

Anforderungen an die Kreislauffähigkeit von Massivbaustoffen

F. Trebut, B. Pfefferer

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

24/2021

Liste sowie Downloadmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe
unter <http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

Impressum

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:
Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie,
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Leiter: DI Michael Paula

Auszugsweiser Abdruck ist nur mit Quellenangabe gestattet. Es wird darauf verwiesen, dass alle Angaben in dieser Publikation trotz sorgfältiger Bearbeitung ohne Gewähr erfolgen und eine Haftung der Republik Österreich und der Autorin/des Autors ausgeschlossen ist. Nutzungsbestimmungen: <https://nachhaltigwirtschaften.at/de/impressum/>

Anforderungen an die Kreislauffähigkeit von Massivbaustoffen

DIⁱⁿ Franziska Trebut, Bianca Pfefferer MSc
Österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik (ÖGUT)

Wien, Juni 2021

Ein Projektbericht im Rahmen des Programms



des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie,
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)

Vorbemerkung

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm Stadt der Zukunft des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK). Dieses Programm baut auf dem langjährigen Programm Haus der Zukunft auf und hat die Intention Konzepte, Technologien und Lösungen für zukünftige Städte und Stadtquartiere zu entwickeln und bei der Umsetzung zu unterstützen. Damit soll eine Entwicklung in Richtung energieeffiziente und klimaverträgliche Stadt unterstützt werden, die auch dazu beiträgt, die Lebensqualität und die wirtschaftliche Standortattraktivität zu erhöhen. Eine integrierte Planung wie auch die Berücksichtigung von allen betroffenen Bereichen wie Energieerzeugung und -verteilung, gebaute Infrastruktur, Mobilität und Kommunikation sind dabei Voraussetzung.

Um die Wirkung des Programms zu erhöhen sind die Sichtbarkeit und leichte Verfügbarkeit der innovativen Ergebnisse ein wichtiges Anliegen. Daher werden nach dem Open Access Prinzip möglichst alle Projektergebnisse des Programms in der Schriftenreihe des BMK publiziert und elektronisch über die Plattform www.NachhaltigWirtschaften.at zugänglich gemacht. In diesem Sinne wünschen wir allen Interessierten und AnwenderInnen eine interessante Lektüre.

DI Michael Paula

Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien
Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie,
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)

Inhaltsverzeichnis

Impressum	2
Vorbemerkung	5
1 Kurzfassung	8
1.1. Motivation und Forschungsfrage.....	8
1.2. Ausgangssituation/Status Quo.....	8
1.3. Projektinhalte und Zielsetzungen	8
1.4. Methodische Vorgehensweise.....	8
1.5. Ergebnisse und Schlussfolgerungen.....	9
1.6. Ausblick	9
2 Zusammenfassung	10
2.1. Kernergebnisse	10
2.2. Forschungsbedarf und Handlungsempfehlungen.....	12
3 Hintergrund und Ziel des Projekts	14
4 Status Quo zur Kreislaufführung von Massivbaustoffen	17
4.1. Abfallaufkommen Österreich.....	17
4.1.1. Aushubmaterialien	18
4.1.2. Bau- und Abbruchabfälle	19
4.2. Recycling im Bausektor	21
4.2.1. Aktuelle Herausforderungen	23
4.2.2. Begriffsabgrenzungen.....	25
4.3. Rechtliche Rahmenbedingungen	26
4.3.1. Europäische Rechtslage	26
4.3.2. Österreichische Rechtslage.....	28
4.4. Aktuelle F&E-Aktivitäten.....	29
4.4.1. Baustoff Zement und Beton	29
4.4.2. Baustoff Ziegel	31
4.4.3. Baustoff Gips.....	32
4.4.4. Technologieentwicklungen.....	33
4.4.5. Prozess-Innovationen	34
5 Expert*innen-Einbindung	36
5.1. Expert*innen-Interviews.....	36
5.1.1. Methodik	36
5.1.2. Ergebnisse.....	36
5.2. Expert*innen-Workshop.....	40
6 Identifizierter Forschungs- & Entwicklungsbedarf	42
6.1. Innovative Technologien.....	43

6.2. Prozess-Innovationen	47
6.3. Rechtliche Rahmenbedingungen	50
6.4. Pilot- und Leuchtturmprojekte	52
7 Verzeichnisse.....	54
8 Anhang.....	58

1 Kurzfassung

1.1. Motivation und Forschungsfrage

Die Bauwirtschaft ist maßgeblich für die weltweiten Treibhausgasemissionen verantwortlich. Allein die Herstellung von Zement verursacht derzeit rund 8 % der weltweiten Treibhausgasemissionen und 3,2 % der österreichischen CO₂-Emissionen. Prognosen gehen davon aus, dass Energieverbrauch, Treibhausgasemissionen sowie der Ressourcenverbrauch der weltweiten Bauwirtschaft zukünftig insbesondere durch gesteigerte Bauaktivitäten in Asien und Afrika noch zunehmen werden. In der EU verursacht der Bausektor über 35 % des gesamten Abfallaufkommens und ist für rund 50 % der gesamten Rohstoffgewinnung verantwortlich. Die erforderliche Reduktion der CO₂-Emissionen und des Ressourcenverbrauchs stellt die Baustoffindustrie vor große Herausforderungen. Der Ansatz der energieintensiven Industrien, den Einsatz fossiler Energie zu reduzieren, hebt nur einen Teil der CO₂-Potenziale und greift daher zu kurz. Um eine tiefgreifende Dekarbonisierung zu erreichen, bedarf es Innovation entlang des gesamten Produktlebenszyklus bzw. entlang der gesamten Wertschöpfungskette.

1.2. Ausgangssituation/Status Quo

Unser Wirtschaftssystem und auch der Bausektor folgen derzeit Großteils einem linearen Prinzip. Rohstoffe werden abgebaut, verarbeitet, genutzt und anschließend zu Abfall oder (im aktuell besten Fall) einer qualitativ minderwertigeren Verwendung zugeführt – nur ein kleiner Anteil wird hochwertig recycelt. Die Transformation hin zu einer Circular Economy erfordert ein Umdenken auf allen Ebenen der gesamten Wertschöpfungskette der Massivbauindustrie.

1.3. Projektinhalte und Zielsetzungen

Das Ziel dieser Studie war es, aktuelle Herausforderungen, Chancen und Potenziale in Bezug auf die Kreislauffähigkeit der Massivbauindustrie sowie die mit ihr agierenden Akteure aufzuzeigen. Darauf aufbauend wurden zukünftige Aktionsfelder notwendiger Forschung und Entwicklung zur Förderung der Kreislaufwirtschaft im Bereich mineralischer Baustoffe herausgearbeitet.

1.4. Methodische Vorgehensweise

Dazu erfolgte eine breit angelegte Recherche zu State of the Art und Good Practices hinsichtlich eingesetzter Technologien und Prozesse sowie zu den derzeitigen Aktionsfeldern der Forschung und Entwicklung im Bereich Massivbaustoffindustrie und Kreislaufwirtschaft. Zur Einordnung und Ergänzung der Recherche-Ergebnisse wurden Interviews mit Expert*innen aus den Bereichen Baustoffproduktion, Abfallwirtschaft, Forschung und Bestellern von Bauleistungen geführt. In einem Stakeholder-Workshop wurden die Erkenntnisse präsentiert, mit Stakeholdern aus der Branche diskutiert und zukünftige Handlungsfelder mit Schwerpunkt Forschung und Entwicklung herausgearbeitet. Der identi-

fizierte Forschungsbedarf, der sowohl die technologische als auch die prozess-technische und regulatorische Ebene umfasst, wurde anhand einer Matrix geclustert und diente als Grundlage für die Ableitung von Handlungsempfehlungen.

1.5. Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Grundsätzlich kann die Massivbauwirtschaft in Österreich auf gute Grundlagen aufbauen, um die Kreislaufführung im Massivbausektor auszubauen. Für eine Transformation hin zu einer Kreislaufwirtschaft sind aber neue technologische Ansätze, prozess-technische Innovationen wie neue Geschäftsmodelle, eine enge Vernetzung der Akteure entlang der gesamten Prozesskette und förderliche rechtliche und normative Rahmenbedingungen notwendig.

Die Durchführung von Pilot- bzw. Leuchtturmprojekten ist über alle beschriebenen Aktionsfelder hinweg maßgeblich, damit die Kreislaufführung von Massivbaustoffen zur Schaffung eines nachhaltigen Bausektors gelingen kann. Diese sollen als Best Practices die Möglichkeiten und Potentiale der Wiederverwendung und des Recyclings aufzeigen und die wirtschaftliche Umsetzbarkeit innovativer Ansätze und Konzepte demonstrieren. Diese Beispiele gelungener Umsetzungen sollen dazu beitragen, Skepsis und Hürden abzubauen, die gesellschaftliche Akzeptanz für Recycling und Kreislaufführung im Bauwesen zu stärken und ein Umdenken entlang der gesamten Prozesskette zu fördern.

1.6. Ausblick

Die Studie befasst sich eingehend mit den Hemmnissen und Potenzialen zur Steigerung der Kreislauffähigkeit von Massivbaustoffen. Es wird empfohlen, weitere Untersuchungen zur Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Produktgruppen der Bauwirtschaft, wie Holzbaustoffe, Dämmstoffe oder Beläge sowie eine Gegenüberstellung der Gemeinsamkeiten und Bauprodukt-spezifischen Unterschiede hinsichtlich der Kreislaufführung durchzuführen. Die Lokalisierung der relevantesten Handlungsfelder sowie der erforderliche Innovationsbedarf je Bauproduktgruppe kann die Realisierung einer Kreislaufwirtschaft im Bausektor maßgeblich unterstützen.

2 Zusammenfassung

Die erforderliche Reduktion der CO₂-Emissionen und des Ressourcenverbrauchs stellt die Baustoffindustrie vor große Herausforderungen. Der Ansatz der energieintensiven Industrien, den Einsatz fossiler Energie zu reduzieren, hebt nur einen Teil der CO₂-Potenziale und greift daher zu kurz. Um eine tiefgreifende Dekarbonisierung zu erreichen, bedarf es Innovation entlang des gesamten Produktlebenszyklus bzw. entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Dies betrifft die Massivbauindustrie insofern besonders, als sie einen wesentlichen Anteil an Energie-, Ressourcenverbrauch und den Treibhausgasemissionen Österreichs hat und mineralische Baustoffe auch zukünftig maßgeblich im Hochbau und Infrastrukturbau zum Einsatz kommen werden. Zudem fallen durch die erforderliche umfassende Modernisierung des Gebäudebestands große Mengen an Baurestmassen an. Die Transformation hin zu einer Circular Economy erfordert daher ein Umdenken auf allen Ebenen der gesamten Wertschöpfungskette der Massivbauindustrie.

Die Kreislaufwirtschaft ist seit langem in der österreichischen Umweltpolitik verankert und wird auch im **Europäischen Green Deal** und der **Renovierungswelle** als wesentlicher Hebel definiert. Das Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK) greift diese Entwicklung auf und adressiert mit der 2021 gestarteten **FTI-Initiative „Kreislaufwirtschaft“** relevante Herausforderungen entlang des gesamten Wertschöpfungskreislaufs. Das Technologieprogramm **„Stadt der Zukunft“** des BMK unterstützt seit 2013 die Erforschung und Entwicklung von Technologien, Systemkonzepten und Dienstleistungen für zukunftsfähige, klimaverträgliche und ressourcenschonende urbane Räume. In diesem Kontext zeigt die vorliegende Studie Chancen und Potenziale für die Kreislaufwirtschaft der Massivbauindustrie auf und lokalisiert notwendigen Forschungsbedarf.

2.1. Kernergebnisse

Hohe Recyclingquote der Massivbaustoffe von 80% überwiegend Downcycling: Die Recycling-Quote im Bausektor in Österreich ist mit 80% bereits hoch und betrifft vor allem Asphalt und Tiefbaurestmassen. Aktuell findet allerdings hauptsächlich ein Downcycling im Straßenbau oder als Verfüllmaterial statt. Eine hochwertige Wiederverwendung auf gleichbleibendem Produktniveau ist meist nicht gegeben.

Hochbau-Recycling bei 40%: Restmassen aus dem Hochbau werden nur halb so oft recycelt – die Recycling-Quote liegt derzeit bei etwa 40%.^{1,2}

Recycling auf hohem Produktniveau erfordert Sortenreinheit hinsichtlich Rückbau, Sortierung und Aufbereitung von Materialien als Basis für qualitativ hochwertige, schadstofffreie RC-Baustoffe. Die Zunahme von Verbundmaterialien im Bauwesen erschwert den sortenreinen Rückbau.

¹ Report Media, „Ressourcen schonen“: <https://www.report.at/index.php/bau-immo/aufmacher/item/94280-ressourcen-schonen>

² Konzept zur nachhaltigen Nutzung von Baurestmassen basierend auf der thematischen Strategie für Abfallvermeidung und Abfallrecycling der EU (Projekt EnBa), Ressourcen Management Agentur (2011)

Einsatz von RC-Massivbaustoffen noch nicht wirtschaftlich: Niedrige Kosten für Primärrohstoffe und Deponierung von Abfällen gegenüber hohen Kosten für Transport, sortenreine Trennung und Aufbereitung von Reststoffen stellen das Potenzial der Kreislauffähigkeit von Massivbaustoffen vor wirtschaftliche Grenzen.

Herausfordernde Logistik - gleichbleibende Qualität in ausreichenden Massenströmen: die örtliche und zeitliche Übereinstimmung von Aufkommen und Nachfrage von RC-Baustoffen hat durch hohes Gewicht und großes Volumen einen zentralen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit bzw. die Steigerung der Kreislaufwirtschaft.

BIM für Materialdatenbanken und Massenübersichten unterstützt den Einsatz von regional verfügbaren Reststoffen aus der Baubranche. Als Werkzeug für Aufbau und Aktualisierung von Ressourcendatenbanken kann BIM in allen Lebenszyklusphasen eines Bauwerks eingesetzt werden (auch z.B. nur beim Rückbau).

Trend zu stärkerer Vernetzung der bislang eher separat agierenden Abfall- und Rohstoffindustrie: Anders als in anderen Wirtschaftsbereichen sind in der Massivbauwirtschaft Abfallindustrie (inkl. Bauindustrie) einerseits und Rohstoffindustrie (inkl. Baustoffproduzenten) andererseits noch nicht so stark verschränkt. Bei der Einbindung aller Akteure der gesamten Wertschöpfungskette gibt es weiteren Handlungsbedarf.

Konzepte für Kreislauffähigkeit in etablierten Planungs- und Prozessabläufen noch wenig beachtet: Lange Produktlebenszyklen, komplexe, oft intransparente Lieferketten sowie unterschiedliche Interessen der involvierten Stakeholder der Bauwirtschaft ermöglichen nur langsame Veränderungsprozesse.

Lebensverlängerung von Gesamtgebäuden durch Nutzungsflexibilität: Der Beitrag der direkten Wiederverwendung (Re-Use) von Massivbauteilen zur Stärkung der Kreislaufführung wird von Expert*innen eher gering eingeschätzt. Stattdessen wird die Notwendigkeit der hohen Nutzungsflexibilität bei der Gebäudekonzeption betont.

Schadstoffanreicherungen in Produkten und Materialien als zukünftige Herausforderung: Durch konsequente Kreislaufführung über mehrere Gebäudelebenszyklen können sich Schadstoffe in Produkten und Materialien über die heute geltenden Grenzwerte hinaus anreichern bzw. heute unbedenkliche Bestandteile können zukünftig Problemstoffe darstellen.

Der Energieeinsatz für Sortierung und Aufbereitung von RC-Baustoffen ist teilweise beachtlich und liegt je nach Zerkleinerungs-Verfahren bei ca. 1 bis 4 kWh/t³. Die konventionelle Aufbereitung von Betonbruch erfordert etwa 17,7 MJ/t bzw. 4,9 kWh/t⁴. Auch die Umweltverträglichkeit muss geprüft werden.

Rechtliche Rahmenbedingungen vielfach eher restriktiv gestaltet: Normung, Abfallrecht oder Gewährleistung von RC-Baustoffen sind für eine wirtschaftliche Kreislaufführung von Massivbaustoffen

3 Verwendung von Recyclingmaterial in der Betonproduktion – Sachstand, Institut für Bauforschung Aachen (2013): https://www.transportbeton.org/fileadmin/transportbeton-org/media/Branche/pdf/2015-04-28-F_7099-Verwendung_RC_Material_Sachstand_Bericht.pdf

4 Ökologische Prozessbetrachtungen - RC-Beton (Stofffluss, Energieaufwand, Emissionen), Brandenburgische Technische Universität Cottbus (2010), http://www.rc-beton.de/vortraege_pdfs/Stofffluss-Energieaufwand-RC-Beton101102.pdf

entscheidend. Aktuell sind die Baurichtlinien speziell für den Einsatz von RC-Beton noch eher restriktiv gestaltet. Darüber hinaus bestehen unter anderem auch rechtliche Einschränkungen beim Einsatz von mobilen Aufbereitungsanlagen in urbanen Gebieten.

Imagewandel vom Abfall zum Rohstoff eingeleitet aber nicht vollzogen: Bei den Anwender*innen bestehen vielfach Vorbehalte gegenüber RC-Baustoffen. Die gesetzlichen Rahmenbedingungen sind bislang primär davon getragen, Mensch und Natur vor Abfallstoffen zu schützen.

2.2. Forschungsbedarf und Handlungsempfehlungen

Grundsätzlich kann die Massivbauwirtschaft in Österreich auf gute Grundlagen aufbauen, um die Kreislaufführung im Massivbausektor auszubauen. Für eine Transformation hin zu einer Kreislaufwirtschaft sind aber neue technologische Ansätze, prozess-technische Innovationen wie neue Geschäftsmodelle, eine enge Vernetzung der Akteure entlang der gesamten Prozesskette und förderliche rechtliche und normative Rahmenbedingungen notwendig.

Innovative Technologien

- **Verfahren und Anlagen zur sortenreinen Trennung und Aufbereitung** als Basis für technische Qualität, Schadstofffreiheit, Verwertungsquote und Wirtschaftlichkeit
- Entwicklung **innovativer, leichter trennbarer Verbindungen** (Baustoffe, Bauteile)
- Entwicklung **verbesserter Rezepturen** für RC-Baustoffe: Optimierung der Produkteigenschaften hinsichtlich gleichbleibender Qualität
- **Erforschung neuer Anwendungsbereiche** für RC-Baustoffe: Einsatzmöglichkeiten von Sekundärmaterialien auch aus anderen Industrien
- Entwicklung **neuer rückbaubarer Baustoffe und Produkte**

Prozess-Innovationen

- **Analyse und Optimierung von Planungs- und Prozessabläufen** hinsichtlich der Integration der Kreislaufführung in gesamte Prozesskette (Planung bis Rückbau)
- **Logistik & Massenstrom-Management:** Materialdatenbanken, Abstimmung von Angebot und Nachfrage, BIM als Werkzeug, Optimierung der Anlagenauslastung
- **Design for Recycling:** Lebensdauererlängerung von Bauwerken, Lebenszyklusbetrachtung in Gebäude-Zertifizierungssystem
- **Entwicklung von Geschäftsmodellen:** z.B. Gesamtkonzepte hinsichtlich Rückbau, Verwertung und Verwendung
- **Wissenstransfer zwischen Forschung und Industrie**
- **Schaffung von Aus- und Weiterbildungsangeboten** (Schad- und Störstoffanalysen, modulares Bauen, etc.)

Rechtliche Rahmenbedingungen

- **Analyse hemmender rechtlicher Rahmenbedingungen:** Gewährleistung, Normung, Deponierung, Abfallwirtschaftsgesetz etc.
- **Schaffung klarer Regelwerke** zur Durchführung von Kreislaufwirtschaft im Bausektor, Festlegung von Definitionen, Steuerung z.B. über den Entsorgungspreis / Entsorgungsverbot

3 Hintergrund und Ziel des Projekts

Der Ressourcenverbrauch in Österreich liegt derzeit bei ca. 19 Tonnen pro Kopf und Jahr und übersteigt damit die planetaren Grenzen deutlich. Hauptverantwortlich dafür ist unsere materialintensive Wirtschaftsweise. Mehr als die Hälfte des gesamten Ressourcenverbrauchs macht mit 95 Mt/a die Nutzung nichtmetallischer Mineralstoffe bzw. Baurohstoffe aus. Der österreichische Bausektor liegt sowohl beim Material- (14 %) als auch beim CO₂-Fußabdruck (8 %) an erster Stelle, gefolgt von der Nahrungs- und Futtermittelproduktion sowie dem Gesundheits- und Sozialwesen.⁵

Die Bauwirtschaft ist maßgeblich für die weltweiten Treibhausgasemissionen verantwortlich. Allein die Herstellung von Zement verursacht derzeit rund 8 % der weltweiten Treibhausgasemissionen⁶ und 3,2 % der österreichischen CO₂-Emissionen⁷. Prognosen gehen davon aus, dass Energieverbrauch, Treibhausgasemissionen sowie der Ressourcenverbrauch der weltweiten Bauwirtschaft zukünftig insbesondere durch gesteigerte Bauaktivitäten in Asien und Afrika noch zunehmen werden. In der EU verursacht der Bausektor über 35 % des gesamten Abfallaufkommens und ist für rund 50 % der gesamten Rohstoffgewinnung verantwortlich.⁸

Die erforderliche Reduktion der CO₂-Emissionen und des Ressourcenverbrauchs stellt die Baustoffindustrie vor große Herausforderungen. Der Ansatz der energieintensiven Industrien, den Einsatz fossiler Energie zu reduzieren, hebt nur einen Teil der CO₂-Potenziale und greift daher zu kurz. Um eine tiefgreifende Dekarbonisierung zu erreichen, bedarf es Innovation entlang des gesamten Produktlebenszyklus bzw. entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Dies umfasst gerade Massivbaustoffe, die daraus konstruierbaren Funktionalitäten bis hin zu der Frage, wie Massivbaustoffe am End of Life wieder in Produktkreisläufe eingebracht werden können. Mineralische Baustoffe werden auch zukünftig maßgeblich im Bereich der gebauten Infrastruktur eingesetzt werden. Zudem fallen durch die erforderliche umfassende Modernisierung des Gebäudebestands große Mengen an Baurestmassen an.

