller und Baustelle zunehmen.

Ein sehr unterschiedliches Bild ergibt sich für den Tiefbau einerseits und den Hochbau andererseits. Im Tiefbau werden die Einsatzmöglichkeiten von RC-Baustoffen bereits im großen Umfang genutzt. Im Hochbau dagegen werden zurzeit RC-Gesteinskörnungen (RC-GK) nur in wenigen Ausnahmefällen und meistens nur für Pilotvorhaben eingesetzt.

Unberücksichtigt ist bei den obigen Zahlen die Vorbereitung zur Wiederverwendung von Bauteilen, das ist nach der Abfallvermeidung und vor dem Recycling die zweithöchste Stufe der Abfallhierarchie. Es gibt in Deutschland viele regionale Bauteilbörsen, die sich zum Bauteilnetz Deutschland⁸ zusammengeschlossen haben. Die Bauteilbörsen bzw. Gebrauchtbauerteilmärkte bieten konstruktive Bauteile sowie Ausbauteile aus Holz (z.B. Stützen, Türen, Fenster), aus Stahl (z.B. Stützen, Riegel, Tragwerke) sowie aus Beton- und Stahlbeton (z.B. Stützen, Balken, Wandelemente) an, die für einen Wiedereinbau geeignet sind.⁹ Die Wiederverwendung von Bauteilen und die WSK von Bauteilbörsen/Gebrauchtbauerteilmärkte werden nachfolgend nicht betrachtet.

Im Folgenden befassen wir uns mit den Hinderungsgründen, die dem Durchbruch von RC-Gesteinskörnungen im Hochbau entgegenstehen. Der Leitfaden zeigt auf Basis der Erkenntnisse aus dem Projekt für die Wertschöpfungsstufen Rückbau, Aufbereitung und Einbau von RC-Gesteinskörnungen Wege zu nachhaltigerem Handeln durch die beteiligten Akteure auf. Wenn dies von möglichst vielen Akteuren aufgegriffen wird und bessere Kooperationsformen gefunden werden, wird die ganze WSK nachhaltiger gestaltet. Akteure, die durch ihr Handeln die Nachhaltigkeit in den Wertschöpfungsstufen beeinflussen sind:

- Öffentlicher bzw. privater Bauherr
- Planer
- Behördenvertreter, Baubehörde und Abfallwirtschaftsbehörde
- Abbruchunternehmer
- Recyclingunternehmer
- Bauausführende Unternehmen

Die Unternehmen sind meistens nur in einzelnen Wertschöpfungsstufen, also entweder für den Rückbau oder für die Aufbereitung oder für die Bauausführung tätig und nicht in der gesamten Wertschöpfungskette für den Einsatz von RC-Baustoffen und RC-Gesteinskörnungen.

3.2 Abbruch von Gebäuden

Die Wertschöpfungskette für den Einsatz von RC-Material im Hochbau beginnt beim Abbruch von Gebäuden. Beim Abbruch kommt es darauf an, die Bauabfälle in Vorbereitung einer Verwertung selektiv zurück zu gewinnen. Dieses

⁸ Vgl. http://www.bauteilnetz.de/bauteilnetz/website/stdws_adresse/bauteilboersen.html, zuletzt aufgerufen am 27.08.2019

⁹ Vgl. z.B. Jürgen Lippok, Dietrich Korth, Abbrucharbeiten: Grundlagen, Vorbereitung, Durchführung, 2014



Ziel wird erreicht, indem das Gebäude zunächst entrümpelt wird und vorhandene Schadstoffe ausgebaut und entsorgt werden. Im Anschluss wird die Rohbaukonstruktion zurückgebaut. Der Abbruch muss als „Rückbau“ erfolgen. Rückbau ist der selektive bzw. verwendungs- und verwertungsorientierte Abbruch. Ziel des Rückbaus ist es, die anfallenden Bauabfallfraktionen hochwertig zu verwerten.

