

Entwicklung in der Aufbereitungstechnik

Sebastian Rauscher

Zusammenfassung

Die Bau- und Recyclingindustrie befindet sich zurzeit in einer Phase des dynamischen Umschwungs. Angetrieben durch klima- und ressourcenpolitische Maßnahmen, allen voran die im August 2023 in Deutschland eingeführte Ersatzbaustoffverordnung, verschieben sich Masseströme und Aufbereitungsprozesse von Baustellen hin zu spezialisierten Recyclingzentren. Die Überwachung und Dokumentation mineralischer Ersatzbaustoffe ist ein zentraler Aspekt der Verordnung. Die Recyclingunternehmen können die gesteigerten Massen und komplexen Materialzusammensetzungen nur durch innovative Aufbereitungstechnik wieder hochwertig in den Stoffkreislauf zurückführen. Es existiert eine Vielzahl an Möglichkeiten Sekundärrohstoffe aufzubereiten, zu kontrollieren und zu behandeln. Die Heinrich Feeß GmbH & Co. KG (Feess) beteiligt sich aktiv an Forschungsprojekten, um innovative Wege in der Aufbereitungstechnik zu erkunden und die Herausforderungen der Praxis zu bewältigen. Dieser Text beleuchtet eine Auswahl an Projekten, die aktuell durch Feess bearbeitet werden. Vorgestellt wird das vielversprechende Projekt zur Karbonatisierung von Altbeton. Der Prozess, der auf der Umwandlung von Calciumhydroxid zu Calciumcarbonat basiert, kann dazu verwendet werden, umweltschädliches CO₂ in Recyclingprodukten zu binden. Die Karbonatisierung wird im großtechnischen Maßstab umgesetzt und in die logistischen Rahmenbedingungen eines Recyclingplatzes integriert. Ein weiteres Projekt befasst sich mit dem Aufbau einer effizienten Baustoffsortieranlage, um hochwertige Recyclinggesteinskörnungen herzustellen und die Recyclingquote zu erhöhen. Bei der Entwicklung dieser Anlage konnte Feess die jahrelange Erfahrung im Recycling von mineralischen Abfällen einfließen lassen. Ziel ist die maximale Wertschöpfung in einem wirtschaftlichen und in der Praxis umsetzbaren Rahmen. Ein drittes Projekt, KreisBau, konzentriert sich auf das Verwerten der feinkörnigen gemischten Bauschuttfraktion im Hochbau. Durch die Reduzierung des Sulfatanteils und die Entwicklung von RC-Bauprodukten wird ein geschlossener Stoffkreislauf angestrebt, um Ressourceneffizienz zu steigern und die Deponierungsrate zu minimieren. Insgesamt zeigen diese Forschungsprojekte das Bestreben Deutschlands, eine nachhaltige Kreislaufwirtschaft im Baubereich zu etablieren, indem innovative Technologien und Verfahren in der mineralischen Abfallaufbereitung vorangetrieben werden.

Schlagwörter: Mineralischer Abfall, Aufbereitungstechnik, Massenstrom, Kreislaufwirtschaft, Karbonatisierung, Recycling-Beton

Abstract

The construction and recycling industry is currently in a phase of dynamic change. Driven by climate and resource policy measures, above all the Substitute Building Materials Ordinance introduced in Germany in August 2023, mass flows and treatment processes are shifting from construction sites to specialised recycling centres. The monitoring and documentation of mineral substitute building materials is a key aspect of the ordinance. Recycling companies can only return the increased masses and complex material compositions to the material cycle in high quality by using innovative processing technology. There is a wide range of options for processing, checking and treating secondary raw materials. Heinrich Feeß GmbH & Co. KG (Feess) is actively involved in research projects to explore innovative ways of processing technology and to overcome the challenges of practical application. This text highlights a selection of projects that Feess is currently working on. The promising project for the carbonation of old concrete will be presented. The process, which is