Unser Wirtschaftssystem und auch der Bausektor folgen derzeit Großteils einem linearen Prinzip. Rohstoffe werden abgebaut, verarbeitet, genutzt und anschließend zu Abfall oder (im aktuell besten Fall) einer qualitativ minderwertigeren Verwendung zugeführt – nur ein kleiner Anteil wird hochwertig recycelt. Die Transformation hin zu einer Circular Economy erfordert ein Umdenken auf allen Ebenen der gesamten Wertschöpfungskette der Massivbauindustrie.

Die Kreislaufwirtschaft ist schon seit langem in der österreichischen Umweltpolitik verankert und wird auch im Europäischen Green Deal als wesentlicher Hebel definiert. Das Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK) greift diese Entwicklun-

⁵ Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK): Ressourcennutzung in Österreich 2020 – Band 3. Wien, August 2020.

⁶ WWF Deutschland: Klimaschutz in der Beton- und Zementindustrie – Hintergrund und Handlungsoptionen. Berlin, Februar 2019.

⁷ Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie (VÖZ): Auf dem Weg zu einer CO₂-neutralen Gesellschaft – Jahresbericht 2018/2019 der österreichischen Zementindustrie. Wien, November 2019.

⁸ Europäische Kommission: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/ganda_20_419

gen auf und adressiert mit der im März 2021 gestarteten **FTI-Initiative „Kreislaufwirtschaft“** relevante Herausforderungen entlang des gesamten Wertschöpfungskreislaufs mit dem Ziel, durch Innovation, Technologie und Betrachtung des Gesamtsystems die Basis für eine zirkuläre Wirtschaftsweise bereitzustellen.⁹

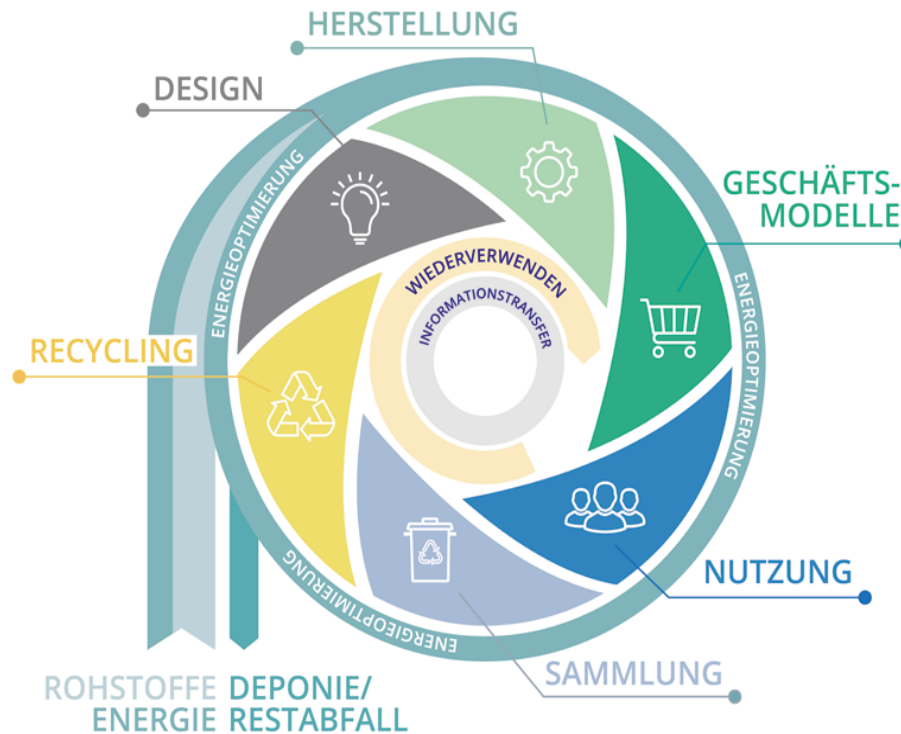


Abbildung 2: Wertschöpfungskreislauf; © Projektfabrik Waldhör

Das Technologieprogramm **„Stadt der Zukunft“** des BMK befasst sich seit dem Jahr 2013 und in mittlerweile acht Ausschreibungen mit der Erforschung und Entwicklung von Technologien, Systemkonzepten und Dienstleistungen für die zukunftsfähige Stadt und adressiert aktuelle Herausforderungen in Hinblick auf die Dynamik urbaner Gebiete, Veränderungen durch den Klimawandel und der begrenzten Verfügbarkeit natürlicher Ressourcen.¹⁰

Das zuständige Kabinett des BMK hat für die nächsten Jahre **drei Schwerpunkte** als zentrale Bausteine auf dem Weg zur Klimaneutralität gesetzt: **die Energiewende, die Mobilitätswende und die Kreislaufwirtschaft**. Die von der EU angekündigte **Renovierungswelle** soll darüber hinaus nicht nur energie- sondern auch möglichst ressourceneffizient erfolgen. Dabei spielt die Wiederverwendung und Weiternutzung des Gebäudebestands eine essenzielle Rolle.

Eingebettet in diese übergeordneten Programme und Initiativen ist es das Ziel dieser Studie, aktuelle Herausforderungen, Chancen und Potenziale der Massivbauindustrie sowie die mit ihr agierenden

⁹ Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK), 1. Ausschreibung der FTI-Initiative Kreislaufwirtschaft: <https://nachhaltigwirtschaften.at/de/ausschreibungen/kreislaufwirtschaft-1-as.php>

¹⁰ Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK), Programm „Stadt der Zukunft“: <https://nachhaltigwirtschaften.at/de/sdz/ziele-inhalte/>

Akteure aufzuzeigen und zukünftige Aktionsfelder notwendiger Forschung und Entwicklung herauszuarbeiten. Dazu erfolgte eine breit angelegte Recherche zu State of the Art und Good practices hinsichtlich eingesetzter Technologien und Prozesse sowie zu den derzeitigen Aktionsfeldern der Forschung und Entwicklung im Bereich Massivbaustoffindustrie und Kreislaufwirtschaft. Zur Einordnung und Ergänzung der Recherche-Ergebnisse wurden Interviews mit Expert*innen aus den Bereichen Baustoffproduktion, Abfallwirtschaft, Forschung und Bestellern von Bauleistungen geführt. In einem Stakeholder-Workshop wurden die Erkenntnisse präsentiert, mit Stakeholdern aus der Branche diskutiert und zukünftige Handlungsfelder mit Schwerpunkt Forschung und Entwicklung herausgearbeitet. Der identifizierte Forschungsbedarf, der sowohl die technologische als auch die prozesstechnische und regulatorische Ebene umfasst, wurde anhand einer Matrix geclustert und diente als Grundlage für die Ableitung von Handlungsempfehlungen.

4 Status Quo zur Kreislaufführung von Massivbaustoffen

4.1. Abfallaufkommen Österreich

Das österreichische Abfallaufkommen steigt seit 2011 kontinuierlich an. Aushubmaterialien sind seit 2015 um 17 % (von 32,77 Mio. t auf 37,14 Mio. t), Abfälle aus dem Bauwesen um 11 % und Siedlungsabfälle um 6% gestiegen. Der Anstieg bei den Aushubmaterialien ist einerseits auf große Bauvorhaben wie den Semmering- und Brenner-Basistunnel und die Koralmbahn sowie andererseits auf die Verbesserung der statistischen Erfassung zurückzuführen.¹¹

Ein Blick auf das Gesamtabfallaufkommen im Jahr 2018 macht deutlich, dass Aushubmaterialien mit rund 37 Mio. Tonnen pro Jahr mehr als die Hälfte des Gesamtaufkommens ausmachen, gefolgt von Bau- und Abbruchabfällen mit ca. 17 % und Kommunalen Klärschlämme und Fäkalschlämme mit ca. 16 %.

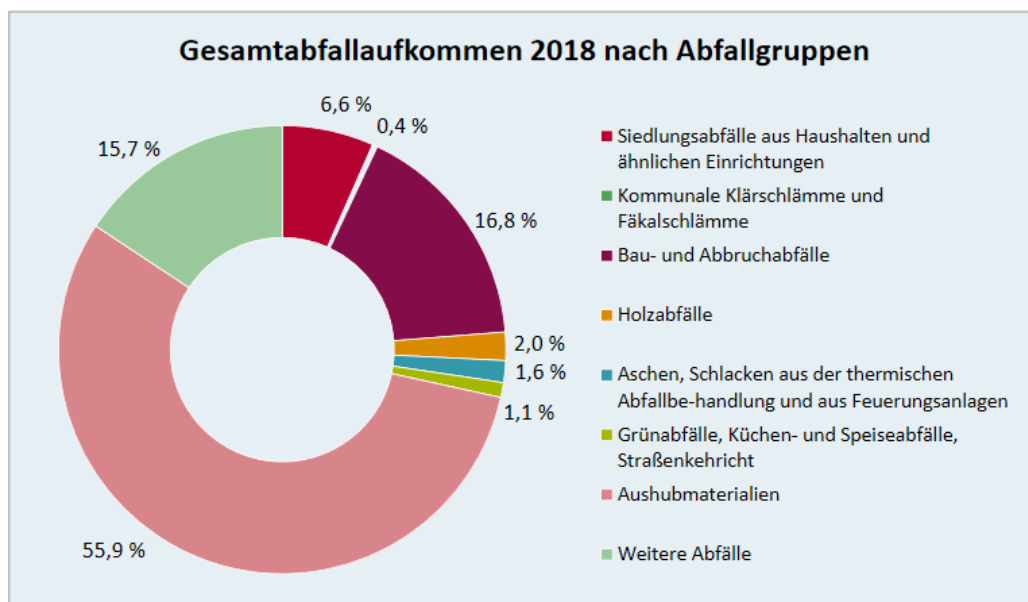


Abbildung 3: Gesamtabfallaufkommen Österreich 2018 nach Abfallgruppen, Quelle: Die Bestandsaufnahme der Abfallwirtschaft in Österreich – Statusbericht 2020, Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (2020)

Von den anfallenden Abfallmengen wurden ca. 29 Mio. Tonnen deponiert. Die nachfolgende Grafik zeigt, dass der Großteil der abgelagerten Massen Bodenaushub ist (ca. 82 %) – der Rest entfällt auf verunreinigte Böden (7 %), mineralischen Bauschutt (3 %), Schlacken und Aschen (2 %) sowie sonstige Materialien.

¹¹ Die Bestandsaufnahme der Abfallwirtschaft in Österreich – Statusbericht 2020 (Referenzjahr 2018), Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (2020)

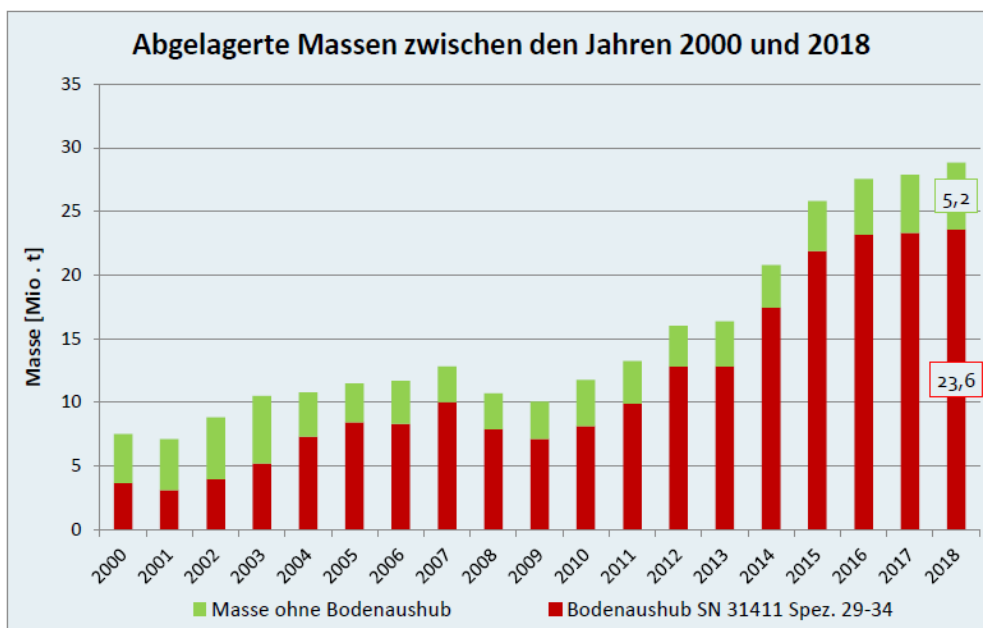


Abbildung 4: Abgelagerte Massen in Österreich von 2000 bis 2018, Quelle: Die Bestandsaufnahme der Abfallwirtschaft in Österreich – Statusbericht 2020, Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (2020)

4.1.1. Aushubmaterialien

Aushubmaterialien als größte Abfallfraktion Österreichs stammen zu je ca. 20 % aus Bautätigkeiten in den Sektoren Wohnbau, sonstiger Hochbau (Nicht-Wohnbau) und Tunnelbau. Der Straßen- und Wegebau verursacht etwa 16 % der Aushubmaterialien und auf den Bau von Schieneninfrastruktur entfallen ca. 11 %.¹²

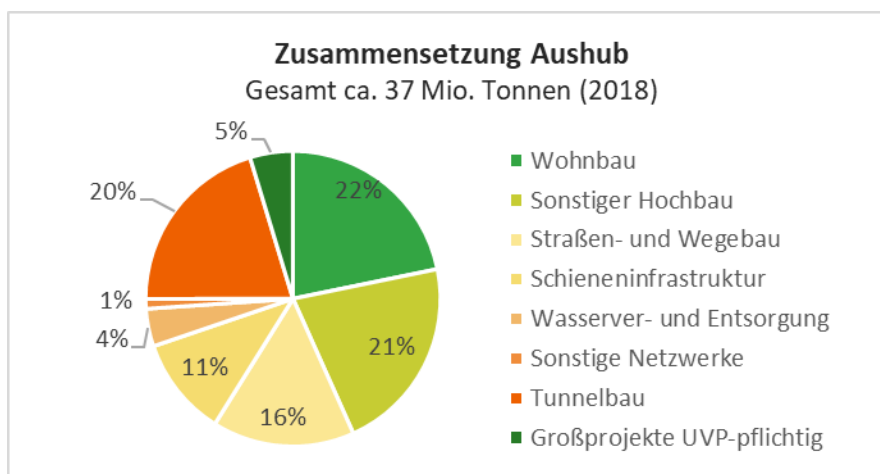


Abbildung 5: Zusammensetzung Aushub 2018, Quelle: Eigene Grafik basierend auf „Aushubmaterialien - Materialien zur Abfallwirtschaft“, Umweltbundesamt GmbH (2016)

¹² Aushubmaterialien - Materialien zur Abfallwirtschaft, Umweltbundesamt GmbH (2016)

Das anfallende Aushubmaterial wird zu etwa 70 % deponiert, 12 % wird direkt als Untergrundverfüllung und zur Rekultivierung verwertet, 10 % wird Behandlungsanlagen zugeführt und weitere 8 % werden für Geländekorrekturen oder zur Herstellung von Dämmen genutzt.

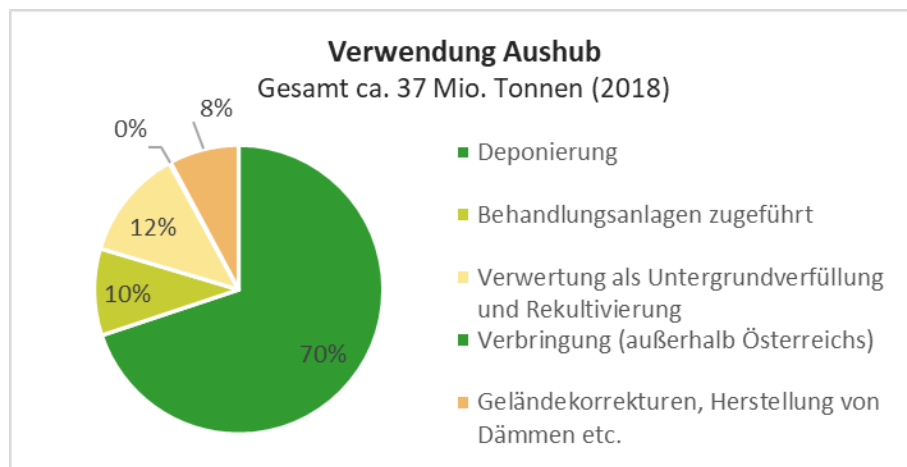


Abbildung 6: Verwendung Aushub 2018, Quelle: Eigene Grafik basierend auf „Aushubmaterialien - Materialien zur Abfallwirtschaft“, Umweltbundesamt GmbH (2016)

Aushub besteht hauptsächlich aus mineralischen Bestandteilen wie Schotter, Kiesen, Sanden, Felsabbruch, Erde, Humus oder Lehm. Es erfolgt eine Unterscheidung nach verschiedenen Qualitäten, wie z.B. Bodenaushubmaterial oder technisches Schüttmaterial. Eingesetzt werden Aushubmaterialien für landwirtschaftliche Bodenverbesserungen, Rekultivierungen nach Bauarbeiten oder für die Herstellung von Dammkörpern und Hinterfüllungen.

4.1.2. Bau- und Abbruchabfälle

Aktuell entstehen in etwa 90 % der Bau- und Abbruchabfälle beim Abbruch, dem Umbau und der Sanierung von Gebäuden und nur 10 % bei der Errichtung neuer Gebäude. Von den abgebrochenen Materialien sind etwa 70-90 % Beton, Ziegel- und sonstige Mauerwerksabbrüche, die Massivbauweise ist hier also vorherrschend.¹³

¹³ Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2017, Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (2017)

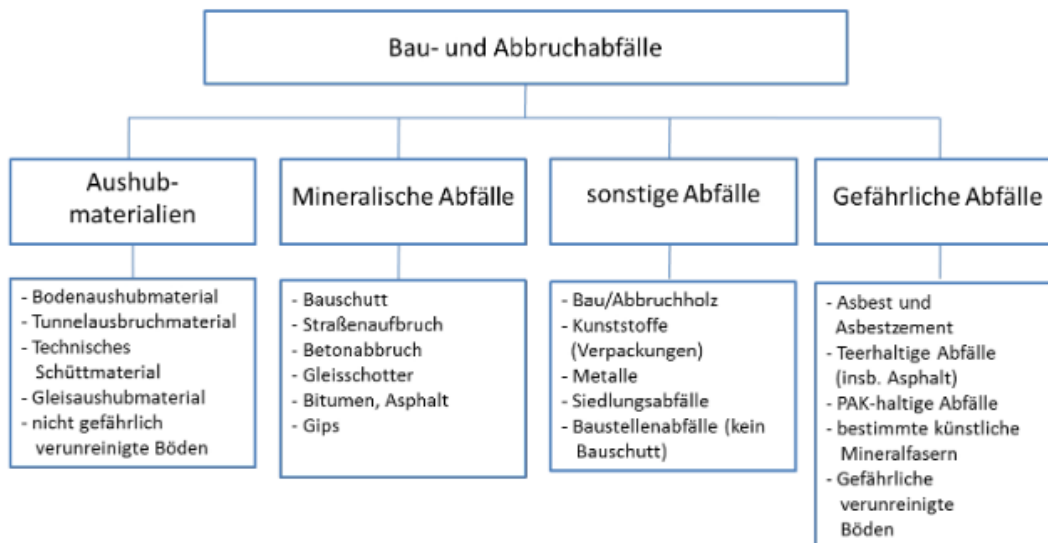


Abbildung 7: Übersicht über die Zusammensetzung der Bau- und Abbruchabfälle 2018, Quelle: „Die Bestandsaufnahme der Abfallwirtschaft in Österreich – Statusbericht 2020“, Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (2020)

Die Verwendung der Bau- und Abbruchabfälle zeigt im Vergleich zu der Verwendung der Aushubmaterialien ein umgekehrtes Bild. Von den insgesamt 11 Mio. Tonnen an Bau- und Abbruchabfällen wurden im Jahr 2018 9 Mio. Tonnen (ca. 71 %) Behandlungsanlagen zugeführt, 17 % einer mechanischen Vorsortierung unterzogen und nur ca. 9 % deponiert.

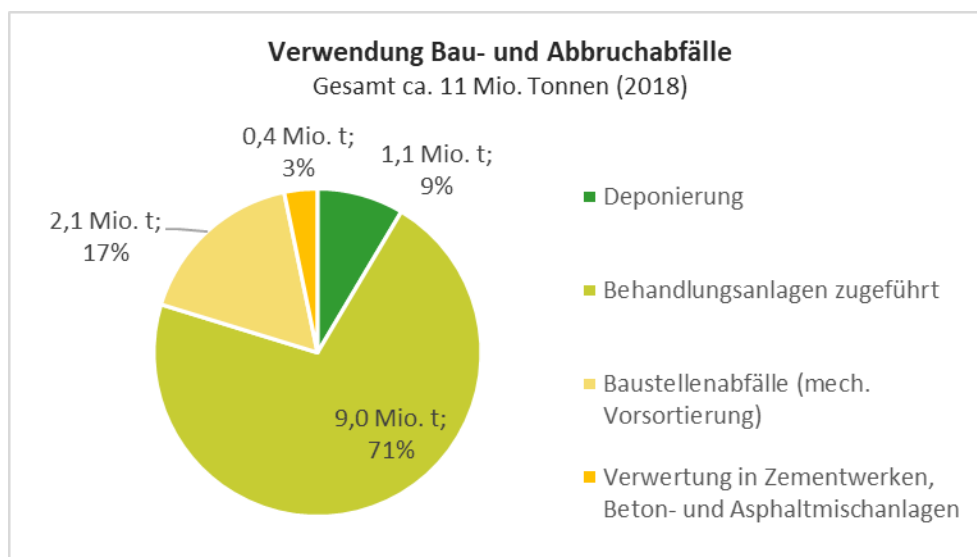


Abbildung 8: Verwendung Bau- und Abbruchabfälle 2018, Quelle: Eigene Grafik basierend auf „Aushubmaterialien - Materialien zur Abfallwirtschaft“, Umweltbundesamt GmbH (2016)

Bauschutt als Recycling-Baustoff wird aktuell als Zuschlagstoff für die Produktion von Mauerwerksteinen, Beton und Asphalt oder Zementprodukte verwendet. Des Weiteren kommt er bei der Herstellung von Tragschichten, Frostkoffern und Rollierungen, im Straßenbau und der Straßenerhaltung sowie im Sportplatzbau zur Anwendung.