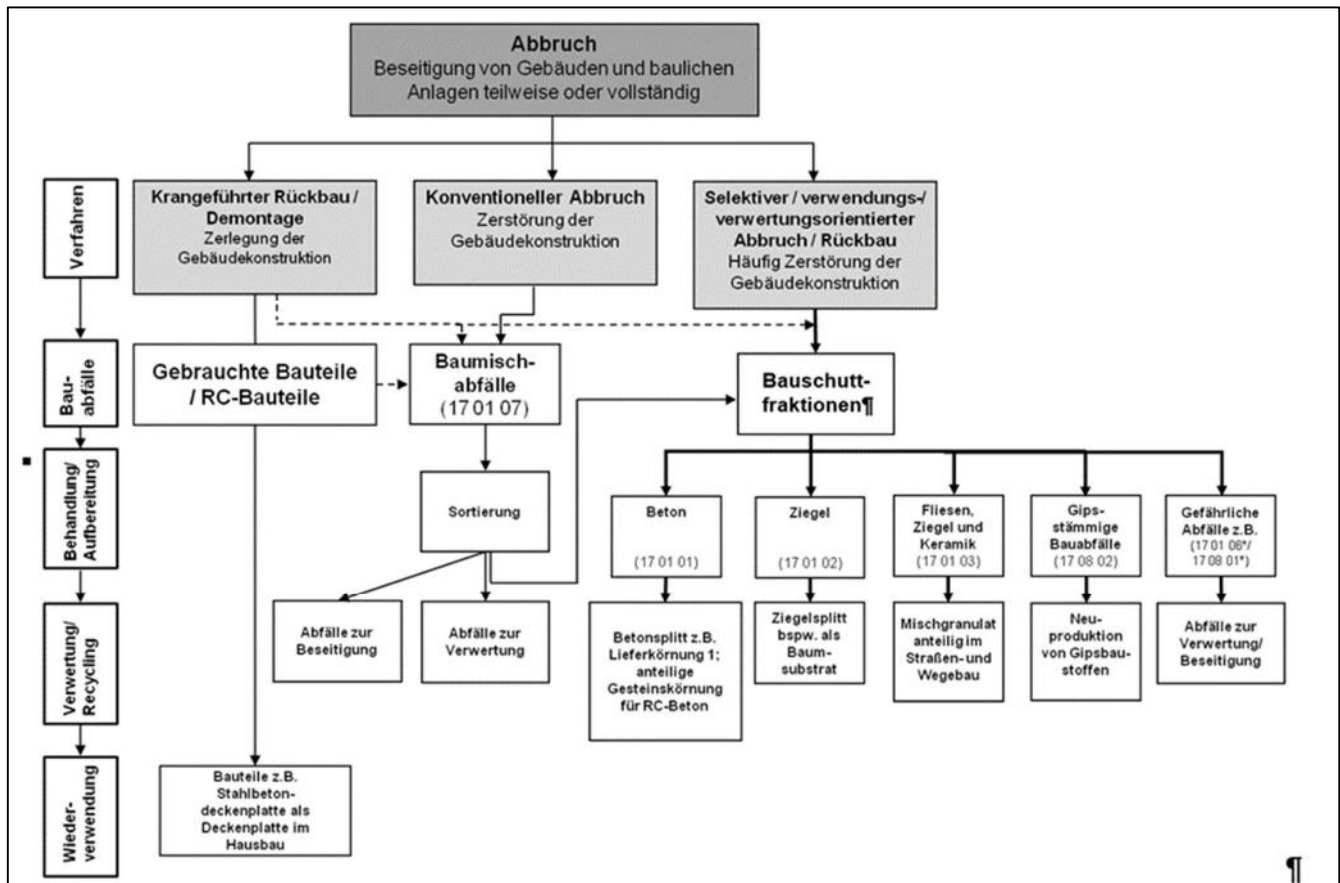


Abb. 1: Wertschöpfungskette Abbruch von Gebäuden – exemplarisch mit Beispielen¹⁰

In Abb. 1 ist die Wertschöpfungskette (WSK) beim Rückbau von Gebäuden dargestellt. Die getrennte Erfassung der Abfallfraktionen beim Rückbau ist eine unabdingbare Voraussetzung, um qualitätsgesicherte RC-Baustoffe aus Bau- und Abbruchabfällen herzustellen. Sind die Bauschuttfraktionen erst einmal vermischt, ist eine spätere saubere Trennung der einzelnen Fraktionen nicht mehr möglich. Weit verbreitet ist die Ansicht, dass der verwertungsorientierte Rückbau teurer ist als der konventionelle Abriss von Gebäuden. Generell stimmt das nicht, sondern muss im Einzelfall geprüft werden. Der verwertungsorientierte Rückbau ist mit einem höheren Personalaufwand verbunden als der konventionelle Abbruch von Gebäuden. Dagegen entstehen beim

¹⁰ Quelle: Mettke, vgl. Brandenburger Leitfaden für den Rückbau von Gebäuden, hrsg. vom Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft des Landes Brandenburg, Potsdam 2015



verwertungsorientierten Rückbau niedrigere Entsorgungskosten im Vergleich zum konventionellen Abbruch. Hohe Beseitigungskosten von gemischten Bau- und Abbruchabfällen begünstigen somit den verwertungsorientierten Rückbau und hohe Personalkosten wirken sich negativ auf die Wirtschaftlichkeit des verwertungsorientierten Rückbaus im Vergleich zum konventionellen Abriss aus. Angesichts des Mangels an Deponieraum (vorwiegend DK I) in einigen Bundesländern ist mit weiter steigenden Preisen für die Beseitigung zu rechnen. Eine verbesserte Trennung der Abfallfraktionen beim Rückbau ist daher nicht nur unter dem Gesichtspunkt der Einsparung natürlicher

„Unsere Strategie für die Zukunft ist, höherwertige Gesteinskörnungen aus Recycling-Material herzustellen. Dazu arbeiten wir mit Unternehmen zusammen, die den Rückbau von Gebäuden beherrschen, so dass wir auf saubere Fraktionen zurückgreifen können.“ Ben Gadegast, Prokurist bei Graf Baustoffe GmbH

Ressourcen notwendig, sondern heute und vor allem in Zukunft auch kostengünstiger als der konventionelle Abbruch.¹¹

Nachgefragt werden RC-Baustoffe von gleichbleibend hoher Qualität. Diese Anforderung des Marktes können die Bauabfall-Recyclinganlagen nur erfüllen, wenn von den Baustellen gründlich getrennte Fraktionen geliefert werden. Die verbesserte Trennung der Abfallfraktionen an den Abbruchbaustellen ist deshalb für die Steigerung des Einsatzes von RC-Baustoffen dringend notwendig.

¹¹ Ein Excel basiertes Werkzeug, mit dem die Massen und Kosten eines Gebäudeabbruchs einschließlich der Aufwendungen für die Entfernung und Entsorgung von schadstoffhaltigen Baustoffen und Bauteilen für den Rückbau und für den konventionellen Abbruch zu vergleichen, stellt das Deutsche Institut für Urbanistik im Rahmen des Projektes REFINA zur Verfügung, vgl. <https://refina-info.de/de/produkte/index0efc.html?productid=55>, aufgerufen am 30.08.2019.



Abb. 2: Beispiel für Rückbau eines Bürogebäudes, Berlin (Fa. Halter)

3.3 Logistik

Der Transport der getrennt erfassten Bau- und Abbruchabfälle von der Rückbaustelle zur Aufbereitungsanlage und von der Aufbereitungsanlage zur Baustelle bzw. der direkte Transport von der Rückbaustelle zur Neu- oder Umbaustelle beeinflusst sowohl die Wirtschaftlichkeit als auch auf die Umweltverträglichkeit des Recyclingprozesses. Für einen nachhaltigen Recyclingprozess kommt es auf kurze Transportwege an. Bau- und Abbruchabfälle von der Abbruchbaustelle oder RC-Baustoffe von der Recyclinganlage über 100 km oder mehr zu transportieren ist erstens teuer und zweitens ökologisch mit hohen Schadstoffbelastungen und weiteren Nachteilen, z.B. Lärmbelastungen verbunden und darum in der Regel nicht nachhaltig. Zu präferieren sind lokale Recyclingprozesse, z.B. im Umkreis von maximal etwa 30 bis 40 km. Kurze Transportwege durch eine optimierte Abfalllogistik haben eine hohe Bedeutung für die nachhaltige Verwertung von Bau- und Abbruchabfällen. So fällt die Treibhausgas-Bilanz für RC-Beton dann günstiger aus als die für Standardbeton, wenn „energetischen Vorteile... aus einer Verkürzung der Transportwege“ resultieren. „Somit ist die Verwendung von Betonsplitten vor allem in Gebieten mit einer geringen Dichte an Sand-, Kies- und Splittförderstätten und damit verbunden großen Transportentfernungen für natürliche Gesteinskörnungen sinnvoll. Dies gilt vor allem für große Ballungszentren...“¹²

¹² Heyn S, Mettke A: Ökologische Prozessbetrachtungen - RC-Beton (Stofffluss, Energieaufwand, Emissionen), BTU Cottbus, 2010



„Wir konzentrieren uns auf 8/16er und andere Recycling-Körnungen als Zuschlag für Transportbeton. In Kooperation mit unseren Partnern im Tiefbau versuchen wir, den Abstand zwischen dem Anfallort des Altmaterials und seiner Verwertung für neuen Hochbau möglichst kurz zu halten. Dabei hilft die Digitalisierung, aber es gibt auch Probleme u.a. beim Transfer großer Datenvolumina.“ Thomas Drechsler, Heim Deponie und Recycling

Ein Weg für die Optimierung des Logistikprozesses ist eine stärkere Kooperation zwischen den Akteuren, weil hierdurch zum Vorteil aller die Transportketten verringert werden können. Beispiel: Zwei Recyclingunternehmen „teilen“ sich einen Lieferauftrag für RC-Baustoffe, indem das Unternehmen A. Bau- und Abbruchabfällen im Unterauftrag vom Unternehmen B. aufbereiten lässt, weil die Recyclinganlage von B. auf dem Transportweg von der Anfallstelle des Recyclingmaterials zur Verwendungsbaustelle liegt.