based on the conversion of calcium hydroxide to calcium carbonate, can be used to bind environmentally harmful CO₂ in recycled products. Carbonation is being implemented on an industrial scale and integrated into the logistical framework of a recycling site. Another project is concerned with the construction of an efficient building material sorting plant to produce high-quality recycled aggregates and increase the recycling rate. Feess was able to utilise its many years of experience in the recycling of mineral waste in the development of this plant. The aim is to maximise added value within an economical and practical framework. A third project, KreisBau, focuses on the utilisation of the fine-grained mixed construction waste fraction in building construction. By reducing the sulphate content and developing RC construction products, the aim is to achieve a closed material cycle in order to increase resource efficiency and minimise the landfill rate. Overall, these research projects demonstrate Germany's endeavours to establish a sustainable circular economy in the construction sector by driving forward innovative technologies and processes in mineral waste processing.

Keywords: mineral waste processing technology, mass flow, circular economy, carbonatisation, recycled aggregate concrete

1 Einleitung

Die Aufbereitungstechnik von mineralischen Abfällen erfährt gegenwärtig eine faszinierende Dynamik, die durch mehrere Schlüsselaspekte vorangetrieben wird. Die im August 2023 in Kraft getretene Ersatzbaustoffverordnung [1] stellt eine maßgebliche Triebkraft dar, indem sie den Fokus verstärkt auf die Überwachung und die Dokumentation mineralischer Ersatzbaustoffe legt. Es ist zu erwarten, dass durch die Einführung der Ersatzbaustoffverordnung eine Verlagerung der Aufbereitungsprozesse von der Baustelle in Richtung Recyclingzentren erfolgen wird. In solchen designierten Aufbereitungszentren kann der vorgeschriebene Überwachungsaufwand einfacher und wirtschaftlicher umgesetzt werden. Des Weiteren hat man im Rahmen einer zentralisierten Aufbereitung die Möglichkeit, innovative Wege in der Aufbereitungstechnik voranzutreiben und in der Praxis zu etablieren.

Aufgrund der Komplexität der Materialien und den Anforderungen an das Recycling gewinnen innovative Aufbereitungswege zunehmend an Bedeutung. Beispielhaft wären hierbei neue Sortiertechniken, das Ausschleusen und Eliminieren von Schadstoffen, KI-gestützte optische Bildverarbeitung bei der Annahme von mineralischen Abfällen [2] und die Karbonatisierung von Recyclingmaterial zu nennen. Die Heinrich Feeß GmbH & Co. KG bringt sich als Pionier und Praxispartner in entsprechenden Forschungsprojekten ein. Die multidimensionalen Entwicklungen auf dem Gebiet des mineralischen Recyclings zeugen von einem zukunftsorientierten Ansatz in der Abfallwirtschaft und unterstreichen Deutschlands Bestreben, eine nachhaltige Kreislaufwirtschaft im Baubereich zu etablieren.

2 Aktueller Stand und Einfluss der Ersatzbaustoffverordnung

Bisher wurde ein Großteil der anfallenden Massen im Bereich Beton (AVV 170101) und Bauschutt (AVV 170107) direkt auf der Baustelle aufbereitet. Durch mobile Aufbereitungsanlagen wie Siebe und Brecher wurden sowohl zertifizierte Straßenbaustoffe als auch einfache Verfüllmaterialien vor Ort hergestellt. Üblicherweise genügte bis August 2023 eine einfache Deklarationsanalytik [3]. Bei speziellen bautechnischen Anforderungen, beispielsweise nach TL Gestein [4], war zusätzlich eine Baustoffprüfung notwendig. Der Umfang dieser Prüfungen war sowohl zeitlich als auch wirtschaftlich vertretbar. Durch die Aufbereitung direkt auf der Baustelle konnte Deponievolumen geschont und Transporte vermieden werden.