Betonabbruch wird als Zuschlagstoff für die Betonherstellung, für Tragschichten im Straßenbau, im landwirtschaftlichen Wegebau, im Unterbau von Hallenböden im Hochbau, für Untergrundverbesserungen, als Schütt- sowie als Künnetten-Füllmaterial und für Drainageschichten herangezogen.

4.2. Recycling im Bausektor

Aktuell liegt die Wiederverwertung von Baurestmassen bei rund 90%.¹⁴ Der Recycling-Zielwert für nicht gefährliche Bau- und Abbruchabfälle lt. Abfallrahmenrichtlinie (RL 2008/98/EG) von 70 % bis zum Jahr 2020 wurde bereits im Jahr 2016 (über-) erfüllt und lag damals bei 88 %. Dieser Zielwert inkludiert die Vorbereitung zur Wiederverwendung, das Recycling und die sonstige stoffliche Verwertung, welche wiederum auch eine Verfüllung von Abfällen als Ersatz für andere Materialien umfasst. Bodenaushubmaterialien sind ausgenommen.¹⁵

Die Recycling-Quote von Asphalt lag im Jahr 2019 deutlich über 80 % und auch bei Tiefbaurestmassen, vor allem aus dem Straßenaufbruch, ist das Ziel von 70 % Wiederverwendung bereits umgesetzt. Restmassen aus dem Hochbau schaffen diese Quote jedoch aktuell noch nicht – die Recycling-Quote liegt derzeit bei etwa 40 %.^{16,17}

Bei genauerer Betrachtung erfolgt für einen Großteil der wiederverwendeten Materialien aus dem Bausektor allerdings keine hochwertige Kreislaufführung unter Beibehaltung der stofflich-technischen Eigenschaften. Der Bauschutt aus dem Hochbau wird derzeit nur in kleinen Mengen wieder als Betonzuschlagstoff eingesetzt - hauptsächlich werden RC-Gesteinskörnungen im Straßenbau und zur Verschüttung verwendet, wodurch Primärbaustoffe wie Kies, Splitt, Sand und natürliche Gesteinskörnungen substituiert werden. Es findet somit hauptsächlich ein Downcycling und keine tatsächliche Kreislaufführung statt. Rezyklierte Baustoffe wie Recyclingbeton werden im Hochbau derzeit nur in geringen Mengen eingesetzt.¹⁸

In Deutschland werden etwa 5 % des Bauschutts in hochwertigen Anwendungen in die Bauwirtschaft zurückgeführt.¹⁹ Auf europäischer Ebene beträgt die Nutzung von aufbereitetem Betonbruch in Betonanwendungen aktuell ca. 6 %.²⁰

¹⁴ Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2017, Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (2017)

¹⁵ Datenanalyse zur Behandlung von mineralischen Bau- und Abbruchabfällen in Österreich – Detailstudie zum Bundes-Abfallwirtschaftsplan, Umweltbundesamt GmbH (2019)

¹⁶ Report Media, „Ressourcen schonen“: <https://www.report.at/index.php/bau-immo/aufmacher/item/94280-ressourcen-schonen>

¹⁷ Konzept zur nachhaltigen Nutzung von Baurestmassen basierend auf der thematischen Strategie für Abfallvermeidung und Abfallrecycling der EU (Projekt EnBa), Ressourcen Management Agentur (2011)

¹⁸ Salzburger Nachrichten VerlagsgesmbH & Co KG, „Zukunft Recyclingbeton: Wenn aus Bauschutt neue Gebäude entstehen“: <https://immo.sn.at/immo-ratgeber/bauen-wohnen/zukunft-recyclingbeton-wenn-aus-bauschutt-neue-gebäude-entstehen-79196839>

¹⁹ Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML, „BauCycle“: <https://www.baucycle.de/>

²⁰ Zukunft Bauen – Forschung für die Praxis Band 06 – Materialströme im Hochbau – Potenziale für eine Kreislaufwirtschaft, Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (2017)

Die anfallenden Bau- und Abbruchabfälle werden meist direkt an den Baustellen wiederverwendet oder in Anlagen zur Herstellung von RC-Baustoffen behandelt. Im Jahr 2018 wurden in Österreich 12,8 von insgesamt ca. 48 Mio. Tonnen mineralische Bau- und Abbruchabfälle und Aushubmaterialien stationären und mobilen Behandlungsanlagen zugeführt – das entspricht etwas mehr als einem Viertel des Aufkommens.²¹ Die wesentlichen In- und Output-Ströme werden in den nachfolgenden Abbildungen dargestellt.

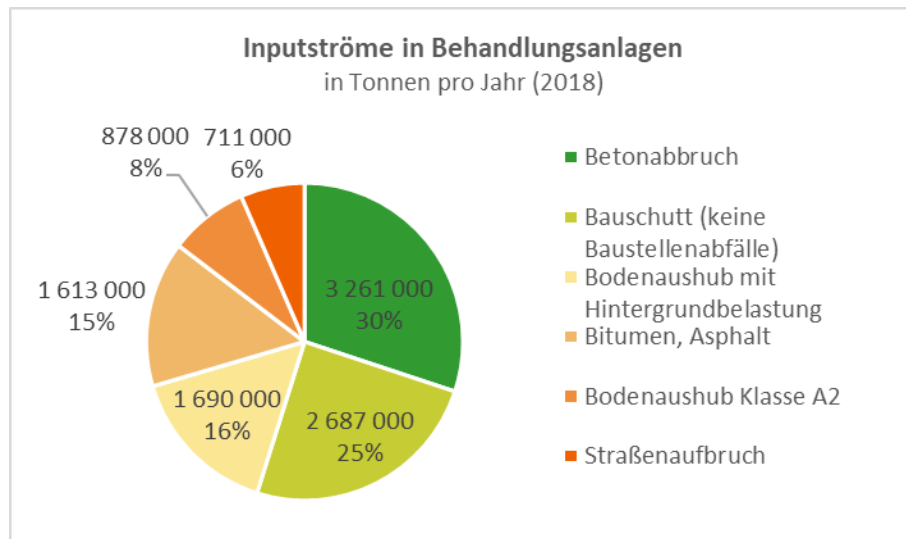


Abbildung 9: Inputströme bedeutender Abfallarten in Behandlungsanlagen 2018, Quelle: Eigene Grafik basierend auf „Die Bestandsaufnahme der Abfallwirtschaft in Österreich – Statusbericht 2020“, Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (2020)

Es ist zu erkennen, dass Massen aus Betonabbruch und Bauschutt mit insgesamt ca. 55 % die größten Anteile an den Inputströmen ausmachen.

²¹ Datenanalyse zur Behandlung von mineralischen Bau- und Abbruchabfällen in Österreich – Detailstudie zum Bundes-Abfallwirtschaftsplan, Umweltbundesamt GmbH (2019)

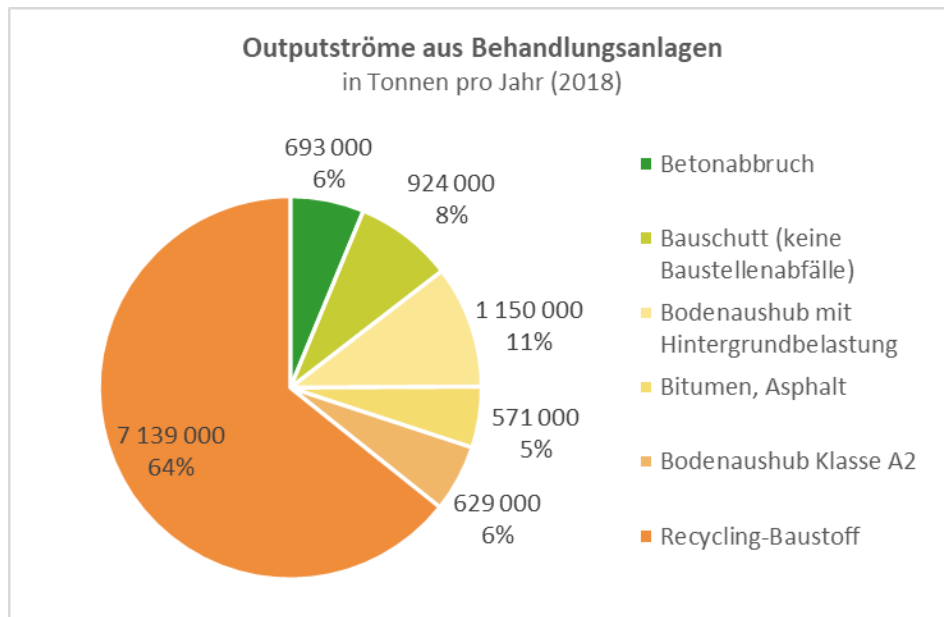


Abbildung 10: Bedeutende Outputströme aus Behandlungsanlagen 2018, Quelle: Eigene Grafik basierend auf „Die Bestandsaufnahme der Abfallwirtschaft in Österreich – Statusbericht 2020“, Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (2020)

Insgesamt wurden 7,1 Mio. Tonnen Recyclingbaustoffe hergestellt, wovon wiederum knapp 0,5 Tonnen bautechnisch verwendet wurden.

Die Recyclat-Mengen können derzeit nur etwa 9 % des jährlichen Bedarfs an Baurohstoffen wie Sand, Kies, Ton und Natursteinen der österreichischen Bauwirtschaft von ca. 100 Mio. Tonnen decken.²² In Deutschland lag der Anteil von Recycling-Baustoffen an der gesamten Nachfrage nach mineralischen Rohstoffen im Jahr 2016 bei rund 11 %, dies entspricht einer Menge von 72,2 Mio. Tonnen an RC-Baustoffen.²³

Der Einsatz von rezyklierten Gesteinskörnungen in der Betonherstellung weist laut Vertretern der heimischen Betonwirtschaft in etwa ein Einsparungspotenzial an Primärrohstoffen von rund 10 bis 15 % auf. Dieser Anteil könnte durch die Verfügbarkeit größerer Mengen an hochwertigem Sekundärmaterial noch gesteigert werden.²⁴

4.2.1. Aktuelle Herausforderungen

Das hochwertige Recycling von Massivbaustoffen ist laut den Rechercheergebnissen durch verschiedene Faktoren limitiert. Aktuell ist zum Beispiel kaum ein wirtschaftlicher Einsatz von Recycling-Bau-

²² Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2017, Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (2017)

²³ Die Nachfrage nach Primär- und Sekundärrohstoffen der Steine- und-Erden-Industrie bis 2035 in Deutschland, Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden e.V. (2019)

²⁴ Beton Dialog Österreich (BDÖ), „Wie Recycling von Beton die Kreislaufwirtschaft im heimischen Bauwesen beschleunigen kann“: <https://baustoffbeton.at/presse/pressemeldung-2021-03-wie-recycling-von-beton-die-kreislaufwirtschaft-im-heimischen-bauwesen-beschleunigen-kann/>

stoffen gegeben. Niedrige Kosten für Primärrohstoffe sowie für die Deponierung von Abfällen gegenüber hohen Kosten für den Transport und die Aufbereitung von Reststoffen stellen das Potenzial der Kreislauffähigkeit von Massivbaustoffen vor wirtschaftliche Grenzen.

Die lokale Verfügbarkeit der anfallenden Reststoffe ist darüber hinaus von zentraler Bedeutung für die weitere Verwendung. Lange Transportwege sind aufgrund niedriger Kosten für Primärrohstoffe und hoher Transportkosten nicht wirtschaftlich, daher gilt es, Reststoffe wieder möglichst lokal einzusetzen. Oftmals findet lokal ein Downcycling der Materialien statt, da zeitlich und örtlich keine Möglichkeiten für eine hochwertige Wiederverwendung der anfallenden Stoffe gegeben sind. Der Einsatz von Recycling-Baustoffen setzt voraus, dass Materialien in gleichbleibender Qualität und in ausreichenden Massenströmen vorliegen. Bei kleineren Abbruchtätigkeiten können diese Anforderungen oft nicht erfüllt werden. Erschwerend wirken bei einer Vor-Ort-Aufbereitung von Bau- und Abbruchabfällen weiters eingeschränkte Platzverhältnisse auf innerstädtischen Bauplätzen, mögliche Staub und Lärmbelastigungen sowie auch aktuelle rechtliche Rahmenbedingungen, welche zur Aufstellung von mobilen Behandlungsanlagen einzuhalten sind.

Aus technologischer Sicht liegt aktuell keine sortenreine Trennung und Aufbereitung der Reststoffe bzw. keine angemessene Materialreinheit im Rückbau vor, welche für die Herstellung hochwertiger Sekundärmaterialien erforderlich ist. Verunreinigungen sowie Schad- und Störstoffe im Abbruchmaterial, wie z.B. Asbest, künstliche Mineralfasern, Schwermetalle oder Sulfate durch Gipsanteile, stellen ein Problem für die Aufbereitung von RC-Baustoffen dar, da sie negative Auswirkungen auf die Materialeigenschaften von RC-Produkten haben. Auch die Zunahme von Verbundmaterialien im Bauwesen erschwert einen sortenreinen Rückbau.

Abgesehen von wirtschaftlichen und technologischen Faktoren, liegen aktuelle Herausforderungen in hohem Maße auch an der fehlenden Akzeptanz wie auch der unzureichenden Bekanntheit seitens der Nutzer*innen und Anwender*innen von Baurestmassen, wie z.B. Planer*innen, Architekt*innen und Bauherr*innen. Materialien sind oftmals immer noch als „Abfall“ deklariert, was bei potenziellen Anwender*innen negative Assoziationen hervorruft und abschreckend wirkt. Eine unklare Rechtslage zur Anwendung von RC-Baustoffen sowie mangelndes Vertrauen in die Qualität beschränkt die Nachfrage nach Recyclingmaterial. Dadurch wird wiederum die Entwicklung von Infrastrukturen für die Bewirtschaftung und das Recycling von Bau- und Abbruchmaterialien gehemmt.²⁵

Im Bereich des Betonrecyclings gilt die Schweiz als Vorreiter in Europa. Dies liegt unter anderem daran, dass Gesteinskörnungen zur Herstellung von Baumaterialien knapper und daher teurer, und die gesetzlichen Rahmenbedingungen für Recyclingbaustoffe förderlich sind. Der wirtschaftliche Druck hinsichtlich der Wiederverwendung wertvoller Baustoffe ist dadurch groß und damit auch die Motivation zur Findung innovativer Lösungen. Laut aktuellen Schätzungen werden im Hochbau bereits ca. 25 % an RC-Beton eingesetzt.²⁶

25 EU-Protokoll über die Bewirtschaftung von Bau- und Abbruchabfällen, Europäische Kommission (2016)

26 Innovations- und Technologietransfer Salzburg GmbH, „Aus einem alten Haus ein neues bauen“: <https://www.itg-salzburg.at/topics/betonrecycling-salzburg>

4.2.2. Begriffsabgrenzungen

Gebäude benötigen in ihrem Lebenszyklus bei ihrer Errichtung, Instandhaltung und Wartung und ihren Sanierungs- und Entwicklungszyklen beträchtliche Materialressourcen. Hinsichtlich der stofflichen und abfallwirtschaftlichen Aspekte können folgende Leitprinzipien unterschieden werden:

- **Vermeiden – Reduce:** Maßnahmen zur Verringerung von Abfallmengen. Beispielhafte Maßnahmen: schlanke Konstruktionen, optimierte Raumgrößen, Vorortverwendung von Aushub, Sand und dergleichen
- **Wiederverwenden – Reuse:** möglichst gleichwertige Weiterverwendung von Materialien, Bauteilen oder eingesetzten Technologien
- **Produktorientierte Verwertung – Recycling:** Aufbereitung von Materialien zur Wiederverwendung in Produkten oder Technologien in vergleichbaren oder geringwertigeren Produkten. **Upcycling** beschreibt dabei die Aufbereitung von Materialien zu höherwertigen Produkten, eine stoffliche Aufwertung von Abfallströmen. Beim **Downcycling** hingegen entspricht das verwertete Material nicht mehr der ursprünglichen Wertigkeit und eröffnet daher nur geringwertigere Einsatzmöglichkeiten.
- **Sonstige Verwertung:** energetisch-thermische Verwertung, Verfüllung
- **Entsorgung / Deponierung,** sofern die oben genannten Prinzipien nicht anwendbar sind.

Eine entscheidende Voraussetzung für die Wiederverwendung oder möglichst hochwertige Verwertung ist die Trennbarkeit von Bauteilen, Baustoffen bzw. Materialien, die eine Aufbereitung mit hohem Reinheitsgrad befördert.

Zum besseren Verständnis und um oftmals fälschlich verwendete Begriffe im Rahmen dieser Studie eindeutig zu definieren, wird im Folgenden eine Begriffsabgrenzung laut Abfallwirtschaftsgesetz (AWG 2002)²⁷ vorgenommen:

- Laut § 2 (5) 4. ist „**Wiederverwendung**“ jedes Verfahren, bei dem Produkte sowie Bestandteile, die keine Abfälle sind, wieder für denselben Zweck verwendet werden, für den sie ursprünglich eingesetzt und bestimmt waren.
 - Beispiele: Wiederverwendung von Parkettboden, Fliesen, Pflastersteine
- Laut § 2 (5) 5. ist „**Verwertung**“ jedes Verfahren, als deren Hauptergebnis Abfälle innerhalb der Anlage oder in der Wirtschaft in umweltgerechter Weise einem sinnvollen Zweck zugeführt werden, indem
 - a) sie andere Materialien ersetzen, die ansonsten zur Erfüllung einer bestimmten Funktion verwendet worden wären, oder
 - b) – im Falle der Vorbereitung zur Wiederverwendung – die Abfälle so vorbereitet werden, dass sie diese Funktion erfüllen.
- Als Verwertung gilt die Vorbereitung zur Wiederverwendung, das Recycling und jede sonstige Verwertung (z.B. die energetische Verwertung, die Aufbereitung von Materialien, die für die Verwendung als Brennstoff bestimmt sind, oder die Verfüllung) einschließlich der Vorbehandlung vor diesen Maßnahmen.

27 Bundesministerium für Digitalisierung und Wirtschaftsstandort, Rechtsinformationssystem des Bundes (RIS), „Bundesrecht konsolidiert: Gesamte Rechtsvorschrift für Abfallwirtschaftsgesetz 2002“: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20002086>

- Laut § 2 (5) 7. ist „**Recycling**“ jedes Verwertungsverfahren, durch das Abfallmaterialien zu Produkten, Sachen oder Stoffen entweder für den ursprünglichen Zweck oder für andere Zwecke aufbereitet werden. Es schließt die Aufbereitung organischer Materialien ein, aber nicht die energetische Verwertung und die Aufbereitung zu Materialien, die für die Verwendung als Brennstoff oder zur Verfüllung bestimmt sind.

4.3. Rechtliche Rahmenbedingungen

Sowohl auf europäischer als auch auf österreichischer Ebene bestimmen rechtliche Regularien maßgeblich den Rahmen, innerhalb dessen sich die Kreislaufwirtschaft der Massivbauindustrie bewegt.

4.3.1. Europäische Rechtslage

Das Recycling von Baustoffen wird auf europäischer Ebene in diversen Richtlinien, Strategien und Aktionsplänen behandelt, welche nachfolgend kurz beschrieben sind.

Die aktuell gültige **Abfallrahmenrichtlinie (2008/98/EG)** baut auf der neuen **Thematischen Strategie zur Abfallvermeidung und -verwertung (KOM(2005) 666)** auf, welche im Jahr 2005 von der EU-Kommission erstellt wurde. Die Abfallrahmenrichtlinie legt den Rechtsrahmen für den Umgang mit Abfällen in der EU fest und ist in nationales Recht umzusetzen. Übergeordnete Ziele sind, die menschliche Gesundheit, die Umwelt und Ressourcen zu schützen, indem mehr Abfälle getrennt erfasst und einer entsprechenden Verwertung zugeführt werden. Die Richtlinie definiert neben spezifischen Kriterien wie Schadstoff-Grenzwerte oder Kriterien bzgl. möglicher negativer Umweltauswirkungen auch folgende Bedingungen für das Ende der Abfalleigenschaft bzw. das Abfallende:

1. Der Stoff oder Gegenstand wird gemeinhin für bestimmte Zwecke verwendet.
2. Es besteht ein Markt für diesen Stoff oder Gegenstand oder eine Nachfrage danach.
3. Der Stoff oder Gegenstand erfüllt die technischen Anforderungen für die bestimmten Zwecke und genügt den bestehenden Rechtsvorschriften und Normen für Erzeugnisse und
4. die Verwendung des Stoffs oder Gegenstands führt insgesamt nicht zu schädlichen Umwelt- oder Gesundheitsfolgen.

Kriterien für das Ende Abfalleigenschaft werden unter anderem für Bau- und Abbruchabfälle, Aschen und Schlacken oder körniges Gesteinsmaterial entwickelt.

Folgende Abfallhierarchie ist definiert: Abfallvermeidung – Vorbereitung zur Wiederverwendung – Recycling – sonstige Verwertung, z.B. energetische Verwertung – Beseitigung. Die Vorbereitung zur Wiederverwendung, das Recycling und die sonstige stoffliche Verwertung nicht gefährlicher Bau- und Abbruchabfälle sollte bis zum Jahr 2020 auf mindestens 70 Gewichtsprozent erhöht werden.

Diese Quote ist auch in der **Taxonomie-Verordnung ((EU) 2020/852)** festgelegt, welche als eines von sechs Umweltzielen zur Bestimmung der ökologischen Nachhaltigkeit einer Wirtschaftstätigkeit den Übergang zu einer Kreislaufwirtschaft beschreibt (Inkrafttreten 2023). Bezogen auf den Bausektor gibt die Verordnung an, dass der Ressourcenverbrauch durch „... Produktgestaltung und Auswahl von Materialien, Umfunktionierung, Demontage und Abbau...“ zu reduzieren ist.

Der **Fahrplan für ein ressourcenschonendes Europa** (KOM(2011) 571) definiert als eines der Hauptziele, die Produktivität bei geringerem Ressourceneinsatz zu steigern und damit den Übergang zu einer funktionierenden Kreislaufwirtschaft zu schaffen. Entsprechend werden die dafür notwendigen strukturellen und technischen Änderungen bis 2050 dargestellt.