Potenziale zur Logistikoftware bietet weiterhin die Digitalisierung. Zur Logistikoftware kommt es darauf an, dass auf Rückbaustellen bekannt ist, wo RC-Baustoffe eingesetzt werden können, und umgekehrt müssen bereits bei der Planung von Neu- oder Umbaumaßnahmen mit RC-GK Anfallstellen von geeigneten Bau- und Abbruchabfällen bekannt sein. Es kommt darauf an, dass die Akteure miteinander vernetzt sind und z.B. über eine Blockchain-Technik gemeinsam in einer Lieferkette arbeiten. Das führt zum Aufbau von Handels- und Vermittlungsplattformen.

3.4 Aufbereitung

Sortier- und Aufbereitungstechniken sind bei den Recyclingunternehmen vorhanden. Die Qualität der im Aufbereitungsprozess erzeugten Produkte hängt von der Qualität des Inputmaterials ab. Die Recyclingunternehmen brauchen deshalb ein zuverlässiges Kontrollverfahren für die Zulassung oder Zurückweisung von Anlieferungen am Tor, um eine qualitäts- und umweltgerechte Aufbereitung gewährleisten zu können. Bei der Annahmekontrolle hat der Betreiber einer Aufbereitungsanlage u.a. die Übereinstimmung des Abfallschlüssels des Inputs mit den in der Genehmigung der RC-Anlage ausgewiesenen Abfallschlüssel zu prüfen.¹³

Im Jahr 2014 hat die MUEG Mitteldeutsche Umwelt- und Entsorgung GmbH, die als eines der Partnerunternehmen am Projekt „Nachhaltigkeitskommunikation in der Abfallwirtschaft“ mitarbeitet, eine Gipsrecyclinganlage mit einer genehmigten Jahreskapazität von 50.000 t in Betrieb genommen (Abb. 3). Unter anderem werden Bauabfälle auf Gipsbasis (ASN 17 08 02) mit einem Gipsanteil von 80% und mehr zu hochwertigen Recyclinggips verarbeitet, welches den Produktstatus hat und die Qualitätsanforderungen der Gipsindustrie erfüllt.¹⁴

¹³ Vgl. Brandenburger Leitfaden „Qualitätssicherung für RC-Baustoffe“, hrsg. vom Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft des Landes Brandenburg, Potsdam 2018, S. 16

¹⁴ Vgl. <https://www.mueg-gipsrecycling.de/>, aufgerufen am 29.8.2019.

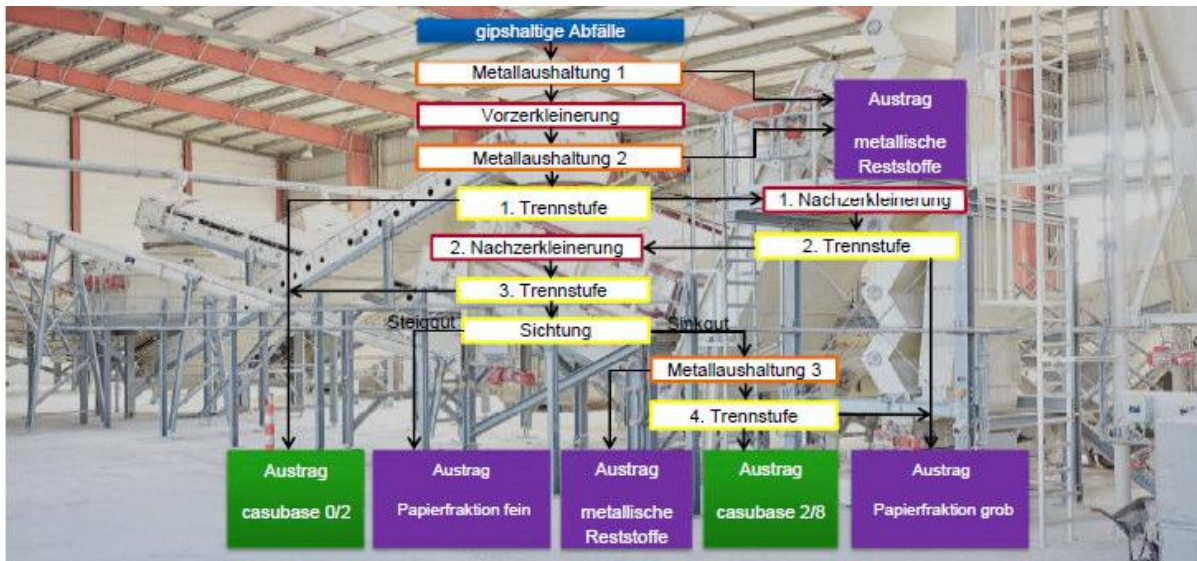


Abb. 3: Aufbereitungsschema für Abfallgipse; im Hintergrund die Gipsrecycling-Anlage der MUEG in Großpösna

Das Weimarer Institut für angewandte Bauforschung hat ein innovatives Verfahren zur Herstellung von Leichtgranulaten aus Bauschuttgemisch entwickelt.¹⁵ Ziegel und andere Wandbaustoffe sowie Mörtel und Putz werden zerkleinert und klassiert und danach in einem speziellen Drehrohrofen thermisch behandelt. Herauskommen soll ein hochwertiges Leichtgranulat, welches aufgrund des sehr kostengünstigen Recyclingverfahrens preisgünstiger angeboten werden kann als natürlich vorkommender Rohstoff. Zusätzlich wird in dem thermischen Prozess Gips als Recyclinggips zurückgewonnen. Interessant ist an diesem Verfahren, dass gerade solche Fraktionen der mineralischen Bau- und Abbruchabfälle recycelt werden sollen, die bei den herkömmlichen mechanischen Verfahren Probleme aufwerfen. Für weitere Aussagen zur ökonomischen und ökologischen Vorteilhaftigkeit des Verfahrens müssen zunächst die Ergebnisse der anstehenden Versuchsphase abgewartet werden.

Hochwertige Verwertungswege fehlen für die Feinfraktion < 2mm, die bei der mechanischen Aufbereitung von Bau- und Abbruchabfällen automatisch anfallen. Das Fraunhofer-Institut für Bauphysik entwickelt im FuE-Projekt „BauCycle“ wirtschaftliche Verwertungsoptionen für die heute nicht nutzbaren Feinfraktionen. Die weiteren Forschungs- und Versuchsergebnisse müssen abgewartet werden.¹⁶

¹⁵ Vgl. <https://www.abbruch-mv.de/2019/06/11/pilotanlage-baureststoff-recycling-forscher-wollen-quantensprung-schaffen/>, aufgerufen am 29.8.2019.