Mit dem Inkrafttreten der Ersatzbaustoffverordnung wurde eine Eignungsprüfung bei der Herstellung mineralischer Ersatzbaustoffe eingeführt. Um die Qualität der Recyclingmaterialien hoch und die Prozesse transparent zu halten, wurde eine Betriebsbeurteilung in Verbindung mit einer Erstprüfung bei jedem Wechsel der Baumaßnahme bei mobilen Aufbereitungsanlagen zur Pflicht [6]. Zusätzlich benötigen Aufbereiter ein System zur werkseigenen Produktionskontrolle (WPK) und eine Fremdüberwachung durch eine akkreditierte Prüfstelle. Im Vergleich zu den außer Kraft gesetzten Verordnungen steigt sowohl der zeitliche als auch der monetäre Aufwand bei der Überwachung eines bauseits hergestellten RC-Materials. Neben den mobilen Anlagen, die direkt am Ort des Abfallanfalls betrieben werden, sind von den verschärften Regelungen auch kleine Aufbereitungsplätze stark betroffen. So wird die Aufbereitung indirekt auf größere Recyclinghöfe verlagert, da der Aufwand für die Etablierung und das fachgerechte Betreiben eines WPK-Systems in größeren Maßstäben niedriger ist. Diese Verlagerung kann allerdings zur Folge haben, dass es zu einem erhöhtem Transportaufkommen bei mineralischen Abfallströmen kommt. Im ländlichen Raum kann diese Entwicklung bereits beobachtet werden. Mineralische Abfälle stellen über 50 % des gesamten Abfallaufkommens Deutschlands dar [6]. Um eine sinnvolle und nachhaltige Kreislaufwirtschaft zu erreichen, ist es deshalb zwingend notwendig ein flächendeckendes Netz von Recyclingzentren über die gesamte Bundesrepublik zu etablieren. Dabei sollte die Fläche eines Aufbereitungszentrums proportional zum Einzugsgebiet sein.

Als verantwortungsvolles Familienunternehmen ist Feess die Tragweite dieser Entwicklung bewusst. Im firmeneigenen Kompetenzzentrum für Kreislaufwirtschaft (K³) werden Schulungen und Beratungen angeboten, mit dem Ziel die durch jahrelange Praxis angeeignete Erfahrung an alle Interessierten weiterzugeben. Das K³ soll außerdem als Plattform für die Kreislaufwirtschaft der Vernetzung von Lehre, Forschung und Praxis dienen. Durch die Mitarbeit in unterschiedlichen Forschungsprojekten möchten wir einen Beitrag zur Transformation in Richtung nachhaltiger Kreislaufwirtschaft leisten und uns bestmöglich auf die Zukunft vorbereiten. Einige zentrale Aspekte dieser Bemühungen sind im Folgenden zusammengefasst.

3 Karbonatisierung

Im Bereich des Bauwesens wird der Begriff "Karbonatisierung" verwendet, um eine chemische Reaktion zu beschreiben, die in jedem Beton in Anwesenheit von Kohlendioxid und Feuchtigkeit stattfindet. Dabei wird aus dem Calciumhydroxid Ca(OH)_2 des Zementsteins unter Einwirkung von CO_2 Calciumcarbonat CaCO_3 , (...) gebildet. Diese chemische Umwandlung hat unmittelbar keinen schädlichen Einfluss auf den Beton. Tatsächlich kann die Bildung von Calciumcarbonat während des Karbonatisierungsprozesses zu einer Erhöhung der Festigkeit führen, was grundsätzlich als positiv betrachtet werden kann. Im Fall von Stahlbeton führt jedoch der durch diesen Prozess verursachte Verlust des alkalischen Milieus (Depassivierung) zur Korrosion der Bewehrung. Diese Bewehrungskorrosion kann zu erheblichen Schäden am Bauteil führen [7]. Bei Altbeton oder daraus hergestellten Recycling-Gesteinskörnungen spielt der pH-Wert allerdings nur eine untergeordnete Rolle, da dieser kaum Einfluss auf den pH-Wert eines daraus produzierten Betons hat.