Darüber hinaus beschreibt die Mitteilung der Europäischen Kommission zum **Effizienten Ressourceneinsatz im Gebäudesektor** (COM(2014) 445 final) die Förderung einer effizienteren Nutzung von Ressourcen im Bausektor und die Verringerung der Umweltauswirkungen während des Lebenszyklus von Bauwerken. Die Initiative soll dazu beitragen, das Informationsdefizit in der Planungsphase und bei der Wahl der Baumaterialien zu beheben, da diese den Ressourcenverbrauch entscheidend beeinflussen. Klar definierte und messbare Indikatoren für die Bewertung der Umweltverträglichkeit von Gebäuden sollen diesen Prozess unterstützen.

Das **EU-Kreislaufwirtschaftspaket** von 2015 setzt rechtsverbindliche Ziele für das Abfallrecycling und die Verringerung der Deponierung mit konkreten Fristen fest und besteht aus dem **Abfallpaket** mit folgenden vier Richtlinien

1. Abfallrahmenrichtlinie (Richtlinie (EU) 2018/851),
2. Richtlinie über Abfalldéponien (Richtlinie (EU) 2018/850),
3. Richtlinie über Verpackungen und Verpackungsabfälle (Richtlinie (EU) 2018/852) und
4. Richtlinien über Altfahrzeuge, über Batterien und Akkumulatoren sowie Altbatterien und Altakkumulatoren sowie über Elektro- und Elektronik-Altgeräte (Richtlinie (EU) 2018/849)

sowie einem umfangreichen **Aktionsplan der EU für die Kreislaufwirtschaft** (COM(2015) 614). Maßnahmen von der Verbesserung des Produktdesigns bis zur Abfallbewirtschaftung sollen eine kreislaforientierte Wirtschaft forcieren. Im Themenfeld „Bau- und Abbruchabfälle“ beinhaltet der Aktionsplan Maßnahmen hinsichtlich Designverbesserungen, um die Umweltauswirkungen über den Lebenszyklus von Gebäuden zu verringern und die Langlebigkeit und Recyclingfähigkeit von Bestandteilen zu erhöhen. Weiters sollen die Ausarbeitung von Indikatoren für die Bewertung der Umweltleistung während des Lebenszyklus von Gebäuden sowie deren Anwendung bei Bauvorhaben durch große Demonstrationsprojekte forciert werden.

Vor dem Hintergrund der Zielsetzung eines ressourcenschonenden Europas, der Erreichung der Klimaneutralität und einer nachhaltigen Gestaltung der europäischen Wirtschaft bis 2050 werden im Rahmen des Green Deal und des **neuen Aktionsplans für die Kreislaufwirtschaft** (COM(2020) 98) neue Ziele für die Abfallwirtschaft festgelegt. Eine umfassende Strategie für eine nachhaltige bauliche Umwelt soll das Potenzial zur Steigerung der Materialeffizienz und zur Verringerung der Klimaauswirkungen ausschöpfen. Die Grundsätze der Kreislaufwirtschaft sollen dabei über den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes gefördert werden. Eine Revision der Bauprodukteverordnung und eine Revision der Recyclingziele für Bau- und Abbruchabfälle und ihre materialspezifischen Fraktionen sind als Maßnahmen angedacht und ein gut funktionierender EU-Markt für Sekundärrohstoffe soll geschaffen werden. Darüber hinaus wird die im Green Deal angekündigte Initiative „Renovierungswelle“ im Einklang mit den Grundsätzen der Kreislaufwirtschaft umgesetzt – dabei liegt ein besonderer Fokus auf der höheren Lebensdauer von Bauteilen.

4.3.2. Österreichische Rechtslage

Das **Abfallwirtschaftsgesetz 2002 (AWG)** bildet die wichtigste gesetzliche Grundlage der Abfallwirtschaft in Österreich. Wesentliche Inhalte sind die Vermeidung, Vorbereitung zur Wiederverwendung, Recycling, sonstige Verwertung und Beseitigung von Abfällen, Pflichten von Personen, die in der Abfallwirtschaft tätig sind, sowie Vorgaben für Abfallbehandlungsanlagen. Darüber hinaus definiert das AWG den Abfallbegriff und die Abfalleigenschaften.

Der **Bundes-Abfallwirtschaftsplan (BAWP)**²⁸ dient der Verwirklichung der Ziele und Grundsätze des AWG 2002 und ist mindestens alle sechs Jahre von der zuständigen Bundesminister*in zu erstellen - aktuell liegt die siebente Ausgabe von 2017 vor. Er enthält eine detaillierte Darstellung der abfallwirtschaftlichen Situation, die durchgeführten und geplanten Maßnahmen zur Erreichung der Vorgaben des AWG 2002, Behandlungsgrundsätze sowie das Abfallvermeidungsprogramm. Darüber hinaus beschreibt er die Leitlinien zur grenzüberschreitenden Abfallverbringung.

Die **Abfallverzeichnisverordnung 2020 (BGBl. II 409/2020)** beschreibt die in der ÖNORM S2100 „Abfallverzeichnis“ aufgelisteten Abfallarten und ordnet Abfälle entsprechenden Abfallarten zu. Gefahrenrelevante Eigenschaften und Kriterien zur Einstufung gefährlicher Abfälle sowie die Durchführung evtl. erforderlicher Untersuchungen zur Feststellung der Abfallart sind in der Abfallverzeichnis-VO definiert.

Die **Recycling-Baustoffverordnung (BGBl. II Nr. 181/2015)**, welche mit 1. Jänner 2016 novelliert wurde, legt die rechtlichen Rahmenbedingungen zum Recycling fest. Sie definiert zulässige Abfallarten für die Herstellung von und Qualitätsklassen für Recycling-Baustoffe sowie Anforderungen, die beim Abbruch von Gebäuden standardisiert zu erfüllen sind – mit dem Fokus auf einem verwertungsorientierten Rückbau.

§ 1. „Ziel dieser Verordnung ist die Förderung der Kreislaufwirtschaft und Material-effizienz, insbesondere die Vorbereitung zur Wiederverwendung von Bauteilen und die Sicherstellung einer hohen Qualität von Recycling-Baustoffen, um das Recycling von Bau- oder Abbruchabfällen im Sinne unionsrechtlicher Zielvorgaben zu fördern.“
(Recycling-Baustoffverordnung – RBV, Fassung vom 13.04.2021)

Die RBV gibt die verpflichtende Trennung der Baurestmassen in Kunststoffe, Holz, Asphalt, Beton, mineralische Baurestmassen, Bodenaushub und Siedlungsabfälle vor. Dadurch soll eine verbesserte Verwertung in Recyclinganlagen erreicht werden. Bei Bauvorhaben mit Abbrüchen mit mehr als 750 t Bau- oder Abbruchabfällen (exkl. Aushubmaterial) ist eine Schad- und Störstofferkundung gemäß ÖNORM B3151 durch eine rückbaukundige Person durchzuführen. Dabei sind auch jene Bauteile zu dokumentieren, welche einer Vorbereitung zur Wiederverwendung zugeführt werden können. Der Abbruch selbst hat anschließend als Rückbau zu erfolgen. Dabei sind Schad- und Störstoffe wie z.B. Gips zu entfernen und Bauteile, die wiederverwendet werden können, entsprechend auszubauen. Diese Tätigkeiten sind vor einem maschinellen Rückbau durchzuführen und die Schad- und Störstoffe enthaltenden Abfälle einer ordnungsgemäßen Behandlung zuzuführen. Die RBV ermöglicht weiters ein vorzeitiges Abfallende für qualitätsgesicherte Recycling-Baustoffe.

²⁸ Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK), „Bundes-Abfallwirtschaftsplan (BAWP)“: https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/abfall/aws/bundes_aws/bawp.html

Zur Forcierung der Kreislaufwirtschaft wurde am 1. April 2021 die **Deponie-Verordnungsnovelle** (BGBl. II 144/2021) veröffentlicht, welche ab 1. Jänner 2024 das Deponieren von Abfällen verbietet, die sich für Recycling und andere Formen der Verwertung eignen.

„Zur Schaffung einer Kreislaufwirtschaft soll im Einklang mit der Abfallhierarchie angestrebt werden, dass Abfälle, die sich zum Recycling und anderen Formen der Verwertung eignen, zukünftig nicht auf Deponien zur Ablagerung angenommen werden.“

Dazu zählen Ziegel aus der Produktion, Straßenaufbruch, technisches Schüttmaterial, Betonabbruch, Gleisschotter, Asphalt, Einkehrsplitt und Recycling-Baustoffe der Qualitätsklasse U-A. Das Deponierungsverbot betrifft ab 1. Jänner 2026 außerdem Gipsplatten, Gipswandbauplatten und faserverstärkte Gipsplatten (Gipsplatten mit Flies-Armierung, Gipsfaserplatten). Die längere Übergangsfrist ist dem Umstand geschuldet, dass in Österreich kein flächendeckendes Gipsrecycling vorhanden ist und die erforderliche Logistik erst aufgebaut werden muss. Ende 2026 wird auch das Ablagern von künstlichen Mineralfasern (KMF) verboten sein.²⁹

In der **ÖNORM B 3151** „Rückbau von Bauwerken als Standardabbruchmethode“ von 2014 werden die bei der Projektierung und Ausführung erforderlichen Maßnahmen für den Rückbau von Bauwerken im Hoch- und Tiefbau, einschließlich Linienbauwerken und befestigten Flächen beschrieben. Sie definiert darüber hinaus die Grundsätze für die Trennung der Materialien hinsichtlich einer Verwertung oder Beseitigung im Sinne eines Rückbaus mit sortenreinen Abfallfraktionen, welche möglichst frei von Schad- und Störstoffen sind. Damit bildet sie die Grundlage für ein hochwertiges Recycling.

Die **ÖNORM B 4710-1** „Beton - Festlegung, Eigenschaften, Herstellung, Verwendung und Konformität - Teil 1“ aus dem Jahr 2018 ist die nationale Umsetzung der EN 206, der europäischen Betonnorm, und beschreibt die Verwendung von Recyclingbaustoffen in Bezug auf die zulässigen Austauschraten von Recyclinggesteinskörnungen.

4.4. Aktuelle F&E-Aktivitäten

Die nachfolgenden Kapitel beschreiben ausgewählte Forschungs- und Entwicklungs-Aktivitäten in den Bereichen Baustoffe, Technologie-Entwicklung und Prozess-Innovationen im Themenfeld der Kreislauffähigkeit von Massivbaustoffen.

4.4.1. Baustoff Zement und Beton

Bei der Zement- und Betonherstellung liegt der Fokus der Forschungsaktivitäten auf der Reduktion der herstellungsbedingten CO₂-Emissionen. Im Jahr 2018 wurden in Österreich je hergestellter Tonne Zement 521 kg CO₂ emittiert³⁰ – durchschnittlich liegt der Wert etwa bei 700 kg CO₂ je Tonne Zement. Die Betonzusammensetzung spielt in dieser Hinsicht eine wichtige Rolle. Aktuell wird daran geforscht, den Anteil an Kalkstein bzw. Zementklinker zu reduzieren, da dieser für einen Großteil der

²⁹ BRV – Österreichischer Baustoff-Recycling Verband, „Deponieverbot für Beton, Asphalt, Straßenaufbruch – Baustoff-Recycling ist die erste Wahl!“: <https://brv.at/deponieverbot-fuer-beton-asphalt-strassenaufbruch-baustoff-recycling-ist-die-erste-wahl/>

³⁰ Auf dem Weg zu einer CO₂-neutralen Gesellschaft – Jahresbericht 2018/19 der österreichischen Zementindustrie, Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie (VÖZ) (2019)

herstellungsbedingten Emissionen verantwortlich ist. Sekundärstoffe aus Industrieprozessen wie z.B. Hochofenschlacken (als Ersatz von Klinker) oder Aschen aus der thermischen Abfallbehandlung werden als **alternative Rohstoffe** für die Zementherstellung untersucht, da die Beimengung dieser die CO₂-Bilanz des Zements positiv beeinflussen (z.B. FFG Forschungsprojekt ALTROH³¹). Aktuell genutzte Sekundärrohstoffe aus der Verbrennung von fossilen Brennstoffen wie Steinkohleflugaschen werden aufgrund der Energiewende und des Kohleausstiegs langfristig nicht mehr zur Verfügung stehen.

Ein aktueller Forschungsschwerpunkt liegt im Einsatz von **CSA-Zement** (Zement aus Calciumsulfoaluminat), welcher im Vergleich zu herkömmlichem Portlandzement deutlich niedrigere Brenntemperaturen erfordert. Darüber hinaus führt der geringere Anteil von Kalkstein im CSA-Zement zu einer geringeren Freisetzung von CO₂ im Herstellungsprozess. Insgesamt können so in der Herstellung ca. 200 Kilogramm CO₂ je Tonne Zement eingespart werden.

Im Fall von **alkali-aktiviertem Zement** werden starke alkalische Lösungen wie Natriumsilikate eingesetzt, um die ansonsten durch den Brennvorgang ausgelöste chemische Reaktion anzustoßen. Der energieintensive Brennvorgang entfällt somit.

Die Erforschung von **Öko-Zement** bzw. Öko-Beton befasst sich mit der Verwendung von Magnesiumsilikat, welches im Mineral Olivin enthalten ist. Das Magnesiumsilikat erfordert in der Zementproduktion eine höhere Zugabe von Kohlendioxid als durch das Brennen freigesetzt wird – die CO₂-Bilanz ist somit negativ. Auch die Vereinigung Österreichische Zementindustrie (VÖZ) arbeitet gemeinsam mit Smart Minerals an einem Öko-Zement mit der Bezeichnung „CEM II C“ mit einem Klinkeranteil von nur 50 % im Vergleich zu Portlandkompositzement (CEM II A, CEM II B) mit einem Klinkeranteil von 65 – 94%. In einem nächsten Schritt soll Klinker zunehmend durch neue Zumahlstoffe wie z.B. Dolomit substituiert werden. Kalzinierte Tone, welche regional ausreichend zur Verfügung stehen, sollen in Zukunft ebenfalls als Zumahlstoffe zum Einsatz kommen, um den Rückgang von Hüttsand und Flugasche auszugleichen. Umfassende Untersuchungen sollen dabei die Qualität und Langlebigkeit der neuen Bindemittel sicherstellen.³²

Das „**Carbon Capture and Usage**“-Verfahren zur Abscheidung und Nutzung von CO₂ bei der Herstellung von Zement wird im **Projekt C2PAT**³³ (OMV, Verbund, Borealis und Lafarge Zementwerke) untersucht. Dieses soll in weiterer Folge für die Herstellung verschiedener Kunst- und Kraftstoffe mittels erneuerbaren Wasserstoffes eingesetzt werden. Im Zementwerk Mannersdorf soll bis 2030 eine Anlage im industriellen Maßstab entstehen, welche eine Abscheidung der gesamten jährlichen CO₂-Emissionen von 700.000 Tonnen ermöglicht.

Die Abscheidung von prozessbedingtem CO₂ wurde auch im Rahmen des **EU-Projekts LEILAC**³⁴ (Low Emissions Intensity Lime And Cement) in einer Anlage in Belgien umgesetzt – aktuell liegt die Abscheidequote bei 95 % der Prozessemissionen (60% der Gesamtemissionen). Das Folgeprojekt LEILAC-2, das im April 2020 in Deutschland gestartet wurde, konzentriert sich auf die Skalierung der

³¹ Smart Minerals GmbH, „FFG Forschungsprojekt ALTROH“: <https://www.smartminerals.at/projekte/186-ffg-forschungsprojekt-altroh>

³² Zement + Beton Handels- und Werbeges.m.b.H., „Forschung als Innovationsmotor“: <https://www.zement.at/service/presse/31-2021/330-forschung-als-innovationsmotor>

³³ Lafarge Zementwerke GmbH, „Carbon2ProductAustria“: <https://www.lafarge.at/nachhaltigkeit/c2pat>

³⁴ Calix Europe SARL., „Low Emissions Intensity Lime & Cement – LEILAC“: <https://www.project-leilac.eu/>

CO₂-Minderungstechnologie auf den Demonstrationsmaßstab im Zementwerk Hannover und zielt auf eine Vervierfachung der Kapazität bis Ende 2024 ab.

In einem weiteren Ansatz wird untersucht, das Calciumkarbonat bei der Zementherstellung nicht wie üblich unter hohen Temperaturen zu brennen, sondern in einer **Elektrolysezelle** in Calciumhydroxid umzuwandeln. Da dieser Ansatz derzeit erst im Labormaßstab getestet wird, ist eine Umsetzung in der Industrie und eine tatsächliche Reduktion der CO₂-Emissionen nur langfristig möglich.³⁵

Im Bereich des **Einsatzes von Recycling-Beton** gilt es, neue Verfahren zur Klassifizierung, Sortierung, Reinigung und Wiederaufbereitung des gebrochenen Betons zu entwickeln, Baustoff-Rezepturen zu optimieren und neue Möglichkeiten zu Wiederverwendung bzw. zum Recycling aufzuzeigen (vgl. 4.4.4).

4.4.2. Baustoff Ziegel

Auch bei der Herstellung von Ziegeln gilt es in Anbetracht der Klimaziele, den Energieverbrauch wie auch die herstellungsbedingten CO₂-Emissionen zu reduzieren. Zur Dekarbonisierung der Branche wird auf die Elektrifizierung und Nutzung erneuerbaren Stroms sowie auf energetische Optimierungen im Produktionsprozess gesetzt. Dazu werden unter anderem Verfahren zur energiesparenden Ziegel Trocknung entwickelt und Hochtemperatur-Wärmepumpen an den Trocknern eingesetzt. Hinsichtlich Ressourcenschonung und eines verringerten Materialbedarfs werden die unterschiedlichen Einsatzmöglichkeiten von Ziegelbruch in verschiedenen Forschungsansätzen untersucht.

Ziegel- bzw. Mauerwerksbruch wird bereits als **Zuschlagstoff für Recycling-Beton** eingesetzt. Der Fokus liegt dabei auf der Optimierung der Massenanteile sowie verbesserter Betonrezepturen hinsichtlich des maximal möglichen Anteils an Gesteinskörnungen aus Ziegelbruch, ohne negative Auswirkungen auf die Produkteigenschaften wie die Betonfestigkeit zu bewirken. Zur Substituierung von Primärrohstoffen wie Kies oder gebrochenes Primärgestein sind hochwertige Gesteinskörnungen und damit ein möglichst sortenreiner Rückbau bzw. Abbruch erforderlich. Mehle aus Ziegelbruch werden **weilers als Ersatz von Steinkohlenflugasche** als puzzolanischer Bestandteil von Zementen oder als Zusatzstoff im Beton eingesetzt.

Geforscht wird auch an der **Zugabe von Industrieabfällen** in den Ton, was eine Verringerung der Wasseraufnahme der gebrannten Keramiken zur Folge hat und damit die Eigenschaften des Endprodukts verbessert.

Die Nutzung von **Baustellenaushub als Rohstoff** für die Ziegelherstellung ist möglich, wenn Aushubmaterial regional in möglichst großer Menge sowie gleichbleibender Qualität vorliegt und die keramisch-technische Eignung (lehm- und tonhaltige Erde, geringer Humusanteil) für die Produktion aufweist. Die Deponierung natürlicher Böden kann dadurch vermieden und Ressourcen können geschont werden.

35 Verlag Der Tagesspiegel GmbH, „Die klimaschädliche Gier nach Zement - Klimakiller Beton“: <https://www.tagesspiegel.de/wissen/die-klimaschaedliche-gier-nach-zement-klimakiller-beton/25033772.html>

Die direkte Weiterverwendung oder der **Re-Use von kompletten Ziegeln** erfordert die Entwicklung demontierbarer Verbindungen wie z.B. schwächere Mörtel oder mechanische Systeme zur Verbindung der Ziegel. Darüber hinaus ist die Haltbarkeit recycelter Ziegel nicht einheitlich bzw. variieren deren Eigenschaften, sodass diese nur in statisch unbelasteten Bereichen eingesetzt werden können.

Ein deutsches Unternehmen entwickelte den Prototypen eines **Vollziegels aus recycelten Ziegelresten** und mineralischen Bindemitteln, welcher ohne Brennvorgang mit einem speziellen Press-Verfahren hergestellt und an der Luft getrocknet wird. Die Serienproduktion erfordert aber erst die Schaffung eines neuen Betriebszweigs und einen hohen logistischen Aufwand zur Beschaffung des recycelten Materials. Dieses wiederum stellt hohe Anforderungen an die Materialqualität, da nur hochwertiger Ziegelsand zur Anwendung kommen darf.³⁶

4.4.3. Baustoff Gips

Gips weist in modernen Gebäuden einen eher geringen Anteil an den verbauten Materialien von bis zu 7 % auf³⁷, ist aber in Bezug auf seine Kreislaufführung interessant. Bedingt durch den Kohleausstieg rückläufige Mengen an REA-Gips (dieser fällt bei der Rauchgasentschwefelung von Verbrennungsanlagen an) einerseits und die steigende Nachfrage und zunehmende Produktionsmengen an Gipsbaustoffen andererseits, erfordern zukünftig alternative Gips-Bezugsquellen.

Hemmnisse beim Rezyklieren von Gips liegen derzeit in der geringen Anzahl an geeigneten Recyclinganlagen, der notwendigen Separierung des Gipses aus den Bauabfällen sowie der nicht vollständig abtrennbaren Anteile an organischen Bestandteilen, welche Einschränkungen bei der Weiterverwendung verursachen. Aktuell werden gipshaltige Abfälle hauptsächlich deponiert, wobei dabei das in Gipsprodukten enthaltene Sulfat problematisch ist, da es das Grundwasser gefährden und dem Deponiekörper schaden kann. Eine vermehrte Rückführung von aufbereiteten Gipsabfällen weist aufgrund knapper werdender Naturgipsressourcen, der rückläufigen Verfügbarkeit von REA-Gips sowie der problematischen Deponierung von Gipsabfällen ökonomische als auch ökologische Vorteile auf.

Die Qualität von **Recycling-Gips** entspricht aktuell in der Regel den hohen Anforderungen der Gips-Industrie, wobei auch hier die Zusammensetzung und Eignung des Eingangsmaterials eine erhebliche Rolle spielen. RC-Gips hat im Vergleich zu REA-Gips den Vorteil, dass er einen geringeren Feuchtegehalt aufweist und damit einen geringeren Energieeinsatz bei der Kalzinierung erfordert.