¹⁶ Zur weiteren Beschreibung des Verfahrens vgl. <https://www.baucycle.de/>, aufgerufen am 26.08.2019.



3.5 Vermarktung

Für die Vermarktung ist die Gütesicherung von RC-Baustoffen wichtig.¹⁷ Die Kunden verlangen zuverlässig hohe Qualitäten, schon um spätere eventuellen Haftungsproblemen aus dem Weg zu gehen. Die Einstufung als RC-Baustoff setzt voraus, dass es sich um geprüfte, gütegesicherte und zertifizierte Materialien handelt. Ziele der Gütesicherung von RC-Baustoffen sind der Nachweis der Bautaughkeit und der Nachweis der Umweltverträglichkeit. Die Gütesicherung stellt die Konformität der hergestellten RC-Baustoffe und RC-Gesteinskörnungen mit den geltenden bau- und umwelttechnischen Regelwerken sicher.¹⁸ Die Gütesicherung, die es vergleichbar beim Einsatz von primären Rohstoffen nicht gibt (!), ist teuer und ein wesentlicher Kostenfaktor für RC-Baustoffe. Sie ist unumgängliche Voraussetzung für die Vermarktungsfähigkeit der RC-Baustoffe.

RC-Baustoffe werden an private und an öffentliche Bauherren vermarktet. Private Bauherren richten sich bei ihrer Kaufentscheidung in der Regel nach dem niedrigsten Preis oder den Empfehlungen ihrer Architekten, die sich aber

„Gipsrecycling aus Abbruchmaterial ist ein gutes Beispiel für funktionierende Kreislaufwirtschaft. Unser RC-Gips erfüllt die Qualitätsanforderungen der deutschen Gipsindustrie und hat den Produktstatus. Wir könnten mehr Material absetzen, wenn nicht viele Entsorgungsunternehmen den billigen Weg in ausländische Deponien gehen würden.“ Jörg-Michael Bunzel, Prokurist bei der MUEG, Geschäftsbereichsleiter TED (siehe Abb. 3 und 4)

oft nicht mit dem ökologischen Hintergrund der Materialien befassen. Öffentliche Bauherren müssen die Wirtschaftlichkeit des Einsatzes von RC-Baustoffen ermitteln und dabei neben dem Preis Nachhaltigkeitskriterien wie Ressourceneffizienz, Primärenergieverbrauch und Klimaschutz berücksichtigen. Dies wird im folgenden Kapitel beschrieben.

Die klassischen Anwendungsfelder für RC-Baustoffe sind der gebundene oder ungebundene Einsatz im Straßen- und Wegebau, der ungebundene Einsatz im Erdbau und der gebundene Einsatz im Betonbau. Weitere Anwendungsfelder, die in letzter Zeit an Bedeutung gewonnen haben, sind der Garten- und Landschaftsbau und die Verwendung als Füllmaterial für Gabionen.

Wie im Kapitel 2.1 genannt, ist der Bedarf an Gesteinskörnungen mit zurzeit mehr als 560 Mio. t pro Jahr immens. Nur ein geringer Anteil dieses Bedarfs wird durch Recyclingmaterial gedeckt.¹⁹ Um bestehende Informationsdefizite bei Architekten und Planern abzubauen und dadurch die Marktakzeptanz für RC-Baustoffe zu steigern, sind Weiterbildungs- und Informationsmaßnahmen wünschenswert.

¹⁷ Die Gütesicherung besteht aus der Qualitätssicherung und der Zertifizierung. Vgl. Brandenburger Leitfaden „Qualitätssicherung für RC-Baustoffe, a.a.O., S. 11

¹⁸ Vgl. ebenda, 7 ff.

¹⁹ Vgl. hierzu auch Dirk Röth, Einsatzpotentiale von mineralischen Baustoffen in Theorie und Praxis, in: Müll und Abfall, Oktober 2015, S. 559 ff.



Abb. 4: Gipsabfälle und RC-Gips (Fotos:MUEG)

3.6 Rechtliche Probleme, Vollzugsmängel

Rechtliche Fragestellungen und Vollzugsprobleme, die einem nachhaltigeren Ansatz entgegenstehen und die in den vorhergehenden Abschnitten bereits teilweise angesprochen wurden, sind in der nachfolgenden Tabelle 3 zusammengefasst.

Tab. 3: Rechtliche Fragestellungen aus der WSK Mineralische Abfälle

Bereich	Gesetzliche Lücken / Überregulierung	Mängel im Vollzug	Unklare oder wechselnde Vorgaben	Akteure Wer macht was?
Allgemein	<p>Rahmenbedingungen für Rückgewinnung von Ressourcen verbessern (höhere Transparenz, Bevorzugung von Sekundärrohstoffen in der öffentlichen Beschaffung)</p> <p>„Kreislaufwirtschaft“ bedarf intensiver Kommunikation zwischen beteiligten Akteuren (siehe Kap. 2.1). Compliance-, Vergabe- und Wettbewerbskriterien sind dafür oft zu streng.</p>	<p>Transparenz in den Wertschöpfungsketten kann durch Digitalisierung deutlich verbessert werden. Wichtig: einheitliche Protokolle für die Datendokumentation</p>	<p>Schnittstellen zu anderen Rechtsbereichen (WHG, BBodSchG, BImSchG, ChemG, Bautechnische Anforderungen) z.T. unübersichtlich. Behindert, keineswegs immer auf Grund eines Risikos berechtigt, die Verwertung von Material aus Abfällen.</p>	<p>Stetige Arbeit auf der Verbände-Ebene (VKU, BDE, bvse, ITAD, etc.) in Berlin wie Brüssel. In den Medien klar machen, dass wer Recycling will auch Produkte mit RC-Material kaufen muss.</p>
Rückbau	<p>Keine gesetzlichen Vorgaben für einen verwendungs- und verwertungsorientierten Rückbau.</p> <p>VDI-Richtlinie 6210 „Abbruch von baulichen und technischen Anlagen“ macht Vorgaben einschl. für ein Entsorgungskonzept.</p>	<p>Einwirkungsmöglichkeiten auf Landes- und Kommunalebene werden nicht genutzt.</p> <p>Vielfach Genehmigung ohne Abfall-Konzept, damit konventioneller Abbruch. Abfallkonzept muss bei Abbruch immer gefordert werden.</p>		<p>BGRB Bundesgütegemeinschaft Recycling-Baustoffe e.V. und Baustoff Recycling Bayern e.V.</p>
Getrennthaltungspflicht	<p>Strikte Getrennthaltungspflichten gemäß § 8 Abs. 1 Gewerbeabfallverordnung (GewAbfV).</p> <p>Gilt für zehn ASN-Bauabfälle, darunter, mit der Novellierung der GewAbfV 2017 neu eingeführt für Baustoffe auf Gipsbasis (ASN 170802)</p>	<p>Getrennt erfasste Gipskartonplatten werden nachträglich vermischt und dann zur Verfüllung von Gruben nach grüner Liste ins Ausland exportiert.</p> <p>Mangelhafter Vollzug der GewAbfV</p>		<p>Regeln zur Getrennthaltung ggf. ausbauen; Vollzug GewAbfV einfordern (BDE, bvse).</p> <p>Lobbying bei LAGA und Bauminister-Konferenz</p>
Dokumentationspflicht	<p>Dokumentationspflicht gemäß § 8 Abs. 3 GewAbfV entspricht Vorlage eines Abfall-Konzeptes.</p>	<p>Dokumentationspflicht wird nicht nachgehalten.</p>		<p>Vollzug GewAbfV einfordern (BDE, bvse).</p>