In einem vom Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft geförderten Projekt setzt Feess in Zusammenarbeit mit dem Schweizer Start-Up Unternehmen Neustark den zuvor erprobten Karbonatisierungsprozess [8] in einem wirtschaftlich technischen Maßstab um. Die Karbonatisierung anfallender Restbetonmassen ist für Feess die logische Erweiterung der bestehenden Aufbereitungstechnik. Zur praktischen Umsetzung wurde eine Silo-Anlage gewählt. Diese ist effizient und platzsparend. Im silobasierten Karbonatisierungsprozess werden Betongranulat und weitere Recycling-Baustoffe während der Lagerung in Silokammern mit CO_2 behandelt. CO_2 wird dafür zunächst in verflüssigter Form angeliefert und in einem Tank gelagert. Vom Tank aus wird das Flüssiggas mittels eines atmosphärischen Verdampfers in die Gasphase umgewandelt und dann durch Injektionssysteme, die in den Silokammern montiert sind, präzise zugegeben. Die Prozesssteuerung erfolgt über eine Messung des CO_2 -Pegelstands im Silo. Zwischen Materialobergrenze und der oberen Siloöffnung ist eine Pufferzone von rund 1 m eingeplant, in welcher die CO_2 -Konzentration gemessen wird. Bei Erreichen eines definierten Füllstandes, wird die CO_2 -Zufuhr gedrosselt, bevor die Gefahr des CO_2 -Austritts über die Kammerbeschickungsöffnung entsteht. Um CO_2 -Verluste zu minimieren, sind die Abzugsförderbänder mit einem pneumatischen Klappen- und Abdichtungssystem versehen, welches sich immer

dann öffnet, wenn eine Materialentnahme aus dem Silo stattfindet. Die Anlage kann sowohl in einem kontinuierlichen als auch in einem Batchmodus betrieben werden. Im Batchmodus erfolgt die Behandlung mit CO_2 in allen Kammern gleichzeitig und typischerweise über Nacht. Im kontinuierlichen Betrieb erfolgt der Prozess auch tagsüber. Aus einer Kammer kann jeweils fertig behandeltes Material entnommen werden, während in mindestens einer Kammer die CO_2 -Zugabe erfolgt und eine weitere Kammer mit Material befüllt wird.

4 Baustoffsortieranlage

In Zusammenarbeit mit Anlagenbau Günther GmbH entwickelt Feess eine Anlage zur Aufbereitung heterogener mineralischer Bauabfälle. Zielsetzung ist der Aufbau und die Inbetriebnahme einer effizienten Sortieranlage (siehe Abbildung 1) für mineralische Abfälle zur Herstellung von hochwertigen Recyclinggesteinskörnungen. Bauschutt und Baugrubenaushub sollen durch umkehrbare Förderbänder flexibel aufbereitet werden können. Die Zielsetzung der Anlage ist eine Aufbereitungsquote von über 90 %. Bestehende Prozesse lassen nur eine Aufarbeitung von ca. 60 % zu, während die restlichen 40 % deponiert werden müssen. Dies wird durch die Konzeption als Gesamtanlage mit optimaler Regelung der Aggregate untereinander und durch die Integration neuer Aufbereitungswege der feinkörnigen Materialanteile erzielt. Da die neue Aufbereitungsanlage trotz größerer Heterogenität des Bauschutts eine effektive Aufbereitung erlaubt, kann zudem der Aufwand für den selektiven Gebäude-Rückbau reduziert werden. Somit wird der Druck von den Rückbaubauustellen genommen, die vor allem im innerstädtischen Bereich mit Platz- und Zeitmangel zu kämpfen haben.

Für eine nachhaltige Bauwirtschaft ist eine energie- und ressourcenschonende Materialverwendung maßgeblich. Hochwertiges Recycling von Baustellenabbruch, um diesen wieder in den Wirtschaftskreislauf der Baustoffe zu integrieren, ist von entscheidender Bedeutung. Bauschutt eignet sich in der Regel nicht für hochwertigere Tief- und Straßenbauanwendungen wie beispielsweise Tragschichten, weshalb sich in Deutschland die Verwertung des Abfallschlüssels 170107 standardmäßig auf die Herstellung reiner Verfüllmaterialien beschränkt. Angestrebt werden sollten aber hochwertige Verwendungsmöglichkeiten wie z. B. als Zuschlagsstoff für R-Beton. Dadurch kann das Abfallmaterial zu großen Teilen wieder im Hochbau eingesetzt werden. Solche Aufbereitungsverfahren werden aus wirtschaftlichen Gründen nur selten in Deutschland betrieben. Es existieren unterschiedliche Hemmnisse für Aufbereitung von Bauschutt zu RC-Gesteinskörnung:

- Die Verfahren sind häufig nicht robust genug gegenüber Störstoffen. Daher muss auf der Baustelle ein streng selektiver Rückbau vorgenommen werden, bei dem eine händische Vorsortierung durch das Baustellenpersonal erfolgt. Da Platz und Zeit für Abrissunternehmen oft sehr begrenzt sind, findet ein selektiver Rückbau oft nicht statt. Entstehender Bauschutt lässt sich folglich nicht mehr wirtschaftlich hochwertig recyceln.
- Die bestehenden Prozesse bei Feess erlauben nur ein Recycling von Bauschutt der Korngrößen > 10 mm. Die verwendeten Sink-Schwimm-Verfahren verschlammten bei feinen Korngrößen, da die Partikel nicht schnell genug sedimentieren. Somit lässt sich ca. 40 % des Abfallstromes nicht wiederverwenden. Dieser muss aktuell deponiert werden.

Ziel soll es daher sein, ein neues Aufbereitungsverfahren, welches bei Feess entwickelt wurde, in einer großtechnischen Anlage umzusetzen. Mit diesem Verfahren ist auch eine Aufbereitung von nur grob sortiertem Baustellenabbruch möglich. Außerdem soll die Korngrößenfraktion 2 mm bis 10 mm nutzbar gemacht werden. Allein die Fraktion < 2 mm muss z. T. abgetrennt und deponiert werden. Dadurch reduziert sich der Anteil an nicht verwendbaren und deponiertem Material von 40 % auf < 10 %. Die bestehenden Aufbereitungsschritte wie Siebe, Sink-Schwimm-Verfahren und Brecher werden optimiert, zusammengeführt und durch zusätzliche Anlagenteile ergänzt.

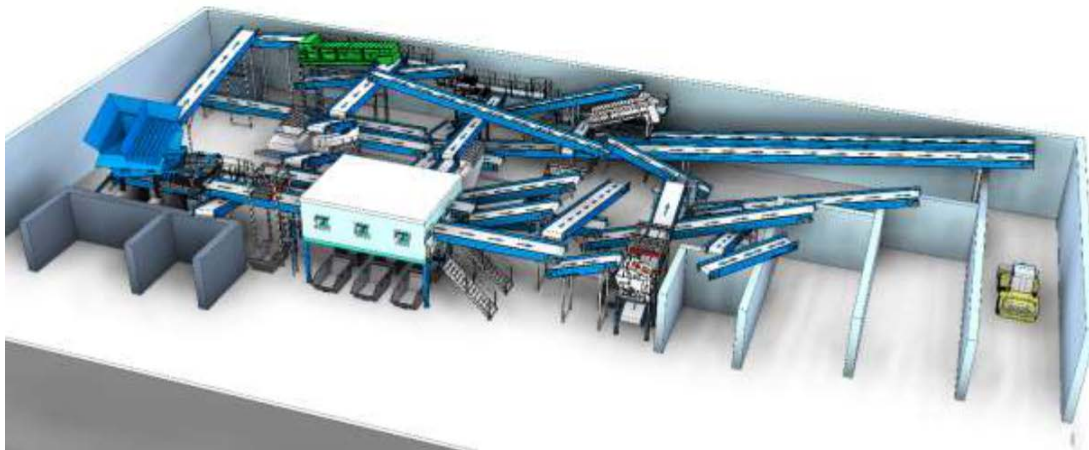


Abb. 1: Rendering Baustoffsortieranlage

Der sortierte Bauschutt wird weiter aufbereitet und anteilig als RC-Gesteinskörnung Typ 1 (90 % Beton, 10 % Bauschutt) und Typ 2 (70 % Beton, 30 % Bauschutt) nach DIN EN 12620 [9] an Betonwerke geliefert. Durch die Steigerung der Wertschöpfung kann langfristig auch eine erhöhte Nachfrage bedient werden. Durch die neue Anlagentechnik kann zwei bis drei Mal mehr Bauschutt im Recyclingpark aufbereitet werden.