Nachteile beim Gips-Recycling bestehen hingegen in Bezug auf eine geringere Reinheit und eine deutlich geringere Kristallgröße von RC-Gips im Vergleich zu REA-Gips und Naturgips. Dies führt zu einem höheren Wasserverbrauch bei der Verarbeitung, einem reduzierten Output der Anlagen und einem erhöhten Energieverbrauch im Trocknungsprozess bei der Verwertung als Gipskarton- oder Gipsfaserplatte. **Innovative Verfahren zur thermischen Behandlung** von Recycling-Gips können den RC-Gipsanteil bei der Produktion erhöhen.³⁸

³⁶ Leipfinger-Bader GmbH, „Aus Ziegelsand ohne Brand“: <https://www.leipfinger-bader.de/presseinfo/aus-ziegelsand-ohne-brand/>

³⁷ BRV – Österreichischer Baustoff-Recycling Verband, „Deponieverbot für Beton, Asphalt, Straßenaufbruch – Baustoff-Recycling ist die erste Wahl!“: <https://brv.at/deponieverbot-fuer-beton-asphalt-strassenaufbruch-baustoff-recycling-ist-die-erste-wahl/>

³⁸ Dr. Winfried Aschern, Lindner Norit GmbH, schriftliche Übermittlung eigener Werkserfahrungen vom 22. März 2021

Gipskartonplatten (GKP) mit einem Gipsgehalt von 80-95 % eignen sich stofflich hervorragend für die Herstellung von RC-Gips, allerdings ist die sortenreine Trennung des Papiers aktuell schwierig. Geforscht wird unter anderem daran, die Anhaftungen zwischen Gips und Papier zu minimieren und auch den möglichen Einfluss der Farbgebung der GKP auf spätere RC-Produkte zu analysieren. Herausforderungen bezüglich der Verwertung des Kartons bzw. des Papiers in der Papierindustrie bestehen aktuell aufgrund der Anhaftungen, da sich z.B. das Calciumsulfat im Papierkreislauf aufsummiert. Bei Gipsfaserplatten besteht die Problematik, dass Papierfasern bei der Aufbereitung nicht ausgeschleust werden können und sich anreichern, daher sind Gipskartonplatten und Gipsfaserplatten möglichst getrennt zu halten.

Gipsanteile gelten als Störstoffe und verursachen **Verunreinigungen von Recycling-Produkten** wie z.B. eine verringerte Festigkeit von Beton, daher ist der Gips-Anteil in Baustoffen jedenfalls geringer als 5 % zu halten. Aktuell wird RC-Gips bei der Herstellung von Estrichbindemitteln (Fließestriche) oder auch als Sulfatträger in der Zementindustrie eingesetzt.

4.4.4. Technologieentwicklungen

Aktuelle Entwicklungen auf Technologie-Ebene befassen sich mit der **Verbesserung der Sortenreinheit** von Bau- und Abbruchabfällen als Basis für die erforderliche technische Qualität und Schadstofffreiheit sowie einer erhöhten Verwertungsquote. **Innovative Aufbereitungsverfahren** wie z.B. die elektrodynamische Fragmentierung, nasschemische Verfahren, elektro-optische Sortiertechniken³⁹ oder auch Einzelinnovationen wie spezielle Brechtechnologien, haben als Ziel, unbedenklich verwendbare mineralische Restfraktionen bereitzustellen, da derzeit eingesetzte mechanische Verfahren keine sortenreine Aufbereitung ermöglichen. Seit 2016 forschte ein Team des Fraunhofer-Instituts im Projekt „**MAVO BauCycle**“ an der Sortierung und Aufbereitung von Abbruchmaterialien zur Herstellung von Recycling-Baustoffen zum hochwertigen Einsatz im ursprünglichen Baukreislauf.⁴⁰

Forscher*innen des Fraunhofer IBP untersuchen im Projekt „**ENSUBA**“ nasschemische Aufbereitungsverfahren zur Entfernung des Störstoffs Sulfat aus dem Bauschutt, um diesen umweltschonender deponieren oder sogar wiederverwenden zu können. Im Labormaßstab konnte bereits ein Großteil der chemisch gebundenen Sulfatphasen aus dem Bauschutt entfernt und darüber hinaus reiner Gips zurückgewonnen werden.⁴¹

Das Ziel des Projekts „**CICO – Circle Concrete**“, an dem ein Konsortium bestehend aus Salzburg Wohnbau, Deisl-Beton, Baumeister Steiner, Universität Salzburg, Fachhochschule Salzburg, Bautechnische Versuchs- und Forschungsanstalt Salzburg arbeiten, ist es, den aus dem Rückbau von Gebäuden gewonnenen Altbeton wieder für die Herstellung von möglichst hochwertigem RC-Beton einzu-

³⁹ Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP, „Aufbereitungsverfahren von Rohstoffen“: <https://www.ibp.fraunhofer.de/de/kompetenzen/mineralische-werkstoffe-baustoffrecycling/aufbereitungsverfahren.html>

⁴⁰ Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML, „BauCycle“: <https://www.baucycle.de/>

⁴¹ Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP, „ENSUBA“: <https://www.ibp.fraunhofer.de/de/projekte-referenzen/ensuba.html>

setzen. Mindestens 70 % des bei Projekten der Salzburg Wohnbau rückgebauten Betons sollen wiederverwendet werden – dazu werden Aufbereitungsverfahren optimiert, neue Betonrezepturen entwickelt und erprobt und neue Standards zur Qualitätssicherung definiert.⁴²

Ein weiterer Forschungsschwerpunkt sind leichter trennbare Verbindungen zwischen Baustoffen und Bauteilen, welche in Hinblick auf den vermehrten Einsatz von Verbundwerkstoffen entscheidend zu einem sortenreinen Rückbau beitragen können.

Geforscht wird auch an neuen Einsatzmöglichkeiten von RC-Produkten wie z.B. Betonrezepturen mit klinker-reduziertem Zement im Projekt „**RCC – Reduced Carbon Concrete**“⁴³.

Die Forschungsplattform „**Reconstruct**“ befasst sich mit zukunftssichernden Innovationen im Massivbausektor, wobei unter anderem eine funktionalitäts- und kreislaforientierte Wertschöpfung und eine Transformation der Baustoffindustrie im Sinne einer Circular Economy thematisiert werden.

44

Neue Bau- und Energietechnologien, Materialien und Systeme werden im modularen Forschungs- und Innovationsgebäude **NEST** in der Schweiz erforscht. Nach einem Plug & Play-Prinzip können hier Innovationsmodule installiert, getestet und weiterentwickelt werden. Die **Urban Mining and Recycling-Unit „UMAR“**, welche einen verantwortungsvollen Umgang mit natürlichen Ressourcen und eine ansprechende architektonische Form verbindet, stellt gleichzeitig ein Materiallabor und ein temporäres Materiallager dar. Sie unterliegt dem Ansatz, dass alle zur Herstellung eines Gebäudes benötigten Ressourcen vollständig wiederverwendbar, wiederverwertbar oder kompostierbar sein müssen und nach der Nutzung in den Kreislauf zurückgeführt werden.⁴⁵

4.4.5. Prozess-Innovationen

Prozess-Innovationen finden aktuell einerseits hinsichtlich der Notwendigkeit **neuer Geschäftsmodelle** statt, wobei hier Gesamtkonzepte für den Rückbau, die Verwertung und Verwendung von Gebäuden und Bauteilen entwickelt werden. Andererseits wird an Methoden zur digitalen Erfassung, Analyse und Bewirtschaftung von Materialressourcen im Sinne von **Materialdatenbanken** aufgeforscht. Dabei spielt der Einsatz von **Building Information Modeling (BIM)** als Software-unterstützte Bauwerks-Datenmodellierung über den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes eine wichtige Rolle. In Zukunft wird BIM beim Rückbau von Gebäuden voraussichtlich noch an Bedeutung gewinnen und manuelle Verfahren zur Erfassung von verwendeten Materialien und deren Volumina zunehmend ablösen.

42 Innovations- und Technologietransfer Salzburg GmbH, „Aus einem alten Haus ein neues bauen“: <https://www.itg-salzburg.at/topics/betonrecycling-salzburg>

43 Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK), „RCC – Reduced Carbon Concrete: Implementierung von CO₂-reduzierten Betonen auf der Baustelle“: <https://nachhaltigwirtschaften.at/de/sdz/projekte/reduced-carbon-concrete.php>

44 Austrian Institute of Economic Research (WIFO), ReConstruct – Rethinking the Future of Construction Materials“: <https://www.rethinkconstruction.net/>

45 Empa, „Urban Mining & Recycling“: <https://www.empa.ch/de/web/nest/urban-mining>

Die **Optimierung von Logistik-Prozessen** spielt bei der Kreislaufführung von Massivbaustoffen eine wichtige Rolle, da gerade bei schweren Gütern Transporte einen wesentlichen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit haben. Daher ist die Erstellung einer Massenübersicht für Österreich relevant, welche darstellt, wo „mittelfristig konstante“ Baurestmassenströme anfallen und welche potenziellen Abnehmer*innen im Hoch-, Tief- und Infrastrukturbau lokal vorhanden sind. Die Tief- und Infrastrukturbaubranchen stellen hier mengenmäßig die größten Abnehmer dar.

Eine funktionierende Kreislaufwirtschaft im Massivbausektor erfordert die Einbindung aller Akteure der gesamten Wertschöpfungskette. Die verstärkte **Einbindung von Primärbranchen** ermöglicht eine bessere Vernetzung zwischen der Abfallindustrie (inkl. der Bauindustrie) und der Rohstoffindustrie (inkl. der Baustoffproduzenten), wobei mittlerweile Trends in Bezug auf eine stärkere Verschränkung der bislang eher separat agierenden Branchen zu erkennen sind.

Der direkten Wiederverwendung (Re-Use) von Massiv-Bauteilen wird hinsichtlich der Verbesserung der Kreislaufführung eher geringe Bedeutung beigemessen. Geforscht wird hingegen an für die Nachhaltigkeit von Gebäuden maßgeblichen Ansätzen wie der **Lebensverlängerung**. Flexible Nutzungskonzepte, welche schon in der Planungsphase mitgedacht werden, ermöglichen eine Weiterverwendung von Objekten über Gebäudestrukturen über deren ursprünglichen Verwendungszweck hinaus. Die vermehrte Sanierung bzw. Um- und Weiternutzung von Gebäuden und Gebäudeteilen anstelle von Abriss und Neubau kann sowohl den Energie- und Ressourcenverbrauch als auch den Ausstoß von Treibhausgasemissionen im Bausektor drastisch reduzieren.

Materialeffizienz ist im Bausektor ebenfalls ein Forschungsgebiet in Hinblick auf die Ressourcenschonung. Nicht nur in der Wiederverwendung von bestehenden Gebäuden, Gebäudeteilen oder tragenden Elementen, sondern z.B. auch im Design von Leichtbau-Elementen oder der Schaffung schlanker Strukturen durch intelligentes Konstruieren liegt Potenzial zur Ressourcen-, Energie- und Emissionseinsparung.

Auf Baustoff- bzw. Bauteilebene ist die Entwicklung von **nachhaltigem Material- und Produktdesign (Eco-Design)** zu nennen, welches die Kreislauffähigkeit von Beginn an mitberücksichtigt, um das Produkt am Ende seines Lebenszyklus wieder dem Kreislauf zuführen zu können. Speziell die steigende Anzahl an Verbundwerkstoffen erfordert hier neue Ansätze und Lösungen.

5 Expert*innen-Einbindung

5.1. Expert*innen-Interviews

Zur Einordnung und Ergänzung der Recherche-Ergebnisse sowie zur ersten Potenzialeinschätzung wurden sechs Interviews mit Expert*innen aus der Branche durchgeführt.

5.1.1. Methodik

In enger Abstimmung mit dem Auftraggeber wurde ein Interviewleitfaden erarbeitet, in dem der Zweck des Interviews und sechs konkrete Fragestellungen formuliert wurden. Diese waren offen formuliert, wobei bei zwei Fragenstellungen Ergänzungsfragen hinsichtlich konkreter Aspekte bzw. Themenfelder vorgeschlagen wurden und diese je nach subjektiver Einschätzung der Interview-Partner*innen mit „wenig“, „mittlere“ oder „hohe Bedeutung“ bewertet werden konnten. Der Interviewleitfaden befindet sich im Anhang.

Insgesamt wurden sechs Expert*innen interviewt. Die Interviewpartner*innen setzen sich aus Vertreter*innen folgender Bereiche zusammen:

- Interessensverbände
- Forschungsinstitute
- Ausführendes Gewerbe
- Besteller von Bauleistungen

Die Interviews wurden via Video-Konferenz (Microsoft Teams oder Zoom) durchgeführt und dauerten jeweils ca. 60 Minuten.

5.1.2. Ergebnisse

Nachfolgend werden die relevanten Ergebnisse der Interviews dargestellt.

Frage: Wer sind Ihrer Erfahrung nach die wichtigsten AkteurInnen in Österreich, wenn es um die Kreislauffähigkeit von Massivbaustoffen geht? Wer ist insbesondere auch in Hinblick auf Forschung und Innovation im Themenfeld zu nennen?

Nachfolgende Grafik zeigt die in den Interviews genannten wesentlichen Stakeholder bzw. die relevanten Branchen und deren jeweilige Themenfelder im Bereich der Kreislaufwirtschaft von Massivbaustoffen.

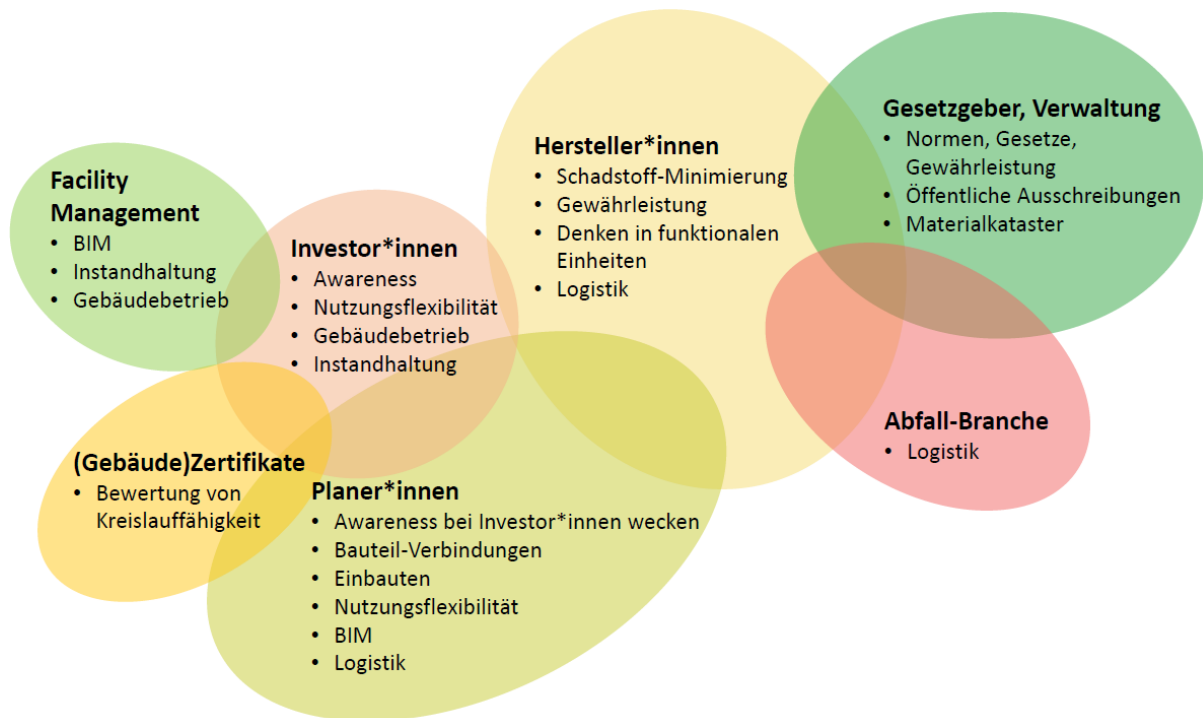


Abbildung 11: Übersicht der wesentlichen Stakeholder und deren Themenfelder im Bereich Kreislaufwirtschaft von Massivbaustoffen

Frage: Wo liegen aktuelle Forschungsschwerpunkte im Bereich Kreislauffähigkeit von Massivbaustoffen? Welche Einsatz-, Technologie- & Innovationspotenziale sehen Sie für kreislauffähige Massivbaustoffe in Zukunft?

Die Antworten zu dieser Frage sind im Kapitel 4.4 zusammengefasst.

Frage: Wo liegen aktuell die Grenzen der Erweiterung der Kreislaufführung von Massivbaustoffen in Österreich?

Die nachfolgende Tabelle fasst die Antworten aus den Interviews zu dieser Frage zusammen.

Tabelle 1: Interview-Ergebnisse zur Frage bzgl. der aktuellen Grenzen der Erweiterung der Kreislaufführung von Massivbaustoffen in Österreich

Wo liegen aktuell die Grenzen der Erweiterung der Kreislaufführung von Massivbaustoffen in Österreich?	Bedeutung: +++ hoch ++ mittel + gering
Notwendigkeit der lokalen Verfügbarkeit (Transport)	+++
Anforderungen an gleichbleibende Qualität	+++
Fragen zur Gewährleistung zu Recycling-Baustoffen	++
Potenzial zur Kreislaufführung von Massivbaustoffen in Österreich bereits ausgereizt	+++ / +

Der entscheidendste Faktor hinsichtlich der aktuellen Grenzen der Kreislaufführung ist laut den befragten Expert*innen die **lokale Verfügbarkeit von RC-Baustoffen** bzw. die notwendige örtliche und zeitliche Übereinstimmung von Aufkommen und Nachfrage. Dies liegt an den im Verhältnis zu den Baustoffkosten hohen Transportkosten, welche weite Transportdistanzen von RC-Materialien unwirtschaftlich machen. Die Materialaufbereitung erfolgt allerdings aufgrund des hohen erforderlichen Aufwands oft nicht direkt auf der Baustelle, sondern in einer zentralen Aufbereitungsanlage.

Die **Anforderungen an die gleichbleibende Qualität** von RC-Baustoffen wurden ebenfalls als limitierender Faktor gesehen. Konstante Massenströme bzw. ausreichend große Volumina an Materialien gleicher Zusammensetzung können aktuell nur bei Großprojekten bereitgestellt werden, kleinere Bauvorhaben weisen meist ungleichmäßige Material- und Massenströme auf und sind daher schwieriger in einen Recycling-Prozess zu integrieren.

Fragen zur **Gewährleistung von Recycling-Baustoffen** weisen laut der Interview-Ergebnisse eine mittlere Bedeutung auf. Die aktuell geringe Akzeptanz für Recycling-Baustoffe wird dadurch hervorgerufen, dass diese laut Recycling-Baustoff-VO immer noch im Abfall-Regime verhaftet sind, was eine abschreckende Wirkung auf Bauherren hat. Die fehlende Rechtssicherheit und hohe Anforderungen an RC-Produkte wirken hemmend auf deren Einsatz.

Die Frage, ob das **Potenzial zur Kreislaufführung von Massivbaustoffen in Österreich bereits ausgereizt** ist, beantworteten die befragten Personen mit zwei unterschiedlichen Zugängen: auf der einen Seite besteht die Meinung, dass die Recycling-Quote im Bausektor bereits auf einem sehr hohen Level liegt und auch bei einem Downcycling (wie z.B. der Einsatz von aufbereitetem Betonabbruch und rezyklierten Gesteinskörnungen im Straßenunterbau) der Einsatz von Primärrohstoffen (wie z.B. Kies, Primärgestein) reduziert wird. Auf der anderen Seite lautet der Standpunkt der Expert*innen, dass hinsichtlich einer „echten Kreislaufführung“ auf gleichbleibendem Produkt-Niveau noch sehr viel Potenzial vorhanden ist, das es auszureizen gilt.

Als weiterer Aspekt wurde der nur begrenzt verfügbare Markt bzw. die **nicht gegebene Wirtschaftlichkeit von RC-Produkten** genannt, da diese aktuell nicht kostengünstiger sind als Primärbaustoffe. Anreize über Ausschreibungssysteme oder (Gebäude-)Zertifikate könnten dieser Problematik entgegenwirken. Darüber hinaus stellt die zunehmende **Verwendung von Verbundwerkstoffen** eine Herausforderung für die Rückbaubarkeit und somit auch die sortenreine Trennung beim Abbruch dar. Zukünftig könnten bei oftmaligem Rezyklieren auch **Schadstoffanreicherungen in Recycling-Baustoff-**

fen einen limitierenden Faktor der Kreislaufführung darstellen. Des Weiteren könnten heute unbedenkliche Baustoffe eventuell zukünftig als Problemstoff deklariert werden, was bei aktueller kreislauforientierter Planung und Ausführung noch nicht mitberücksichtigt werden kann.

Frage: Welche Innovationen braucht es, um die Kreislauffähigkeit / Kreislaufwirtschaft von Massivbaustoffen auszubauen?

Die nachfolgende Tabelle fasst die Antworten aus den Interviews zu dieser Frage zusammen.

Tabelle 2: Interview-Ergebnisse zur Frage bzgl. der erforderlichen Innovationen zum Ausbau der Kreislaufwirtschaft von Massivbaustoffen

<i>Welche Innovationen braucht es, um die Kreislauffähigkeit / Kreislaufwirtschaft von Massivbaustoffen auszubauen?</i>	Bedeutung +++ hoch ++ mittel + gering
Logistik	+++
Lebensverlängerung / Langlebigkeit von Produkten & Bauteilen	+++
Materialeinsparung	+++
Einzelinnovationen / Innovation in Technologie der Maschinen- und Verfahrenstechnik	+++
Massenübersicht für Österreich (Anfall von Baurestmassen und Abnehmer)	++
BIM als Baustein im Bereich Massenübersicht und Logistik	++
Prozessinnovationen für die Systemänderungen	++
Re-Use	+

Wie auch bereits als wesentliche Grenze bei der Erweiterung der Kreislauffähigkeit von Massivbaustoffen genannt, spielt die **Logistik** im Bereich der Forschung und Innovation eine entscheidende Rolle. Dabei gilt es, Angebot und Nachfrage nach RC-Baustoffen optimal aufeinander abzustimmen bzw. zu verschränken, um den Materialkreislauf und die Wiederverwertung von Baustoffen zu unterstützen.