Bereich	Gesetzliche Lücken / Überregulierung	Mängel im Vollzug	Unklare oder wechselnde Vorgaben	Akteure Wer macht was?
Öffentliche Ausschreibungen	Vergaberecht ermöglicht die Bevorzugung von RC-Baustoffen bei öffentlichen Ausschreibungen. ²⁰ Notwendig ist eine verbindliche Regelung für die Bevorzugung von RC-Baustoffen; mindestens Gleichstellung von primärem und RC-Material	KrWG und Landes-AbfG sowie EU-BPVO: Bevorzugung von RC-Baustoffen für die öffentl. Hand, meist als Soll-Vorschrift, wird aber nicht eingehalten.	Unterschiedliche Vorgaben in den einzelnen Bundesländern. Berlin bereitet eine Novellierung des BerI AVG für 2020 vor. Hierin soll einen Mindest-Rezyklatanteil von 45% für Hochbauten ab 10 Mio. EURO vorgeschrieben werden.	Novellierung §§ 14, 45 KrWG in Vorbereitung Bisher: Prüfungspflicht; künftig: Konditionierte Bevorzugungspflicht.
Markt für Sekundär-Baustoffe (Körnungen)	Unwägbarkeiten aufgrund von Gesetzesvorhaben. MantelVO könnte zu erheblichem Einbruch bei der Verwendung u.a. von MV-Schlacken und RC-Baustoffen führen.		Unterschiedliche Vorgaben für Beschaffung von RC-Material bei Ausschreibungen durch öffentl. Hand; produktneutrale Ausschreibung notwendig.	bvse u.a. Kies-/Sandmangel einerseits und drohende MantelVO nutzen, um RC-Baustoffe nach vorne zu bringen.
	Bundesweit einheitliche Regelungen für den Einsatz von mineralischen Ersatzbaustoffen sowie für den Einsatz von RC-Baustoffen. Vereinfachung der Güteüberwachung erforderlich		Unterschiedliche Regelungen für Anwendungsfälle und für Grenzwerte nach Bundesländern; Zielkonflikte werden oft nur aus einer Perspektive betrachtet; Abwägung Ressourcenschonung gegen z.B. hohes Grundwasserschutz-Niveau etc. fehlt. (Ökoeffizienz-Vergleich)	Gemeinsame Position der Verbände in Richtung DStT, LAGA, BMU. Produkt-Status für bestimmte Körnungen bzw. Qualitäten?

²⁰ Vgl. Brandenburger Leitfaden „Ausschreibungen“, hrsg. vom Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft, 2017

Bereich	Gesetzliche Lücken / Überregulierung	Mängel im Vollzug	Unklare oder wechselnde Vorgaben	Akteure Wer macht was?
Einsatz von (vorbehandelter) MV-Schlacke im Tiefbau	Bei Einstufung von MV-Schlacke als gefährlicher Abfall droht Kompletterverlust der Verwertungswege trotz kontinuierlicher Verbesserung der Schlackenaufbereitung.		Einstufung der MV-Schlacke nach EU-Gefährlichkeitskriterien bisher unklar (Artefakt des Verfahrens!)	Gemeinsame Position ITAD, BDE, bvse, VKU nötig



Strikte Getrennthaltungspflichten sind gesetzlich verankert, werden aber nicht nachgehalten. Gemäß § 8 Abs. 1 Gewerbeabfallverordnung (GewAbfV) ²¹ müssen bestimmte Bau- und Abbruchabfälle getrennt gesammelt und befördert werden. Hierzu gehören seit der Novellierung der GewAbfV im Jahr 2017 auch Baustoffe auf Gipsbasis (ASN 170802). Dennoch fehlen den Recyclinganlagen Gipsabfälle, obwohl genügend Mengen Abfallgips in der benötigten Qualität anfällt. Der Grund hierfür ist einfach: Abfall sucht sich den billigsten Weg. Daran hat sich auch nach dem Inkrafttreten der GewAbfV am 1.8.2017 nichts geändert. Die hochreinen Gipsabfallmengen werden mit minderwertigen Abfallprodukten vermischt, wie z.B. Gasbetonsteinen. Das entstehende minderwertige Gemisch kann nicht mehr zu vermarktungsfähigem Recyclinggips aufgearbeitet werden (vgl. auch Kapitel 2.4) und wird z.T. als Verfüllungsmaterial im Ausland „verwertet“. Grund hierfür ist der unzureichende Vollzug der GewAbfV.

Vollzugsdefizite bestehen ebenfalls bei der Kontrolle der Dokumentationspflicht gemäß § 8 Abs. 3 GewAbfV. Diese Dokumentationspflicht, die große Aufmerksamkeit erzeugte, als die GewAbfV novelliert wurde, entspricht praktisch der Vorlage eines Abfall-Konzeptes für die Rückbaustellen. Zur Umsetzung der Dokumentationspflicht gibt es Handlungshilfen einschließlich internetgestützter Instrumente²². Die Einhaltung der Dokumentationspflicht muss von den Aufsichtsbehörden nachgehalten werden, denn die Entsorgungsplanung mit Hilfe eines Abfall-Konzeptes ist eine wesentliche Voraussetzung für einen hochwertigen verwertungsorientierten Rückbau.

Im heutigen KrWG und in den Landesabfallgesetzen steht, dass die öffentliche Hand eine Vorbildfunktion hat und RC-Baustoffe bevorzugen soll. Das ist eine Soll-Vorschrift und „soll“ heißt „muss, wenn kann“. Dennoch wird die Vorschrift in der Praxis nicht eingehalten.

Das Land Berlin bereitet eine Novellierung des Berliner Ausschreibungs- und Vergabegesetzes (BerlAVG) vor. Es soll im BerlAVG verbindlich geregelt werden, dass bei Bauvorhaben ab 10 Mio. EUR Investition 45% Recyclingbeton eingebaut werden muss.