5 KreiSBau - Projekt

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Im deutschen Bausektor fallen jährlich etwa 60 Mio. Tonnen Bauschutt an [5]. Bisher wurde gemischter Bauschutt (AVV 170107) in erster Linie zu Verfüllmaterial aufbereitet. Es existieren allerdings Bestrebungen, diesen Materialstrom verstärkt auch im Hochbau zu nutzen. Die Herstellung einer rezyklierter Gesteinskörnung des Typs 2 bringt aktuell aber nach wie vor ein Problem mit sich. Auch nach der Novellierung der DIN 1045-2 [10] kann die Fraktion 0/2 aus Bauschutt oder Typ 2 nicht in der Betonproduktion eingesetzt werden. Dies stellt ein immenses Hemmnis bei Baustoff-Recyclern dar, da bei der Aufbereitung ca. 30 % Feinanteil < 2 mm anfallen und diese zum aktuellen Zeitpunkt teuer entsorgt werden müssen. Der Fokus des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten KreiSBau Projekts liegt deshalb auf der Fraktion unter 2 mm, insbesondere auf Brechsanden gemischter Bauschuttfractionen mit heterogener Zusammensetzung und hohem Gipsanteil.

In einer Zusammenarbeit zwischen Heinrich Feeß GmbH & Co. KG, Leiblein GmbH, Leipfinger-Bader GmbH und dem Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IBP) soll ein großtechnisches Verfahren entwickelt werden, das den Sulfatanteil aus Mauerwerksabbruch minimiert. Das Verfahren basiert auf der Grundlage des am Fraunhofer IBP entwickelten ENSUBA Prozesses [11]. Zusätzlich sollen RC-Bauprodukte aus den behandelten Fraktionen entwickelt werden. Die betrachteten Anwendungen konzentrieren sich auf Mauerziegel und Betonsteine. Das mit Sulfat angereicherte Prozesswasser kann in der Landwirtschaft als Düngemittel eingesetzt werden. Alternativ wird untersucht, ob sich Sulfat rückgewinnen und somit wieder in der Gipsindustrie nutzbar machen lässt.

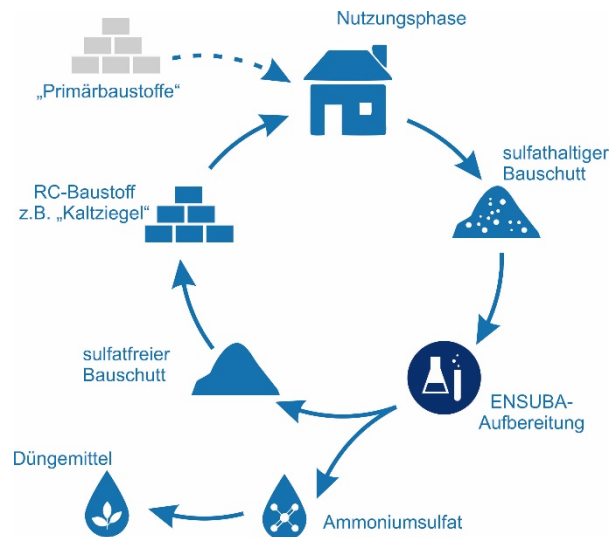


Abb. 2: Schematische Darstellung des angestrebten Entsulfatisierungsverfahrens (ENSUBA) [11].