Als wesentliche Innovationsschwerpunkte werden von den Befragten die Themen „**Lebensverlängerung und Langlebigkeit von Produkten und Baustoffen**“ sowie „**Materialeinsparung**“ gesehen. Diese stehen am Beginn des Gebäudelebenszyklus (vgl. 4.2.2) und spielen als wesentlicher Faktor der Ressourceneffizienz für einen nachhaltigen Bausektor eine wichtige Rolle.

Einzelinnovationen und Innovationen auf Technologieebene in der Maschinen- und Verfahrenstechnik beziehen sich hauptsächlich auf die Entwicklung neuer Sortier- und Aufbereitungsverfahren für eine möglichst sortenreine Trennung als Basis für hochwertige RC-Baustoffe. Innovative und leicht trennbare Verbindungen von Baustoffen und Bauteilen sind ein wesentlicher F&E-Fokus speziell in Hinblick auf die zunehmende Bedeutung und Einsatz von Verbundwerkstoffen.

Mittlere Bedeutung wird der Erstellung einer **Massenübersicht für Österreich** zugeschrieben, welche den Anfall von Baurestmassen sowie mögliche Abnehmer darstellt. **BIM als unterstützendes Werkzeug** zur Erstellung dieser Massenübersicht erhält von den Befragten ebenfalls eine mittlere Gewich-

tung hinsichtlich des Forschungs- und Innovationsbedarfs. BIM wird als hilfreiches Tool bei der Erfassung und laufenden Aktualisierung von Bestandsobjekten angesehen und wird aktuell bereits in allen Lebenszyklus-Phasen eines Gebäudes angewendet. Derzeit werden BIM-Modelle jenseits der Errichtungsphase noch in einem geringen Ausmaß eingesetzt, wobei sogar auch die gezielte Erstellung für den umfassenden verwertungsorientierten Rückbau bzw. Abbruch wirtschaftlich sein kann. Zukünftig wird erwartet, dass der Aufwand zur Anfertigung von BIM-Modellen abnehmen wird und damit der Einsatz von BIM zur Unterstützung der Kreislaufwirtschaft im Bausektor ausgeweitet werden kann.

Notwendige Prozessinnovationen für die Systemänderungen werden ebenfalls mit mittlerer Bedeutung bewertet, wobei hier abgestimmte Abläufe über die gesamte Prozesskette eines Bauwerks – von der Planung bis zum Rückbau – erforderlich sind. Die Entwicklung von Geschäftsmodellen für Gesamtkonzepte für Rückbau, Verwertung und Verwendung wurde unter diesem Aspekt genannt.

Innovationen im Bereich der **Wiederverwendung oder Re-Use** von ganzen Massiv-Bauteilen werden nur geringe Bedeutung bzw. keine große Hebelwirkung zur Steigerung der Kreislauffähigkeit beigemessen.

Abgesehen von technologischen und prozesstechnischen Entwicklungen sind laut den befragten Expert*innen die **rechtlichen Rahmenbedingungen** entscheidend, um die Kreislauffähigkeit von Massivbaustoffen auszubauen. Diese müssen RC-Baustoffen gegenüber förderlich sein und die Wirtschaftlichkeit dieser sicherstellen. Anforderungen an RC-Baustoffe und Einsatzmöglichkeiten sind klar zu definieren und ein Übergang von Baurestmassen vom Abfall- hin zum Produktstatus zu fördern, um die aktuellen Hürden hinsichtlich fehlender Akzeptanz auf Anwenderseite zu überwinden. Ein vorzeitiges Abfallende kann lt. Recycling-Baustoffverordnung (RBV) aktuell nur für RC-Baustoffe der Qualitätsklasse U-A erreicht werden, Recycling-Baustoffe der Qualitätsklasse U-B sind als Abfall deklariert.

Die Erforschung **neuer Verwendungsmöglichkeiten von RC-Produkten** wurde als weiterer Aspekt genannt, welchem sich F&E-Aktivitäten widmen sollten.

5.2. Expert*innen-Workshop

Zur Bewertung der Aktionsfelder und der Potenzialabschätzung wurde am 24. März 2021 ein 3-stündiger Online-Workshop mit ca. 20 geladenen Expert*innen aus der Forschung, dem ausführenden Gewerbe, Investor*innen / Besteller*innen von Bauleistungen sowie Vertreter*innen von Interessensverbänden durchgeführt. Die Ergebnisse des Workshops dienen der Ergänzung der Recherchearbeit sowie der Potenzialeinschätzung und in weiterer Folge der Ableitung von Handlungsempfehlungen hinsichtlich des Forschungsbedarfs.

Nach einer Präsentation der bisherigen Rechercheergebnisse wurden die Potenziale und zukünftige F&E-Schwerpunkte der Kreislauffähigkeit von Massivbaustoffen mit den Teilnehmer*innen diskutiert. Dabei wurden zuerst in drei Kleingruppen und anschließend gemeinsam im Plenum folgende Fragestellungen bearbeitet:

- Was läuft bereits gut? Woran kann man anknüpfen?
- Welche Hemmnisse gibt es aktuell?
- Welche Innovationen werden benötigt / Wo besteht Forschungsbedarf?

Dabei wurde das Online-Tool „Padlet“ zur Erfassung und übersichtlichen Darstellung der Beiträge der Teilnehmer*innen verwendet. Die Vortragsfolien sowie der Rückblick zur Veranstaltung mit den erarbeiteten Padlets befinden sich im Anhang.

6 Identifizierter Forschungs- & Entwicklungsbedarf

Im Folgenden wird der identifizierte erforderliche F&E-Bedarf näher erläutert, der für die Stärkung der Kreislaufführung von Massivbaustoffen erforderlich ist. Forschungsaktivitäten in diesen Bereichen tragen maßgeblich zur Schaffung eines zirkulären, nachhaltigen und ressourcenschonenden Bausektors im Sinne der österreichischen Strategie für Kreislaufwirtschaft sowie des europäischen Aktionsplans für die Kreislaufwirtschaft im Rahmen des EU Green Deal bei.

Der notwendige Forschungsbedarf zur Stärkung der Kreislaufwirtschaft im Massivbausektor kann nach drei Handlungsfeldern „Innovative Technologien“, „Prozess-Innovationen“ und „Rechtliche Rahmenbedingungen“ geclustert werden. Bei den notwendigen innovativen Technologien kann schon auf eine gute Basis aufgebaut werden, weitere Forschung und neue innovative Technologien werden aber speziell für die sortenreine Aufbereitung der Stoffe benötigt. Ein deutlich höherer Bedarf an Forschung und Innovation wird in Bezug auf die notwendigen Prozesse und Abläufe gesehen, die insbesondere benötigt werden, um alle relevanten Akteure effektiv einzubinden und deren Potenziale zu nutzen. Für die Entwicklungen beider Handlungsfelder sind die rechtlichen Rahmenbedingungen entscheidend, damit entsprechende Geschäftsmodelle gestaltet werden und greifen können.



Abbildung 12: Schematische Darstellung des erhobenen notwendigen Forschungsbedarfs in den 3 Handlungsfeldern

Die nachfolgenden Kapitel beschreiben die identifizierten Forschungsbedarfe der drei Handlungsfelder im Detail.

6.1. Innovative Technologien


Derzeit sind keine entsprechenden Verfahren für den Gebäudeabbruch und die Aufbereitung des Bauschutts verfügbar, um eine hohe Sortenreinheit und Qualität der abgebrochenen Massen gewährleisten zu können. Die Wirtschaftlichkeit des Recyclings von Massivbaustoffen ist aktuell aufgrund des hohen technischen Aufwands zur Trennung und Aufbereitung von Bau- und Abbruchabfällen nicht gegeben. Auf Baustoff-Ebene liegen Hemmnisse bezüglich schwankender Produkteigen-


schaften und enthaltener Schadstoffanteile bei RC-Baustoffen vor, welche deren Einsatzmöglichkeiten erheblich einschränken. Komplexe, neue Materialien und schwer trennbare Verbundsysteme stellen Herausforderungen für zukünftiges Recycling von Bauteilen dar.

Um hochwertiges Recycling von Massivbaustoffen voranzutreiben, sind F&E-Schwerpunkte im Bereich neuer, **innovativer Sortier- und Aufbereitungsverfahren** zu setzen, welche stationäre (zentrale) und auch mobile (dezentrale, in-Situ) Verarbeitung und Bereitstellung von rezyklierten Baustoffen ermöglicht. Dies umfasst die (Weiter-)Entwicklung verschiedener Technologien wie z.B. automatisierte Sortierung, Roboter-Sortiertechnik, Nassaufbereitung, chemische oder elektrodynamische Verfahren für den großtechnischen Einsatz. Hinsichtlich der Weiterentwicklung der RC-Baustoffe sind **neue Rezepturen und Zusammensetzungen** gefragt, welche hohe Produktqualitäten und eine breite Palette an Anwendungsfeldern ermöglichen. Darüber hinaus gilt es, **weitere Einsatzbereiche** von rezyklierten Materialien und Baustoffen zu beforschen, um aus der bisherigen Praxis des Downcyclings von Sekundärmaterialien aus dem Bausektor auszubrechen und mit Produktinnovationen neue Absatzmärkte zu erschließen.


Die zentralen Themenfelder zu Forschung & Entwicklung im Bereich **innovativer Technologien** sind in nachfolgender Tabelle dargestellt.

Tabelle 3: Übersicht notwendiger F&E-Aktivitäten im Themenfeld Innovative Technologien

Forschungsfeld / Forschungsthema	aktuelle Hemmnisse	Forschungsbereiche	(Umwelt-)Effekte / Potenziale
 <p>Verfahren und Anlagen zur Aufbereitung und Sortierung</p>	<p>Unzureichende Sortenreinheit von Abfällen; Erfahrungen in der Anwendung fehlen; Wirtschaftlichkeit aktuell nicht gegeben (aktuell hohe Kosten und niedriger Durchsatz); stoffliche Heterogenität und technische / sicherheitstechnische Herausforderungen erfordern neue Sortierverfahren; geforderte Umweltqualität der Sekundärbaustoffe wird oft nicht erreicht: derzeit eingesetzte Verfahren des Gebäudeabbruches und der Ausschutttaufbereitung können keine hohe Sortenreinheit und Umweltqualität gewährleisten; keine Versorgungsinfrastruktur gegeben, die die Verfügbarkeit von entsprechenden Ressourcen garantiert</p>	<p>Entwicklung innovativer Sortier-Technologien (z.B. sensorgestützte Verfahren),</p> <p>Entwicklung von selektiven Aufbereitungsverfahren für die sortenreine Trennung von Baustoffen (z.B. elektrodynamische Fragmentierung),</p> <p>Entwicklung von Anwendungen und Systemen für den großtechnischen Einsatz</p>	<p>selektive Trennung komplexer mineralischer Verbundwerkstoffe, Bereitstellung hochwertiger Materialien für die Herstellung von RC-Baustoffen, Schonung natürlicher Ressourcen, Reduktion von deponierten Massen, Steigerung der tatsächlichen Recycling-Quote (kein Downcycling), Erhöhte Wertschöpfung aus dem mengenmäßig größten Abfallstoffstrom, Reduktion der Abfallmenge, Verbesserung der Ressourceneffizienz von Bauprodukten, Schonung von Primärrohstoffen</p>
	<p>sortenreine Sortierung und Aufbereitung mit mobilen Anlagen aktuell nicht möglich, hoher technologischer Aufwand ist nur zentral möglich</p>	<p>Entwicklung von mobilen Aufbereitungsanlagen zur sortenreinen Trennung</p>	<p>Reduktion an Transportwegen, Verbesserung der Wirtschaftlichkeit von RC-Produkten, lokale Wertschöpfung, Energie-, Treibstoff- und Emissionsreduktion</p>

Forschungsfeld / Forschungsthema	aktuelle Hemmnisse	Forschungsbereiche	(Umwelt-)Effekte / Potenziale
	erforderliche Prozesswasseraufbereitung und Abwasserreinigung erhöhen die Betriebskosten deutlich	(Weiter-)Entwicklung von innovativen Nassaufbereitungsverfahren	höhere Reinheitsgrade der mineralischen Fraktion als Windsichtung, Trennung mineralischer Fraktionen möglich (z.B. Ziegel und Beton)
	sortenreine Sortierung aktuell nicht gegeben, Ziegel nimmt Störstoffe (wie z.B. Sulfate) auf	Erforschung von Verfahren zur sortenreinen Trennung von Ziegel, Gips und Putz	Sortenreine Trennung als Basis für hochwertige RC-Baustoffe, Reduktion von deponierten Massen, Schonung von Primärrohstoffen
	derzeit nur maschinelle und teilweise manuelle Sortierung vorhanden, keine Sortenreinheit, hoher Aufwand erforderlich, Separationsverfahren mit hoher Trennleistung sind teuer und daher selten eingesetzt	F&E-Aktivitäten im Bereich Roboter-Sortiertechnik zur sortenreinen Trennung der anfallenden Stoffe	sortenreine Vorsortierung als Schlüssel für Herstellung hochwertiger RC-Produkte
	aktuell keine Sortierverfahren für die Feinfraktion (< 2 mm) vorhanden	Entwicklung von Sortierverfahren für Feinfraktion (Korngrößen < 2 mm)	Sortenreine Trennung als Basis für hochwertige RC-Baustoffe, Aufbereitung und Wiederverwendung bisher deponierter oder downgecyclelter Abfallströme, Reduktion von deponierten Massen, Schonung von Primärrohstoffen
	sortenreine Sortierung und Aufbereitung aktuell nicht möglich, Verunreinigungen durch Schad- und Störstoffe gegeben	Technologien zur Behandlung gemischter, nicht schadstoffentfrachteter Baurestmassen (Kleinanlieferungen)	Sortenreine Trennung als Basis für hochwertige RC-Baustoffe, Aufbereitung und Wiederverwendung bisher deponierter oder downgecyclelter Abfallströme, Reduktion von deponierten Massen, Schonung von Primärrohstoffen
 Baustoff-Forschung	Schwankungen der Produkteigenschaften von RC-Beton, Downcycling von rezyklierten Körnungen, teilweise mangelnde Einsatzmöglichkeiten von RC-Produkten aufgrund der aktuellen gesetzl. Bestimmungen	Entwicklung verbesserter Rezepturen für RC-Beton; Verbund von Entwicklung und Normung	Erhöhung des Rezyklat-Anteils in RC-Baustoffen, Optimierung der Massenan-teile, Verbesserung der Produkt-Eigenschaften, Erhöhung der Recycling-Quote, Reduktion des Bedarfs an Primärrohstoffen

Forschungsfeld / Forschungsthema	aktuelle Hemmnisse	Forschungsbereiche	(Umwelt-)Effekte / Potenziale
	<p>aktuell keine hochwertigen Verwertungswege für Feinfraktion (Korngrößen < 2 mm) vorhanden</p>	<p>Entwicklung von Aufbaukörperungen aus Bauschutt; Herstellung von Zuschlägen, Granulaten, Bindemitteln und funktionalen Bauteilen aus feinkörnigem Abbruchmaterial; Entwicklung von Recyclaten und Sekundärrohstoffen für den Hochbau aus der Bauschutt-Feinfraktion</p>	<p>Substitution von Primärressourcen, Reduktion der Deponierung von Bauschutt, Ersatz von Klinker durch neue Zementstoffe, Ressourceneinsparung</p>
	<p>teilweise hohe Sulfatgehalte im Bauschutt vorhanden (v.a. Feinanteil), Eintrag von Schadstoffen in neue Produktkreisläufe</p>	<p>Entwicklung von Verfahren zur Senkung des Sulfatgehalts im Bauschutt</p>	<p>Reduzierung ökologisch problematischer Bestandteile im Bauschutt, Nutzbarmachung von bisher ungenutzten Ressourcen</p>
	<p>Verbindungen / Verklebungen sind nur schwer trennbar, Einsatz von Verbundmaterialien als Herausforderung für Recycling, mögliche Problematik aktueller Baumaterialien in Zukunft (Beispiel Asbest), Einsatz komplexer, neuer Materialien</p>	<p>Analyse innovativer Bauprodukte auf Rückbaubarkeit, Materialforschung zu lösbaren Verbindungen und kreislauffähigen Verbindungstechniken, die einen sortenreinen Rückbau ermöglichen</p>	<p>verbesserte Kreislaufführung innovativer Bauprodukte, verbesserte Rückbaubarkeit, frühzeitige Erkennung von Entwicklungen, die der Kreislaufführung hinderlich sind</p>
	<p>Müllverbrennung: Trennung der Schmelzprodukte von unerwünschten Bestandteilen aktuell nicht ökonomisch durchführbar, nur begrenzter Raum zur Deponierung verfügbar -> Entsorgungsproblematik</p>	<p>Entwicklung von Aufbereitungsverfahren für Schlacken aus der Müllverbrennung, Erforschung von Einsatzmöglichkeiten der aufbereiteten Stoffe</p>	<p>Aufbereitung von bisher ungenutzten Ressourcen, Reduktion an deponierten Massen, Ressourcenschonung, Gewinnung alternativer Rohstoffe, Einsatz als Ersatzbaustoff von Zement, Erhalt von wertvollen Nichteisenmetallen</p>
	<p>bisher keine hochwertigen Verwertungsmethoden für MVA-Aschen vorhanden</p>	<p>Einsatz von Aschen aus der Müllverbrennung, Erforschung neuer Verwertungsmethoden für MVA-Aschen, Entfernung der Schad- und Störstoffe aus den mineralischen (Zwischen-)Produkten</p>	<p>Substitution von Primärressourcen, hochwertiger Einsatz von Aschen im Vergleich zur Verwendung als Ersatzbaustoffe im Deponiebau (Reduktion einer "Scheinverwertung"), Recycling statt Downcycling, Bereitstellung alternativer Rohstoffe / Zementstoffe, Ressourceneinsparung, Verbesserung der CO₂-Bilanz der Endprodukte</p>

Forschungsfeld / Forschungsthema	aktuelle Hemmnisse	Forschungsbereiche	(Umwelt-)Effekte / Potenziale
 <p>Anwendungsbereiche für Sekundärmaterialien</p>	<p>aktuell Downcycling und keine hochwertige Wiederverwendung vieler RC-Baustoffe,</p> <p>fehlender Kenntnisstand zu Materialien, welche bisher noch kaum einsetzbar sind (z.B. Porenbeton, Bimsbeton, Ziegelmauerwerk)</p>	<p>Erforschung neuer Einsatzbereiche von RC-Materialien und -Baustoffen (v.a. auch Bestandteile der Feinfraktion);</p> <p>Abgrenzung zu Downcycling; Produktinnovationen</p>	<p>Neue Absatzmärkte für Bauprodukte und Dienstleistungen, Erhöhung der Recycling-Quote im Bausektor, Ressourcenschonung von Primärbaustoffen</p>

6.2. Prozess-Innovationen



Konzepte hinsichtlich der Kreislauffähigkeit finden aktuell kaum Beachtung in den etablierten Planungs- und Prozessabläufen der Bauwirtschaft. Lange Produktlebenszyklen, komplexe, oft intransparente Lieferketten sowie die vielen unterschiedlichen Interessen der involvierten Stakeholder ermöglichen nur langsame Veränderungsprozesse der Branche. Darüber hinaus steht die Digitalisierung und Einbindung der Logistik in Form von Massenstrommanagement im Bausektor erst am Anfang und es sind kaum Daten über die in Gebäuden verbauten Materialien verfügbar, was koordinierte Rückbau- und Recycling-Strategien behindert. Es fehlen weiters entsprechende Geschäftsmodelle, welche Entwicklungen bezüglich einer Kreislaufführung von Gebäudebestandteilen aufgreifen und vorantreiben.



Der erhobene Status Quo verlangt nach F&E-Aktivitäten, welche die **Analyse aktueller (Planungs-)Prozesse, deren Optimierung sowie die Integration der Kreislaufwirtschaft** umfassen und dabei auch die **Berücksichtigung bestehender Gebäudestrukturen** nicht außer Acht lassen. Zur Hebung der Potenziale der Digitalisierung im Bausektor ist es notwendig, Forschung hinsichtlich der **Logistik und des Massenstrommanagements** (z.B. in Form von Materialdatenbanken, Gebäudepässen, Rohstoffkatastern oder auch BIG DATA-Potenzialerhebungen) zu betreiben. Die Verbesserung der Datenlage zur Verfügbarkeit von RC-Baustoffen stellt einen wesentlichen Hebel zur Stärkung der Kreislaufführung dar, indem entsprechende Konzepte und Logistikketten besser geplant und die Anlagenauslastung optimiert werden kann. In Hinblick auf die Lebensverlängerung von Bauwerken ist die Erforschung und Entwicklung **rückbaubarer Konstruktionen und flexibler Gebäude** im Sinne eines „Design for Recycling“ auf Ebene der Baustoffe sowie der Bauweise gefragt. Begleitend dazu gilt es, **innovative Geschäftsmodelle** zu entwickeln, um diese Konzepte in die breite Anwendung zu bringen.



Darüber hinaus machen teilweise fehlendes Know-how und mangelnde Akzeptanz ein breites Umdenken der eingebundenen Akteure der gesamten Prozesskette erforderlich, was durch Maßnahmen zur Förderung eines **umfassenden Wissensaustauschs zwischen Forschung und Industrie** als auch in Bezug auf die **Aus- und Weiterbildung zu themenrelevanten Inhalten** (wie kreislauffähiges Bauen, modulare Bauweise, Schad- und Störstofferkundung) unterstützt werden sollte.

Die nachfolgende Tabelle zeigt die relevanten Themenfelder zu Forschung & Entwicklung im Bereich der **Prozess-Innovationen**.