Auf Bundesebene wird zurzeit eine Novellierung des KrWG vorbereitet.²³ Ein wichtiger Teil sind neue Vorgaben für die Beschaffung der öffentlichen Hand durch die Novellierung des § 45 KrWG. Gemäß den Erläuterungen im Referentenentwurf wird aus der bisherigen Prüfungspflicht der öffentlichen Hand eine „Pflicht zur Bevorzugung von Erzeugnissen, die in besonderer Weise den Zielen der Kreislaufwirtschaft dienen“.²⁴ Dies gilt für Behörden des Bundes sowie für die der Aufsicht des Bundes unterstehenden juristischen Personen des öffentlichen Rechts, Sondervermögen und sonstigen Stellen.

4 Verwertung von Schlacken aus Müllverbrennungsanlagen

²¹ Vgl. Gewerbeabfallverordnung – GewAbfV, Abschnitt 3 Bau- und Abbruchabfälle

²² Vgl. z.B. Handlungshilfe zur Umsetzung der Gewerbeabfallverordnung auf gewerblichen Betriebsstätten“ vom 13.07.2017, hrsg. vom Zentralverband Deutsches Baugewerbe, Hauptverband der Deutschen Bauindustrie, Deutscher Abbruchverband und Bundesgütegemeinschaft Recycling-Baustoffe

²³ Vgl. Referentenentwurf eines Gesetzes zur Umsetzung der Abfallrahmenrichtlinie der Europäischen Union. Stand 5. August 2019.

https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Glaeserne_Gesetze/19_Lp/krwg_novelle/Entwurf/krwg_novelle_refe_bf.pdf, aufgerufen am 3.9.2019.

²⁴ Ebenda, S. 83



4.1 Die Wertschöpfungskette

Es gibt in Deutschland 96 thermische Abfallbehandlungsanlagen, das sind Müllverbrennungsanlagen (MVA) und Ersatzbrennstoffkraftwerke (EBS-Kraftwerke). Die Verbrennungskapazität beträgt insgesamt rund 25 Mio. t pro Jahr. Ca. 20% des Restabfalls ist im Durchschnitt mineralischer bzw. anorganischer Herkunft und fällt vorwiegend als Schlacke an. Während die Schlacke im Allgemeinen verwertet wird, können weitere anorganische Fraktionen (Flugstaub, Kesselasche, insgesamt etwa 1-2% bezogen auf den Input) auf Grund hoher Schadstoffbelastung nicht verwertet werden. Müllverbrennungsschlacken (MV-Schlacken) können als Baustoffe (Tragschicht) im Straßenbau sowie zur Geländeverfüllung im Tiefbau vermarktet werden. Sie ersetzen dort primäre mineralische Rohstoffe. Dazu bedarf es einer Vorbehandlung, nämlich

- Verringerung der Auslaugung von löslichen Bestandteilen (mindestens unter festgelegte Eluat-Grenzwerte), was in der Regel durch Lagern unter Luftzufuhr und Feuchtigkeit („Schlackealterung“) durch Bildung von Carbonaten und Hydratation erreicht wird,
- Abtrennen von Metallen aus der Schlacke durch mehrstufiges Aufmahlen und Einsatz von physikalischen Sortierverfahren,

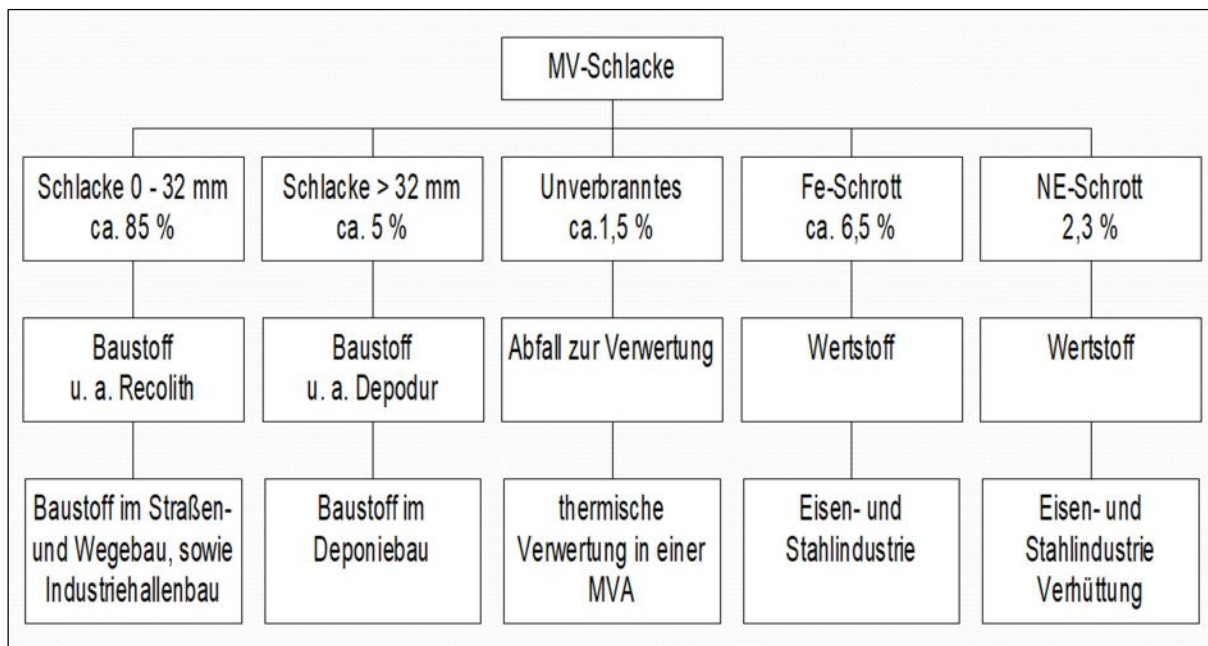


Abb. 5: Wertschöpfungsstufen der Aufbereitung von MV-Schlacken²⁵ (Hinweis: die Beseitigung von unverbrannten Anteilen ist ein Kostenfaktor)

Die Abtrennung der Metalle wird angesichts tendenziell steigender Preise immer interessanter; auf der anderen Seite können dadurch die Grenzwerte für eluierbare Metalle in den Baustoffen leichter eingehalten werden. (Weitere

²⁵ Quelle: Auskunft C.C. Umwelt AG, 2018

gefördert durch



Deutsche
Bundesstiftung Umwelt

www.dbu.de



Einzelheiten zum Aufbereitungsprozess s.u.) Im Jahr 2014 fielen 5,3 Mio. t MV-Schlacken an. Die Abb. 6 zeigt den Eingangsteil einer Aufbereitungsanlage auf neuestem Stand der Technik..