Das Vorhaben zielt darauf ab, die Ressourceneffizienz im Baustoffbereich zu steigern und die Deponierungsrate von Bauschutt zu reduzieren. Durch die Optimierung von Wertschöpfungsketten und innovative Recyclingverfahren wird eine nachhaltige Rohstoffproduktivität angestrebt. Dies trägt zur Reduktion der Treibhausgasproduktion und somit zu den Zielen des Klimaschutzplans 2050 bei. Die wissenschaftlichen und technischen Ziele umfassen die Entwicklung von Anlagentechnik für die Fest-Flüssig-Trennung, die Bereitstellung dieser Technik für andere Bauschutt aufbereitungsunternehmen, den Einsatz von aufbereiteten RC-Sanden in ressourcenschonenden Ziegeln sowie die Nutzbarmachung eines bisherigen Abfallstroms durch Verringerung der Sulfatbelastung. Das Fraunhofer IBP konzentriert sich auf die Umsetzung eines im Labormaßstab entwickelten Verfahrens auf großtechnischer Ebene und die Gewinnung vertiefter wissenschaftlicher Erkenntnisse bei der Skalierung des Prozesses.

6 Fazit

Um unsere Klimaschutzziele zu erreichen, müssen wir unseren Umgang mit Ressourcen und Abfällen umdenken. Eine vollständig nachhaltige Kreislaufwirtschaft lässt sich in der Praxis nur mit innovativen Lösungen und neuen Ansätzen erreichen. Die aktuelle Dynamik in diesem Bereich ist in der Bau- und Recyclingindustrie durchaus spürbar. Um einen tatsächlichen Fortschritt zu erreichen, dürfen Forschungsergebnisse und Innovationen nicht in Schubladen verschwinden, sondern müssen durch Vernetzung ausgetauscht werden. Forschung und Praxis müssen eng zusammenarbeiten, damit praxisorientierte und progressive Lösungen für die aktuellen und zukünftigen Probleme gefunden werden. Feess steht dabei wie viele andere Unternehmen als Praxispartner zur Verfügung, um einem Fokus auf Praxis tauglichkeit und wirtschaftliche Umsetzbarkeit zu setzen. Die Ergebnisse und Erfahrungen werden im Kompetenzzentrum für Kreislaufwirtschaft in Kirchheim/Teck (K³) mit Interessierten geteilt. Das durch jahrelange Praxis angeeignete Wissen soll sowohl Schülern und Studenten als auch Unternehmen verfügbar gemacht und weitergegeben werden. Außerdem soll eine Plattform geschaffen werden, damit sich unterschiedliche Beteiligte vernetzen können.

7 Literatur

- [1] Ersatzbaustoffverordnung vom 9. Juli 2021 (BGBl. I S. 2598), die durch Artikel 1 der Verordnung vom 13. Juli 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 186) geändert worden ist
- [2] <https://www.dbu.de/news/effizientes-bauschutt-recycling/>
- [3] Vorläufige Hinweise zum Einsatz von Baustoffrecyclingmaterial vom 13. April 2004, Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg
- [4] TL G SoB-StB 20/23 Technische Lieferbedingungen für Baustoffgemische zur Herstellung von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau, Teil: Güteüberwachung
- [5] Allgemeine Anforderungen an die Güteüberwachung §4 Absatz 1 ErsatzbaustoffV
- [6] <https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/abfallaufkommen#deutschlands-abfall>
- [7] Verein Deutscher Zementwerke e.V.: Carbonatisierung des Betons. Einflüsse und Auswirkungen auf den Korrosionsschutz der Bewehrung, in beton 7-1972, S. 296-299
- [8] ifeu Heidelberg / Feeß Kirchheim/Teck / Holcim Stuttgart, R-Beton klimafreundlich und noch ressourcenschonender, Forschungsprojekt gefördert durch das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, 2023
- [9] DIN EN 12620:2013-07 Gesteinskörnungen für Beton; Deutsche Fassung
- [10] DIN 1045-2:2023-08 Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton - Teil 2: Beton
- [11] <https://www.ibp.fraunhofer.de/de/projekte-referenzen/ensuba.html>

8 Autor

Sebastian Rauscher M. Sc.

Heinrich Feeß GmbH & Co. KG
Heinkelstraße 2
73230 Kirchheim/Teck
sebastian.rauscher@feess.de