Abb. 6: Teilansicht der STRATEGO-Anlage zur Rückgewinnung von Metallen aus MVA-Schlacken (Foto: CC Umwelt)

4.2 Logistik der Baustoff-Verwertung

Die Baustoffe können wegen ihres relativ geringen Wertes nur regional vermarktet werden. Hilfreich sind gewachsene Geschäftsbeziehungen zwischen den Anlagen zur MV-Schlacken- Aufbereitung und entsprechenden Abnehmern im Straßen- und Infrastrukturbau, die ein gut definiertes Material gleichbleibender Qualität benötigen. Potenziale zur Logistiko Optimierung bietet die Digitalisierung. Ähnlich wie bei den Bau- und Abbruchabfällen kommt es darauf an, dass die Akteure miteinander vernetzt sind. Dies kann durch den Aufbau von Handels- und Vermittlungsplattformen erleichtert werden, an denen sich Akteure der Abfallwirtschaft frühzeitig beteiligen sollten. Mittelfristig ist zu prüfen, ob Blockchain-Technik in den entsprechenden Lieferketten einsetzbar ist.

4.3 Aufbereitung für die Metallrückgewinnung

In früheren Jahren war lediglich die Abtrennung von Fe-Schrotten aus der MV-Schlacke möglich; zumeist handelt es sich dabei um größere Teile (Federkerne, Moniereisen, Kochtöpfe etc.) Prinzipiell ist aber im Input einer MVA das gesamte Periodensystem vertreten, also auch wertvolle und ggf. seltene Nichteisen (NE)-Metalle. Mit den konventionellen Methoden sind etwa 50% des Potenzials an Metallen erschließbar.²⁶ Die Technik für die

²⁶ Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hrsg.): Sekundärrohstoffe in MVA-Aschen (2015)



Rückgewinnung von NE-Metallen aus MV-Aschen hat in den letzten zehn Jahren aber große Fortschritte gemacht. Der Schlüssel liegt in der Erkenntnis, dass

- sich die meisten NE-Metalle in der Schlacke-Fraktion anreichern und
- und dass sie vor allem aus dem feinen Korn der Schlacke abgetrennt werden müssen.

So erfasst man bei einer Korngröße von 80 mm erst ca. 18%, aber unter 20 mm ca. 78% der NE-Metalle.²⁷ Aus diesem Feinkorn lassen sich vor allem Aluminium, Kupfer und Zink gewinnen. Seltene Metalle wie Indium lassen sich nach diversen Aufbereitungsschritten aus Fraktionen < 5 mm abtrennen.²⁸ Diese und weitere Forschungsarbeiten gaben Anlass zur Optimierung der Aufbereitung von MV-Schlacken. Eine Schwierigkeit besteht darin, dass bei Maximierung der Metallrückgewinnung durch die Feinzerkleinerung der Mineralmatrix die Eignung der Schlacke als Baustoff beeinträchtigt wird. Zweifelsohne liegt der Hauptteil der Wertschöpfung jetzt in den Metallen²⁹; allerdings versuchen die Aufbereiter, beide Ziele durch eine „ausgefuchste“ Kombination von Aufbereitungsschritten auch nebeneinander zu realisieren. Dazu zählen Brecher und Mühlen, Siebe, Windsichter, Überbandmagnete und Wirbelstromabscheider. Eine derartige Anlage wurde soeben von dem Projektpartner C.C. Umwelt GmbH in Betrieb genommen. Natürlich müssen die damit erhaltenen Schrotte und Metallkonglomerate in den entsprechenden Metallhütten weiter aufbereitet werden, bevor sie Primärmetalle substituieren. In einem weiteren Schritt soll der Anlagenbetrieb durch Digitalisierung optimiert werden.

In Deutschland werden Schlacken nass abgeschieden, um die bei der Trockenentschlackung hohe Staubbelastung zu vermeiden. Dies kann allerdings wegen der schlagartigen Abkühlung der Reststoffe zur Versinterung führen und damit u.a. zur Oxidation von Metallen sowie zur Verkapselung der Metalle in mineralischer Matrix. Auf lange Sicht könnten die trockene Abscheidung von MV-Schlacken sowie die biologische Laugung der geeigneten Kornfraktionen

„Die Rückgewinnung von immer mehr hochwertigen Metallen aus MVA-Schlacken treibt uns an. Wir schonen damit Ressourcen, verlängern die Gebrauchsdauer von Metallen und tun damit beachtliches für den Klimaschutz, verglichen mit den klassischen Aufwendungen zur Exploration, der Verarbeitung und des Transports von Erzen zur Metallherstellung. Mit unserer neuen Anlage STRATEGO stoßen wir in technisch bisher nicht erreichte kleine Korngrößen und Qualitätsstufen für Edelmetall vor. Damit erhöhen wir entscheidend den Anteil an NE-Metallen, die in europäischen Schmelzwerken direkt wieder eingesetzt werden können. Nach einer Berechnung der Prognos AG Düsseldorf für unser Projekt aus Juli 2019 generiert allein unser Werk STRATEGO ein Äquivalent von ca. 100.000 Tonnen CO₂ im Jahr.“ (Dieter Kersting, Geschäftsführer CC Umwelt und CEO der CC-Gruppe)

die

Ausbeute an Metallen insgesamt noch verbessern.³⁰

²⁷ R. Gillner et al.: NE-Metallpotenzial in Rostaschen aus Müllverbrennungsanlagen. World of Metallurgy – ERZMETALL 64 (5), 5-13 (2011)

²⁸ L.S. Morf u.a.: Precious metals and rare earth elements in municipal solid waste – Sources and fate in a Swiss incineration plant. Waste Management 33, 634–644 (2013)

²⁹ R. Bunge: Recovery of Metals from Waste Incinerator Bottom Ash.

https://www.umtec.ch/fileadmin/user_upload/umtec.hsr.ch/ueber_uns/unser_Team/Metals_from_MWIBA_2016.pdf

³⁰ P. Quicker u.a.: Möglichkeiten einer ressourcenschonenden Kreislaufwirtschaft durch weitergehende Gewinnung von Rohstoffen aus festen Verbrennungsrückständen aus der Behandlung von Siedlungsabfällen. (Hrsg.: Umweltbundesamt, UBA- FB 3713 33 303) Dessau 2016



Für Schlacke ab 2 mm ist die Aufbereitungstechnik heute vorhanden. Aktuell steht die Optimierung im Feinkornbereich im Mittelpunkt, auch mit dem Ziel, die bautechnischen Eigenschaften der mineralischen Fraktionen nicht zu verschlechtern, sondern möglichst noch zu verbessern.

4.4 Marktentwicklung

Mit der verfügbaren Technik zur Rückgewinnung von Metallen dürfte die etwa in Japan realisierte Verglasung der Schlacken für die europäische Diskussion endgültig vom Tisch sein. Die Verglasung hat den Vorteil, dass die entstehenden Produkte keine Salze oder gar Metalle auslaugen; andererseits benötigt dieses Verfahren große Mengen an Energie, und es entfällt damit die Möglichkeit der Rückgewinnung von Metallen.

Die Entwicklung des Inputs an Restabfällen in MVA'en ist grundsätzlich nicht bekannt. Für Investitionsentscheidungen und den Verkauf der mineralischen Produkte und deren Qualitätssicherung ist aber eine verlässliche stoffliche Zusammensetzung der Rohschlacke wichtig. Der Anteil an Fe-Metallen im Input der MVA'en ging in den vergangenen zwanzig Jahren von etwa 5% auf 2% zurück. Auf der anderen Seite nimmt die Menge an NE-Metallen, die durch Produkte in Haushalte und Gewerbe gelangen zu. Auch ist mittelfristig nicht damit zu rechnen, dass die Systeme zur getrennten Erfassung oder Vorsortierung derart verbessert werden, dass der Anteil vor allem an NE-Metallen in der MV-Schlacke deutlich sinkt. So enthält der Restabfall nach verschiedenen Analysen zwischen 0,3 und 1,7% Elektroaltgeräte (siehe dazu auch der Leitfaden zu Elektroaltgeräten und Batterien). Hinzu kommen tendenziell steigende Weltmarktpreise vor allem für bestimmte NE-Metalle.

Ein nach wie vor großes Problem besteht in der teilweise fehlenden Akzeptanz für den Einsatz mineralischer Ersatzbaustoffe, also auch der MV-Schlacken bei potenziellen Anwendern/Kunden. Hier können nur Qualitätssicherung durch verbesserte und für Kunden transparente Güteüberwachung – am besten durch ein bundesweites Schlackenkontor – helfen.

Immer noch bestehende Benachteiligungen von RC-Material bei öffentlichen Ausschreibungen müssen abgebaut werden.

4.5 Rechtliche Probleme, Vollzugsmängel

Rechtliche Probleme und Vollzugsdefizite sind für die WSK mineralische Abfälle in der Tabelle 3 (vgl. Kapitel 2.6) zusammengefasst.

Durch die MantelV kann ggf. die Fertigschlacke 0 – 32 mm nicht mehr verwertet werden und müsste dann deponiert werden. Den Kompletterlust der Fertigungswege für Fertigschlacke würde ebenfalls die Einstufung der Schlacke als gefährliche Abfälle nach EU-Recht bedeuten.

Es gibt keine bundeseinheitliche Rechtslage zum Einbau von mineralischen Ersatzbaustoffen.

Noch ein Rätsel, das sich aus der jüngsten Rechtssetzung ergibt: Die aus MV-Schlacken gewonnenen Metalle werden bei der Berechnung von Recyclingquoten für Siedlungsabfall anerkannt, nicht aber die mineralische Fraktion.



5 Roadmap

Die hier beschriebenen Entwicklungen, Trends, Probleme, Risiken und Chancen sollten für zukunftsgerichtete Akteure in der Recycling-Branche Bau- und Abbruchabfälle sowie mineralische Industrieabfälle (Schlacken aus Müllverbrennungsanlagen) Anlass sein, entlang der WSK Kooperationen aufzubauen, wie dies in der Roadmap dargestellt ist (Abb. 7). Die Roadmap wurde aus den Erkenntnissen der Workshops im Projekt erstellt.

„Kooperation ist wichtig – in der Wertschöpfungskette vorwärts mit den Herstellern von Trockenbauplatten, der Düngemittelindustrie und jetzt auch mit den Produzenten von Gipsputzen. In der Wertschöpfungskette rückwärts brauchen wir Partner, die in einem Netzwerk Gipsabfälle möglichst sortenrein sammeln.“ Jörg Michael Bunzel. Geschäftsführer MUEG

Die Diskussionen im Projekt zeigten, dass die Herausforderungen durch Veränderungen in den Märkten und die Chancen der Digitalisierung im Unternehmen oft nicht angenommen werden, weil entsprechendes Know-How fehlt. Die Führungskräfte aus kleineren Unternehmen sind zudem stark in das operative Tagesgeschäft eingebunden, weshalb kaum Kapazitäten vorhanden sind, um Strategien für eine langfristig nachhaltigere Unternehmensaufstellung unabhängig aus eigener Kraft zu entwickeln.

Daher setzt der Ast „Kapazitäten“ auf ein Digitalisierungskonzept, der Ast „Märkte“ auf Marktanalysen und Kooperations-Workshops in der WSK; hierfür werden ein Personalkonzept wie auch interne Weiterbildung benötigt.

In der Aus- und Weiterbildung kommt das Thema Recycling-Baustoffe heute kaum vor. Die Diskussionen im Projekt haben diesen Mangel deutlich gemacht und zur Forderung nach Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen in der Bauwirtschaft speziell zur Herstellung und zum Einsatz von RC-Baustoffen geführt. Ein weiteres Schulungsthema ist die sozioökonomische Bewertung des Einsatzes von RC-Baustoffen im Vergleich zum Einsatz von Naturmaterialien. Ziel der Schulungen über die gesamte Wertschöpfungskette muss es sein, die Akteure in der Bauwirtschaft zur Steigerung der Ressourceneffizienz des Einsatzes von RC-Baustoffen zu schulen. Akteure sind öffentliche und private Bauherren, Architekten und Ingenieure, Abbruch-, Recycling- und Bauunternehmen sowie Labore für die Qualitätsüberwachung. Strategisches Ziel der Schulungen ist es, die Marktakzeptanz von RC-Baustoffen zu steigern. Als Voraussetzung für diese Schulungen müssen als Erstes Schulungsmaterialien für folgende Handlungsfelder geschaffen werden:

- Selektiver Rückbau von Gebäuden
- Optimierung der Logistik und Kooperation der Marktakteure
- Herstellungsverfahren der RC-Baustoffe
- Erschließung neuer Einsatzpotenziale für Recyclingbaustoffe und –Bauteile
- Qualitätssicherung für RC-Baustoffe
- Förderung des Einsatzes von RC-Baustoffen im öffentlichen Tief- und insbesondere im Hochbau
- Wirtschaftlichkeitsvergleich zwischen RC-Baustoffen und Naturmaterialien unter Berücksichtigung von ökonomischen, ökologischen und sozialen Faktoren



Für die Äste „Werte“ und „Staatliche Handlungsdefizite“ wird ein gemeinsames Vorgehen in einem Branchenverband mit möglichst vielen anderen Unternehmen empfohlen. Es sollte unbedingt eine bundesweite Vereinheitlichung der Gesetze und technischen Regelwerke erreicht werden. Ein bedeutendes Instrument hierfür ist die seit mehr als 10 Jahren in Vorbereitung befindliche MantelV. Außerdem sollte im Vergaberecht eine Bevorzugung von RC-Baustoffen verankert werden.

Abb. 7: Wie geht es weiter? Roadmap für Unternehmen der Recycling-Branche Bau- und Abbruchabfälle