Tabelle 4: Übersicht notwendiger F&E-Aktivitäten im Themenfeld Prozess-Innovationen

Forschungsfeld / Forschungsthema	aktuelle Hemmnisse	Forschungsbereiche	Effekte / Potenziale
 <p>Planungs- und Prozessabläufe</p>	<p>Rückbau wird bei der Planung aktuell kaum berücksichtigt, Rückbaukonzepte und Konzepte zur Kreislaufführung fehlen</p>	<p>Analyse von Planungsprozessen, Identifikation von Anknüpfungspunkten für Kreislaufführung im Planungsprozess</p>	<p>Einbindung der Kreislaufwirtschaft in den Planungsprozess, Planung von ressourcenschonenden und recyclinggerechten Neubauten, Erhöhung der Recyclingquote</p>
	<p>Kreislaufführung ist aktuell nicht in Bau-Prozesse integriert, langsame Veränderungsprozesse in Baubranche, fragmentierte und intransparente Lieferkette - Unternehmen am Ende (Abfallwirtschaft) haben keine Informationen über die Ausgangsmaterialien, viele verschiedene Stakeholder im Prozess mit unterschiedlichen Interessen, Schwierigkeiten beim Material- und Informationsfluss</p>	<p>Optimierung von Prozessabläufen, Integration der Kreislaufwirtschaft in die gesamte Prozesskette (Planung bis Rückbau), Entwicklung integrierter produktions-technischer und prozessualer Lösungen entlang der gesamten Supply-Chain</p>	<p>Schaffung integrierter Prozessketten mit Berücksichtigung der Kreislaufwirtschaft, Planung und Umsetzung von ressourcenschonenden und recyclinggerechten Neubauten, Erhöhung der Wiederverwendungsquote, optimierter Ressourceneinsatz, Einbindung aller relevanter Akteure, Unterstützung des Phasen- bzw. Systemübergangs – vom Lebensende zum -anfang bzw. vom Bauwerk zum Bauprodukt, Stärkung des Recyclings (Angebotsseite), Steigerung der Verwendung von Rezyklaten (Nachfrageseite)</p>
	<p>oftmals keine Berücksichtigung bestehender Strukturen (oft Abriss und Neubau), ungenutzte Potenziale zur Lebensdauerverlängerung von Gebäuden</p>	<p>Planung mit verstärkter Berücksichtigung bestehender Strukturen (Statik) inkl. Analyse der Effekte, funktionale Erkundungsausschreibungen</p>	<p>Erhöhung der Wiederverwendungsquote, Planung von ressourcenschonenden und recyclinggerechten Neubauten, Darstellung des Potenzials bzgl. Ressourcenschonung, Energie- und Emissionseinsparung, Berücksichtigung der Langlebigkeit des Bausektors</p>
 <p>Logistik & Massenstrom- Management</p>	<p>Verfügbarkeit der Materialien (zeitlich / örtlich) aktuell nicht bekannt, mangelndes Wissen über die in Gebäuden eingebauten Materialien und Bauteile, schlechte Datenlage, Informationen über verfügbare Materialien im Lebenszyklus unzureichend vorhanden, Verfügbarkeit von RC-Baustoffen derzeit nur in kleinen Mengen und schwankender Qualität</p>	<p>Entwicklung von Material-Datenbanken für Stoffstrom-Management (Gebäude als Materiallager), Entwicklung von rohstoffbezogenen Gebäudepässen / Rohstoffkataster zur Erfassung der verbauten Materialien, Aufsetzen einer Logistikplattform, Erstellung einer Cloud-Datenbank und Material-Marktplatz für Verfügbarkeit (wann und wo), 3D-Scan-Technologien für Gebäude, Technologien zum Material-Tracking (Lebensdauer, Eigenschaften)</p>	<p>Schaffung einer Datengrundlage des anthropogenen Lagers, Aussagen über Wiederverwendungsmöglichkeiten der eingesetzten Materialien (qualitativ und quantitativ), Prognose des Aufkommens und der Qualität der Baurestmassen, verbesserte Ermittlung von Abfällen, Trennung und Sammlung an der Quelle, Etablierung von RC-Prozessen durch konstante Produktionslinien, Stärkung des Recyclings (Angebotsseite), Steigerung der Verwendung von Rezyklaten (Nachfrageseite)</p>

Forschungsfeld / Forschungsthema	aktuelle Hemmnisse	Forschungsbereiche	Effekte / Potenziale
	Digitalisierung ist in der Bauindustrie noch nicht weit verbreitet, Dokumentationsprozesse meist teuer und aufwändig	BIG DATA - Potenzialerhebungen, wie sie z.B. bereits für Solarnutzung gemacht wurden	Erfassung und Darstellung der Potenziale, Prognose des Aufkommens und der Nachfrage nach Baurestmassen, Verbesserung der Kreislaufführung
	Logistik ist bisher nicht in Forschung zu Kreislaufführung eingebunden	Logistik in Forschung einbinden, Durchführung von Forschungsprojekten mit Logistikern	optimierte Baustellen-/Abfall-/Recycling-Logistik, Reduktion des Transportaufkommens, optimierte Vor-Ort-Nutzung und lokale Wiederverwendung, Ressourcen-, Energie- und CO ₂ -Einsparung
	Reverse-Logistics funktioniert derzeit nicht	Reverse-Logistics (z.B. Verschnitt zurück zum Hersteller), innovative Rückführungskonzepte und -lösungen	verbesserte Abfalllogistik und Abfallverarbeitung, Optimierung der Rückführung von zu recycelnden Produkten, Rohstoffen und Materialien
	Transport und Zwischenlagerung als Kostentreiber für RC-Baustoffe, teilweise fehlende Sammel- und Recyclingstrukturen	Optimierung der Anlagenauslastung durch angepasste Prozessplanung	Bedarfsgerechte Planung der Recyclingkapazitäten und -technologien
 Design for Recycling	Wiederverwendbarkeit von Gebäuden, Bauteilen und Baustoffen derzeit kaum berücksichtigt, Kreislaufführung bei Produkt-Design nicht im Vordergrund, Entwicklung in Richtung komplexerer Baumaterialien erfordert Berücksichtigung von Recycling im Designprozess	Entwicklung Recycling-gerechter Konstruktionen und flexibler Gebäude (Hülle bleibt, Innenleben flexibel), Betrachtung der Trennbarkeit und Rezyklierbarkeit der eingesetzten Baustoffe und angewandten Bauweisen bereits in der Planungsphase, Reuse von Material und Bauteilen, Neue Prozesse und Methoden: Konstruktion für Demontage, Rückbauverfahren, Modulare Systemkonstruktionen	Steigerung der Recyclingfähigkeit von Baustoffen und Produkten, Planung von ressourcenschonenden und recyclinggerechten Neubauten, Verbesserung der Ressourceneffizienz von Bauprodukten, Etablierung der Kreislaufführung am Beginn der Produktentwicklung, Ressourcen-, Energie- und CO ₂ -Einsparung, Reduktion des größten Abfallmassenstroms
 Entwicklung von Geschäftsmodellen	entsprechende Geschäftsmodelle fehlen, positiver Beitrag einer längeren Lebensdauer von Bauteilen und Gebäuden derzeit unterbewertet, fehlendes Verständnis für neue Geschäftsmodelle (Abbruch => Wertschöpfung), ungenutzte Potenziale zur Lebensdauererlängerung von Gebäuden	Entwicklung neuer Geschäftsmodelle hinsichtlich: Gesamtkonzepte für Rückbau, Verwertung, Verwendung; Lebensdauererlängerung von Gebäuden, Materialwertrückgewinnung	Etablierung neuer Denkansätze und Wertigkeiten (vom Produkt zur Dienstleistung), Optimierung der Ressourceneffizienz von Bauprodukten, Stärkung des Wirtschaftsstandorts, Förderung regionaler Wertschöpfung, Materialeigentum fördert Etablierung eines Sekundärmaterialmarktes

Forschungsfeld / Forschungsthema	aktuelle Hemmnisse	Forschungsbereiche	Effekte / Potenziale
 Wissensaustausch zwischen Forschung und Industrie	Zusammenarbeit entlang der Wertschöpfungskette aktuell eher nicht gegeben, Erfahrung auf Seite der Anbieter fehlt, limitierter Zugang zu Know-how und fehlende Kommunikation im Bereich Kreislaufführung von Massivbaustoffen, Schwierigkeiten beim Material- und Informationsfluss	Zusammenarbeit stärken; Formate / Plattformen für Wissensaustausch und Vernetzung etablieren, Aufbau eines flächendeckenden Netzes von Kontaktstellen für Recycling	Ausbau des Wissens- und Technologievorsprungs, Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit, Verbesserung der Marktfähigkeit von Produkten
 Aus- und Weiterbildung	Schad- und Störstofferkundungen aktuell mit teilweise minderer Qualität -> Planungssicherheit nicht gegeben, Akzeptanzprobleme hinsichtlich des Einsatzes von Sekundärrohstoffen	Wissensvermittlung (z.B. modulare Bauweise), Weiterbildungen (z.B. im Bereich Schad- und Störstofferkundung / -analyse)	Schaffung und Weitergabe von Wissen, Bewusstsein und Kommunikation, Reduktion von Unsicherheiten im Umgang mit RC-Produkten, Erhöhung des Baustoff-Recyclings, Abbau von Hemmnissen, Verbesserung der Akzeptanz

6.3. Rechtliche Rahmenbedingungen


Die aktuelle Gesetzeslage weist teilweise rechtliche Einschränkungen und normative Hemmnisse als auch Unklarheiten beim Einsatz von RC-Baustoffen auf. Aus wirtschaftlicher Sicht sind Regulative derzeit wenig förderlich, wenn es um die Stärkung der Kreislaufwirtschaft im Bausektor geht, da unter anderem die Deponierung von Abbruchabfällen kostengünstig und die Aufbereitung von Sekundärmaterialien vergleichsweise teuer ist. Bei Ausschreibungen und im Förderwesen findet die Kreislaufführung derzeit noch wenig bis kaum Beachtung.

Die Verbesserung der Kreislauffähigkeit im Massivbausektor verlangt neben technologischen und prozess-technischen F&E-Tätigkeiten auch die genauere Betrachtung und Adaptierung der Rechtsmaterie, um rechtliche, normative und wirtschaftliche Hürden abzubauen. Im Bereich der Forschung sind Schwerpunkte hinsichtlich der **Analyse hemmender Rechtsmaterien** sowie der Implementierung von kreislaufwirtschaftlichen Aspekten bei der **Wirkungsfolgenabschätzung** zu setzen. Forschungsbedarf gibt es weiters in Bezug auf die **Schaffung klarer Regelwerke zur Umsetzung von Recycling**, der Festlegung von Definitionen und Begriffsabgrenzungen sowie der **Etablierung von Zertifizierungssystemen** zur Kreislaufführung. Begleitende Forschung zur Formulierung **standardisierter Ausschreibungspositionen** und zur Berücksichtigung von **Recycling im Förderwesen** soll dabei unterstützen, die Akzeptanz seitens der PlanerInnen, ArchitektInnen und AnwenderInnen zu steigern und damit die Kreislaufwirtschaft im Bausektor besser zu verankern.

Die notwendigen F&E-Aktivitäten im Bereich der **rechtlichen Rahmenbedingungen** sind in nachfolgender Tabelle aufgelistet.

Tabelle 5: Übersicht notwendiger F&E-Aktivitäten im Themenfeld Rechtliche Rahmenbedingungen

Forschungsfeld / Forschungs- thema	aktuelle Hemmnisse	Forschungsbereiche	Effekte / Potenziale
 <p>Analyse hemmender Rechtsmaterien</p>	<p>rechtliche Einschränkungen für mobile Aufbereitungsanlagen, normative Hemmnisse (z.B. keine Zulassung von RC-Körnungen für Trockenbetone), Abfallstatus: Erweiterung AE-Kriterien, Hürde Abfallende - Einsatz von Abfällen - Weiterentwicklung unter Beachtung des Vorsorgeprinzips, Deponierung derzeit kostengünstig, aktuell hoher Aufwand bei Verwendung von RC-Baustoffen (zeitlich / bürokratisch), Komplexe teils hemmende Normen, Regulierungen und Vorschriften</p>	<p>Prüfung von Regulativen mit gegensätzlicher/hemmender Zielsetzung in Bezug auf Kreislaufwirtschaft (z.B. Konsumentenschutz, Abfall)</p>	<p>Erkennen und Aufzeigen von Optimierungspotenzialen auf regulatorischer Ebene hinsichtlich der Stärkung der Kreislaufführung im Bausektor</p>
 <p>Schaffung von Regelwerken für Recycling</p>	<p>aktuell rechtliche Einschränkungen (z.B. in Betonnorm) und teilweise Unklarheiten im Umgang mit wiederverwendeten Baustoffen gegeben, Unklarheiten bzgl. des Erreichens des Endes der Abfalleigenschaft</p>	<p>Formulierung klarer Regelwerke zur Durchführung von Recycling; Festlegung von Definitionen zu Ausgangsprodukt, Abfall etc., Etablierung eines Labels / Zertifizierung zur Kreislaufführung von Gebäuden, Bauteilen, Baustoffen</p>	<p>Schaffung eines geeigneten Rechtsrahmens, der Recycling fördert und die Qualität sichert, Rechtssicherheit bei Einsatz von RC-Materialien, verbessertes Qualitätsmanagement & Qualitätssicherung, Verbesserung der Akzeptanz seitens der PlanerInnen, ArchitektInnen, AnwenderInnen, Verbesserung der öffentlichen Anerkennung</p>
 <p>Ausschreibungs- texte</p>	<p>aktuell keine Berücksichtigung von Recycling und Kreislaufwirtschaft bei (öffentlichen) Ausschreibungen, es fehlt an erforderlicher Sachkenntnis und Kapazitäten, sich mit RC-Baustoffen zu befassen</p>	<p>Verfassen von Standards / Formulierungen für Kreislauffähigkeit für Ausschreibungen, Entwicklung von Open-Source-Ausschreibungspositionen für CE-Leistungen</p>	<p>Etablierung der Kreislaufwirtschaft im Ausschreibungsprozess, Unterstützung von Ausschreiber*innen durch vorgefertigte Ausschreibungspositionen, Stärkung der Kreislaufführung im Bausektor, Verbesserung der Akzeptanz seitens der PlanerInnen, ArchitektInnen, AnwenderInnen</p>

Forschungsfeld / Forschungs- thema	aktuelle Hemmnisse	Forschungsbereiche	Effekte / Potenziale
 Förderwesen	aktuell keine Berücksichtigung von Kreislaufwirtschaft, Recyclingfähigkeit und Wiederverwendung bei öffentlichen Ausschreibungen	NaBe Honorierung optionaler Zuschlagskriterien zur Förderung von Kreislauffähigkeit, Gestaltung von öffentlichen Ausschreibungen mit Themengewichtung hinsichtlich LCA, Regionalität und Recycelbarkeit, Wiederverwendung	vom Billigstbieter hin zum Bestbieter-Prinzip, Förderung der Kreislaufwirtschaft im Bauwesen, regionale Wertschöpfung, Erhöhung der Wirtschaftlichkeit von RC-Produkten, Verbesserung der Akzeptanz seitens der PlanerInnen, ArchitektInnen, AnwenderInnen
	Förderungen bilden das Thema der Kreislaufwirtschaft aktuell nicht ab	Rückbaukonzepte als Förder Voraussetzung in Neubau und Sanierung festlegen	Erhöhung des sortenreinen Rückbaus, Verbesserung von Rückbaukonzepten, Erhöhung der Kreislauffähigkeit von Gebäuden, hochwertige Planung im Sinne einer Kreislaufführung, Planung von ressourcenschonenden und recyclinggerechten Neubauten, Bewusstseins-Schaffung
	aktuell sind keine Fördermodelle hinsichtlich Kreislaufwirtschaft im Bauwesen vorhanden, nachteilige Preisstrukturen von Sekundärrohstoffen im Vergleich zu Primärrohstoffen	Entwicklung eines Fördermodells zur Gestaltung kreislaufwirtschaftlicher Strom-Modelle	Abbau aktueller wirtschaftlicher Barrieren, Erleichterung des Markteintritts innovativer Produkte und Dienstleistungen im Bereich Baustoff-Recycling, Erhöhung von Angebot und Nachfrage nach RC-Produkten

6.4. Pilot- und Leuchtturmprojekte

Die Durchführung von Pilot- bzw. Leuchtturmprojekten ist über alle drei vorhin beschriebenen Aktionsfelder hinweg maßgeblich, damit die Kreislaufführung von Massivbaustoffen zur Schaffung eines nachhaltigen Bausektors gelingen kann. Diese sollen als Best Practices die Möglichkeiten und Potentiale der Wiederverwendung und des Recyclings aufzeigen und die wirtschaftliche Umsetzbarkeit innovativer Ansätze und Konzepte demonstrieren. In diesem Rahmen werden z.B. eine Standortentwicklung mit besonderem Fokus auf Kreislaufwirtschaft und Rückbau oder die Durchführung eines Forschungsprojekts unter Einbindung von Logistikern empfohlen, da diese bisher nur wenig in Forschungsaktivitäten zu Kreislauf-Prozessen der Bauwirtschaft einbezogen wurden.

Diese Beispiele gelungener Umsetzungen sollen dazu beitragen, Skepsis und Hürden abzubauen, die gesellschaftliche Akzeptanz für Recycling und Kreislaufführung im Bauwesen zu stärken und ein Umdenken entlang der gesamten Prozesskette zu fördern.

7 Verzeichnisse

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schematische Darstellung des erhobenen notwendigen Forschungsbedarfs in den 3 Handlungsfeldern	13
Abbildung 2: Wertschöpfungskreislauf; © Projektfabrik Waldhör	15
Abbildung 3: Gesamtabfallaufkommen Österreich 2018 nach Abfallgruppen, Quelle: Die Bestandsaufnahme der Abfallwirtschaft in Österreich – Statusbericht 2020, Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (2020)	17
Abbildung 4: Abgelagerte Massen in Österreich von 2000 bis 2018, Quelle: Die Bestandsaufnahme der Abfallwirtschaft in Österreich – Statusbericht 2020, Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (2020)	18
Abbildung 5: Zusammensetzung Aushub 2018, Quelle: Eigene Grafik basierend auf „Aushubmaterialien - Materialien zur Abfallwirtschaft“, Umweltbundesamt GmbH (2016).....	18
Abbildung 6: Verwendung Aushub 2018, Quelle: Eigene Grafik basierend auf „Aushubmaterialien - Materialien zur Abfallwirtschaft“, Umweltbundesamt GmbH (2016)	19
Abbildung 7: Übersicht über die Zusammensetzung der Bau- und Abbruchabfälle 2018, Quelle: „Die Bestandsaufnahme der Abfallwirtschaft in Österreich – Statusbericht 2020“, Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (2020)	20
Abbildung 8: Verwendung Bau- und Abbruchabfälle 2018, Quelle: Eigene Grafik basierend auf „Aushubmaterialien - Materialien zur Abfallwirtschaft“, Umweltbundesamt GmbH (2016).....	20
Abbildung 9: Inputströme bedeutender Abfallarten in Behandlungsanlagen 2018, Quelle: Eigene Grafik basierend auf „Die Bestandsaufnahme der Abfallwirtschaft in Österreich – Statusbericht 2020“, Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (2020)	22
Abbildung 10: Bedeutende Outputströme aus Behandlungsanlagen 2018, Quelle: Eigene Grafik basierend auf „Die Bestandsaufnahme der Abfallwirtschaft in Österreich – Statusbericht 2020“, Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (2020)	23
Abbildung 11: Übersicht der wesentlichen Stakeholder und deren Themenfelder im Bereich Kreislaufwirtschaft von Massivbaustoffen	37
Abbildung 12: Schematische Darstellung des erhobenen notwendigen Forschungsbedarfs in den 3 Handlungsfeldern	43

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Interview-Ergebnisse zur Frage bzgl. der aktuellen Grenzen der Erweiterung der Kreislaufführung von Massivbaustoffen in Österreich.....	38
--	----

Tabelle 2: Interview-Ergebnisse zur Frage bzgl. der erforderlichen Innovationen zum Ausbau der Kreislaufwirtschaft von Massivbaustoffen	39
Tabelle 3: Übersicht notwendiger F&E-Aktivitäten im Themenfeld Innovative Technologien.....	44
Tabelle 4: Übersicht notwendiger F&E-Aktivitäten im Themenfeld Prozess-Innovationen	48
Tabelle 5: Übersicht notwendiger F&E-Aktivitäten im Themenfeld Rechtliche Rahmenbedingungen	51

Literaturverzeichnis

Aschern, Winfried (Lindner Norit GmbH): schriftliche Übermittlung eigener Werkserfahrungen, E-Mail vom 22. März 2021 übermittelt von Harald Mezler

Austrian Institute of Economic Research (WIFO), ReConstruct – Rethinking the Future of Construction Materials“, [Online] Verfügbar unter: <https://www.rethinkconstruction.net/> (abgerufen am 27.05.2021)

Beton Dialog Österreich (BDÖ), „Wie Recycling von Beton die Kreislaufwirtschaft im heimischen Bauwesen beschleunigen kann“, [Online] Verfügbar unter: <https://baustoffbeton.at/presse/presse-meldung-2021-03-wie-recycling-von-beton-die-kreislaufwirtschaft-im-heimischen-bauwesen-beschleunigen-kann/>

Brandenburgische Technische Universität Cottbus: Ökologische Prozessbetrachtungen - RC-Beton (Stofffluss, Energieaufwand, Emissionen). Cottbus, November 2010. [Online] Verfügbar unter: http://www.rc-beton.de/vortraege_pdfs/Stofffluss-Energieaufwand-RC-Beton101102.pdf (abgerufen am 21.06.2021)

BRV – Österreichischer Baustoff-Recycling Verband, „Deponieverbot für Beton, Asphalt, Straßenaufbruch – Baustoff-Recycling ist die erste Wahl!“, [Online] Verfügbar unter: <https://brv.at/deponieverbot-fuer-beton-asphalt-strassenaufbruch-baustoff-recycling-ist-die-erste-wahl/> (abgerufen am 27.05.2021)

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung: Zukunft Bauen – Forschung für die Praxis Band 06 – Materialströme im Hochbau – Potenziale für eine Kreislaufwirtschaft. 2017

Bundesministerium für Digitalisierung und Wirtschaftsstandort, Rechtsinformationssystem des Bundes (RIS), „Bundesrecht konsolidiert: Gesamte Rechtsvorschrift für Abfallwirtschaftsgesetz 2002“, [Online] Verfügbar unter: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20002086> (abgerufen am 27.05.2021)

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK), 1. Ausschreibung der FTI-Initiative Kreislaufwirtschaft, [Online] Verfügbar unter: <https://nachhaltigwirtschaften.at/de/ausschreibungen/kreislaufwirtschaft-1-as.php> (abgerufen am 27.05.2021)

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK), „Bundes-Abfallwirtschaftsplan (BAWP)“, [Online] Verfügbar unter: https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/abfall/aws/bundes_awp/bawp.html (abgerufen am 27.05.2021)

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK): Die Bestandsaufnahme der Abfallwirtschaft in Österreich – Statusbericht 2020 (Referenzjahr 2018). Wien, 2020

- Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie: Energie in Österreich - Zahlen, Daten, Fakten. Wien, 2020. [Online] verfügbar unter: <https://www.bmk.gv.at/themen/energie/publikationen/zahlen.html> (abgerufen am 04.09.2020)
- Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK): Ressourcennutzung in Österreich 2020 – Band 3. Wien, August 2020
- Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK), Programm „Stadt der Zukunft“, [Online] Verfügbar unter: <https://nachhaltigwirtschaften.at/de/sdz/ziele-inhalte/> (abgerufen am 27.05.2021)
- Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK), „RCC – Reduced Carbon Concrete: Implementierung von CO₂-reduzierten Betonen auf der Baustelle“, [Online] Verfügbar unter: <https://nachhaltigwirtschaften.at/de/sdz/projekte/reduced-carbon-concrete.php> (abgerufen am 27.05.2021)
- Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (BMNT): Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2017 – Teil 1. Wien, Dezember 2017
- Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden e.V.: Die Nachfrage nach Primär- und Sekundärrohstoffen der Steine- und-Erden-Industrie bis 2035 in Deutschland. 2019
- Calix Europe SARL, „Low Emissions Intensity Lime & Cement – LEILAC“, [Online] Verfügbar unter: <https://www.project-leilac.eu/> (abgerufen am 27.05.2021)
- Empa, „Urban Mining & Recycling“, [Online] Verfügbar unter: <https://www.empa.ch/de/web/nest/urban-mining> (abgerufen am 27.05.2021)
- Europäische Kommission: EU-Protokoll über die Bewirtschaftung von Bau- und Abbruchabfällen. 2016
- Europäische Kommission, „Fragen und Antworten: Ein neuer Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft - Für ein saubereres und wettbewerbsfähigeres Europa“, [Online] Verfügbar unter: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/qanda_20_419 (abgerufen am 27.05.2021)
- Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP, „Aufbereitungsverfahren von Rohstoffen“, [Online] Verfügbar unter: <https://www.ibp.fraunhofer.de/de/kompetenzen/mineralische-werkstoffe-baustoffrecycling/aufbereitungsverfahren.html> (abgerufen am 27.05.2021)
- Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP, „ENSUBA“, [Online] Verfügbar unter: <https://www.ibp.fraunhofer.de/de/projekte-referenzen/ensuba.html> (abgerufen am 27.05.2021)
- Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML, „BauCycle“, [Online] Verfügbar unter: <https://www.baucycle.de/> (abgerufen am 27.05.2021)
- Innovations- und Technologietransfer Salzburg GmbH, „Aus einem alten Haus ein neues bauen“, [Online] Verfügbar unter: <https://www.itg-salzburg.at/topics/betonrecycling-salzburg> (abgerufen am 27.05.2021)

Institut für Bauforschung Aachen: Verwendung von Recyclingmaterial in der Betonproduktion – Sachstand. Aachen, 2013. [Online] Verfügbar unter: https://www.transportbeton.org/fileadmin/transportbeton-org/media/Branche/pdf/2015-04-28-F_7099-Verwendung_RC_Material_Sachstand_Bericht.pdf (abgerufen am 21.06.2021)

Lafarge Zementwerke GmbH, „Carbon2ProductAustria“, [Online] Verfügbar unter: <https://www.lafarge.at/nachhaltigkeit/c2pat> (abgerufen am 27.05.2021)

Leipfinger-Bader GmbH, „Aus Ziegelsand ohne Brand“, [Online] Verfügbar unter: <https://www.leipfinger-bader.de/presseinfo/aus-ziegelsand-ohne-brand/> (abgerufen am 27.05.2021)

Report Media, „Ressourcen schonen“, [Online] Verfügbar unter: <https://www.report.at/index.php/bau-immo/aufmacher/item/94280-ressourcen-schonen> (abgerufen am 27.05.2021)

Ressourcen Management Agentur: Konzept zur nachhaltigen Nutzung von Baurestmassen basierend auf der thematischen Strategie für Abfallvermeidung und Abfallrecycling der EU (Projekt EnBa). 2011

Salzburger Nachrichten VerlagsgesmbH & Co KG, „Zukunft Recyclingbeton: Wenn aus Bauschutt neue Gebäude entstehen“, [Online] Verfügbar unter: <https://immo.sn.at/immo-ratgeber/bauen-wohnen/zukunft-recyclingbeton-wenn-aus-bauschutt-neue-gebaeude-entstehen-79196839> (abgerufen am 27.05.2021)

Smart Minerals GmbH, „FFG Forschungsprojekt ALTROH“, [Online] Verfügbar unter: <https://www.smartminerals.at/projekte/186-ffg-forschungsprojekt-altroh> (abgerufen am 27.05.2021)

Umweltbundesamt GmbH: Aushubmaterialien - Materialien zur Abfallwirtschaft. Wien, 2016

Umweltbundesamt GmbH: Datenanalyse zur Behandlung von mineralischen Bau- und Abbruchabfällen in Österreich – Detailstudie zum Bundes-Abfallwirtschaftsplan. 2019

Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie (VÖZ): Auf dem Weg zu einer CO₂-neutralen Gesellschaft – Jahresbericht 2018/2019 der österreichischen Zementindustrie. Wien, November 2019. [Online] Verfügbar unter: https://www.zement.at/downloads/downloads_2019/jahresbericht-2018_2019.pdf (abgerufen am 08.04.2021)

Verlag Der Tagesspiegel GmbH, „Die klimaschädliche Gier nach Zement - Klimakiller Beton“, [Online] Verfügbar unter: <https://www.tagesspiegel.de/wissen/die-klimaschaedliche-gier-nach-zement-klimakiller-beton/25033772.html> (abgerufen am 27.05.2021)

WWF Deutschland: Klimaschutz in der Beton- und Zementindustrie – Hintergrund und Handlungsoptionen. Berlin, Februar 2019. [Online] Verfügbar unter: https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/WWF_Klimaschutz_in_der_Beton-_und_Zementindustrie_WEB.pdf (abgerufen am 08.04.2021)

Zement + Beton Handels- und Werbeges.m.b.H., „Forschung als Innovationsmotor“, [Online] Verfügbar unter: <https://www.zement.at/service/presse/31-2021/330-forschung-als-innovationsmotor> (abgerufen am 27.05.2021)

8 Anhang

Leitfaden für Expert*innen-Interviews

Vortragsunterlagen des Expert*innen-Workshops

Rückblick des Expert*innen-Workshops

Interviewleitfaden zu Anforderungen an die Kreislauffähigkeit von Massivbaustoffen

Rahmen und Zweck des Interviews: Die ÖGUT wurde vom Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Verkehr damit beauftragt, aktuelle Good Practices und Forschungsaktivitäten zur Kreislaufwirtschaft im Bereich mineralischer Baustoffe zu recherchieren, wesentliche Forschungsschwerpunkte herauszuarbeiten, eine Einschätzung und Bewertung der Potenziale vorzunehmen und Policy-Empfehlungen für wirkungsvolle forschungspolitische Maßnahmen im Themenfeld vorzulegen.

Verwendung der Interviewergebnisse: Von jedem Interview werden Ergebniszusammenfassungen erstellt. Die Interviews werden nicht an den Auftraggeber weitergegeben, sondern dienen der Ergänzung der Rechercharbeit und einer ersten Potenzialeinschätzung sowie der Vorbereitung des geplanten ExpertInnen-Workshops.

Geplante Interviewdauer: 60 Minuten

Frage 1: In welcher Rolle sehen Sie sich selbst bzw. Ihre Organisation im Rahmen des Themenfeldes?

Frage 2: Wer sind Ihrer Erfahrung nach die wichtigsten AkteurInnen in Österreich, wenn es um die Kreislauffähigkeit von Massivbaustoffen geht? Wer ist insbesondere auch in Hinblick auf Forschung und Innovation im Themenfeld zu nennen?

Frage 3: Wo liegen aktuelle Forschungsschwerpunkte im Bereich Kreislauffähigkeit von Massivbaustoffen? Welche Einsatz-, Technologie- & Innovationspotenziale sehen Sie für kreislauffähige Massivbaustoffe in Zukunft?

Frage 4: Wo liegen aktuell die Grenzen der Erweiterung der Kreislaufführung von Massivbaustoffen in Österreich?

Ergänzungsfrage: Welche der nachfolgenden Aspekte haben in diesem Zusammenhang besondere Bedeutung:

+ (wenig Bedeutung), ++ (mittlere Bedeutung), +++ (hohe Bedeutung)

- Ist angesichts der über 90% Rückführung von Baurestmassen in den Stoffkreislauf (je nach Segment in unterschiedlichen Anteilen) das Potenzial zur Kreislaufführung von Massivbaustoffen in Österreich bereits ausgereizt?
- Inwiefern ist die „Notwendigkeit der lokalen Verfügbarkeit“ bei gleichbleibenden Quantitäten ein limitierender Faktor (ergo der Transport bei schweren Gütern eine maßgebliche Größe)?
- Welchen Einfluss haben Anforderungen an gleichbleibende Qualität in unterschiedlichen Segmenten des Hoch-, Tief-, Infrastrukturbaus?
- Welche Rolle spielen Fragen rund um die Gewährleistung zu Recycling-Baustoffen? Können geänderte rechtliche Rahmenbedingungen unterstützen, und wenn ja, inwiefern?
- Weitere Aspekte?

Frage 5: Welche Innovationen braucht es, um die Kreislauffähigkeit / Kreislaufwirtschaft von Massivbaustoffen auszubauen?

Ergänzungsfrage: Welche der nachfolgenden Aspekte haben in diesem Zusammenhang besondere Bedeutung:

+ (wenig Bedeutung), ++ (mittlere Bedeutung), +++ (hohe Bedeutung)

- Massenübersicht für Österreich: Wo gibt es „mittelfristig konstant“ einen nennenswerten Anfall von Baurestmassen? Wo gibt es welche Abnehmer im Hoch-, Tief-, Infrastrukturbau?
- Logistik
- BIM als Baustein im Bereich Massenübersicht und Logistik
- Lebensverlängerung / Langlebigkeit
- Materialeinsparung
- Re-Use
- Einzelinnovationen / Innovation in Technologie der Maschinen- und Verfahrenstechnik
- Prozessinnovationen für die Systemänderungen
- Weitere Aspekte?

Frage 6: Sehen Sie zusätzlich zu den bisher im Interview von Ihnen geäußerten Punkten weitere zu berücksichtigende Aspekte im Themenfeld?

Expert*innen-Workshop

**„Anforderungen an die
Kreislauffähigkeit von Massivbaustoffen“**

24. März 2021, 9:00 – 12:00 Uhr

Online via Zoom

Agenda

- 09:00 Begrüßung
- 09:10 Präsentation der bisherigen Erkenntnisse
- 09:45 Diskussion in Kleingruppen
- 10:30 **Pause**
- 10:40 Präsentation & Diskussion der Ergebnisse
- 11:30 Abschlussrunde mit Kurzstatements
- 11:55 Ausblick
- 12:00 **Ende der Veranstaltung**

Moderation: Franziska Trebut, ÖGUT

- Studie „**Anforderungen an die Kreislauffähigkeit von Massivbaustoffen**“
 - Recherche aktueller **Good Practices und Forschungsaktivitäten** zur Kreislaufwirtschaft im Bereich mineralischer Baustoffe
 - Ausarbeitung wesentlicher **Forschungsschwerpunkte**
 - Einschätzung und Bewertung der **Potenziale**
 - **Policy-Empfehlungen** für wirkungsvolle forschungspolitische Maßnahmen im Themenfeld
- **Auftraggeber:** Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Verkehr (BMK)

- **90 %** der Bau- und Abbruchabfälle entstehen bei **Abbruch, Umbau und Sanierung**, nur 10 % bei der Errichtung.¹
- **70-90 %** der Bau- und Abbruchabfälle sind **Beton, Ziegel- und sonstige Mauerwerksabbrüche** (Massivbauweise vorherrschend).¹
- 70 % als Recycling-Zielwert lt. Abfallrahmenrichtlinie (RL 2008/98/EG) bis 2020
-> wurde 2016 bereits (über-)erfüllt (88 %)²
- Großteil an RC-Baustoffen derzeit im **Straßenbau und zur Verschüttung** eingesetzt (**Downcycling**)

¹ Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2017, Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (2017)

² Datenanalyse zur Behandlung von mineralischen Bau- und Abbruchabfällen in Österreich – Detailstudie zum Bundes-Abfallwirtschaftsplan, Umweltbundesamt (2019)

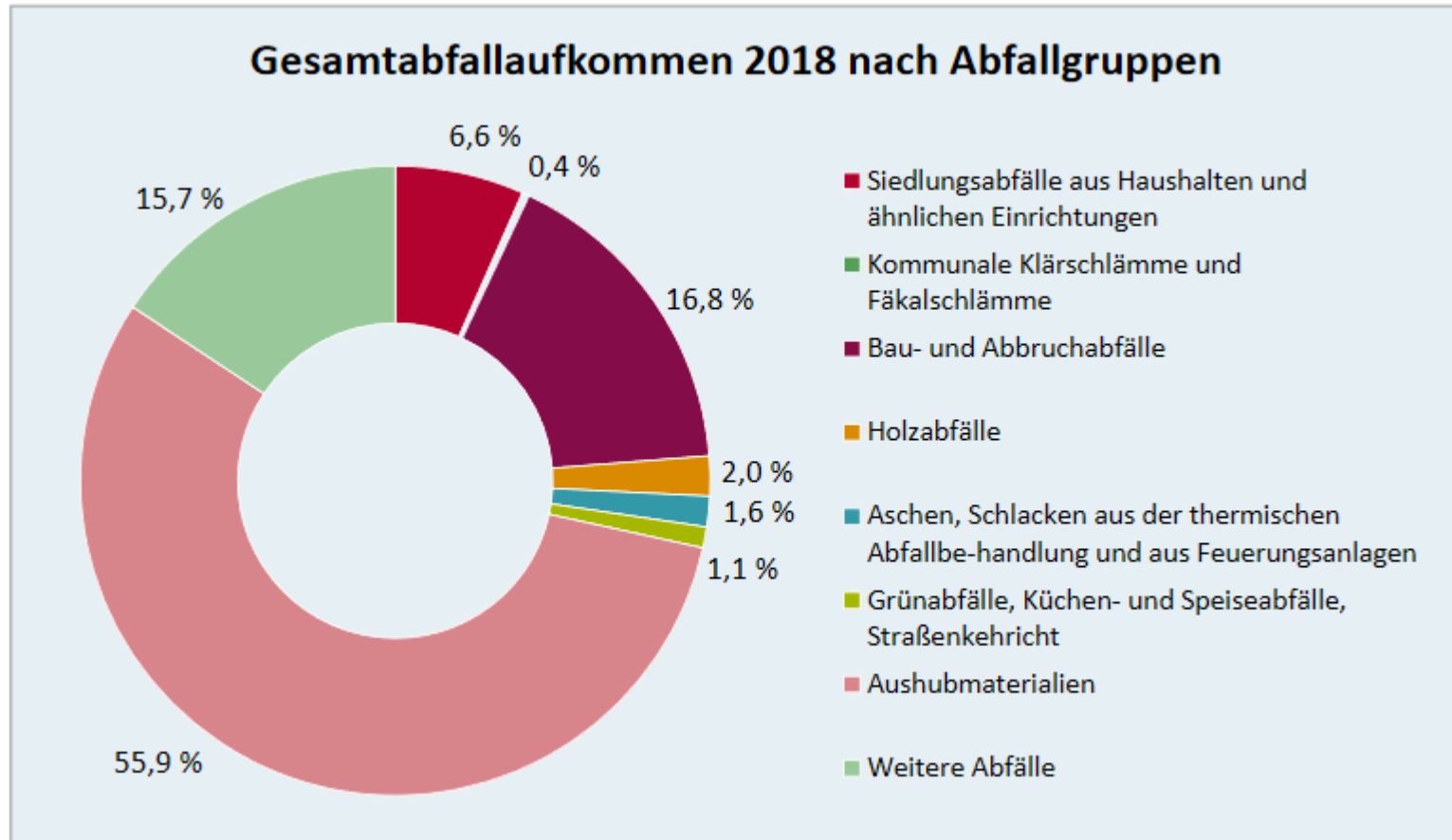
Abfallaufkommen

- **Aushubmaterialien um 17 % gestiegen** seit 2015
(von 32,77 Mio. t auf 37,14 Mio. t)
- **Abfälle aus dem Bauwesen um 11 % gestiegen** seit 2015
- **Siedlungsabfälle um 6% gestiegen**



Quelle: Bas Emmer (unsplash.com)

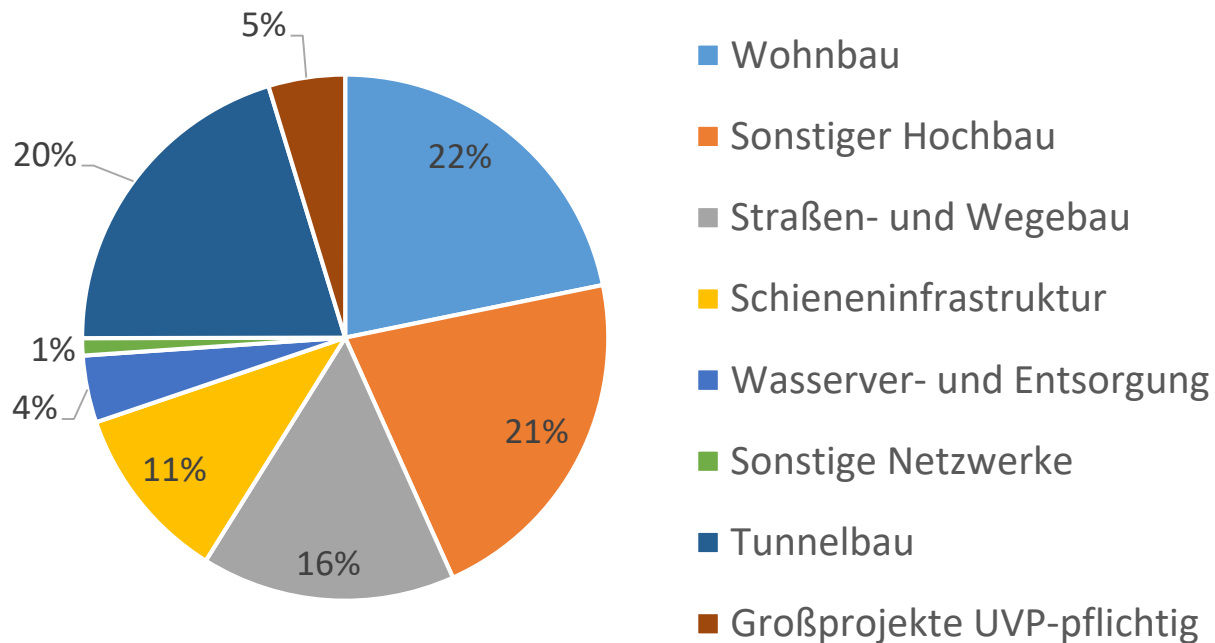
Abfallaufkommen



Quelle: Die Bestandsaufnahme der Abfallwirtschaft in Österreich – Statusbericht 2020, Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (2020)

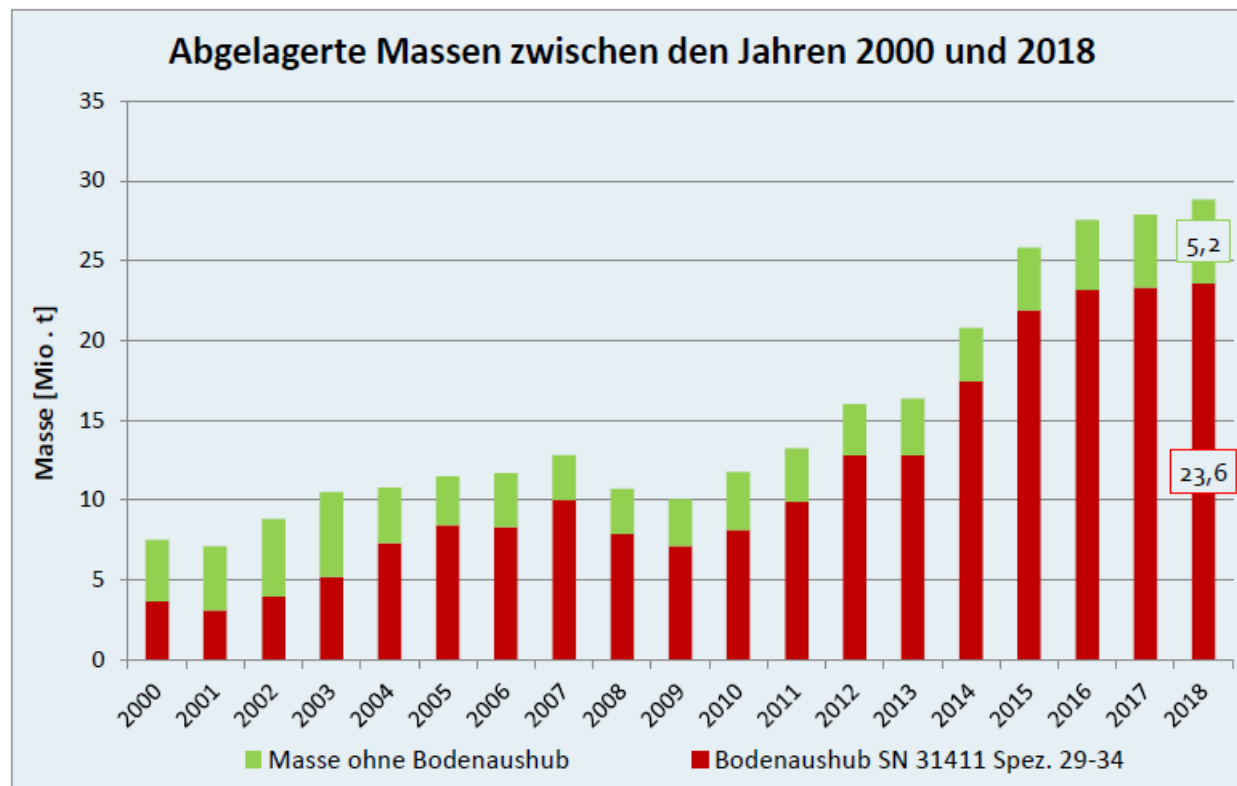
Zusammensetzung Aushub

Gesamt ca. 37 Mio. Tonnen (2018)



Deponierung

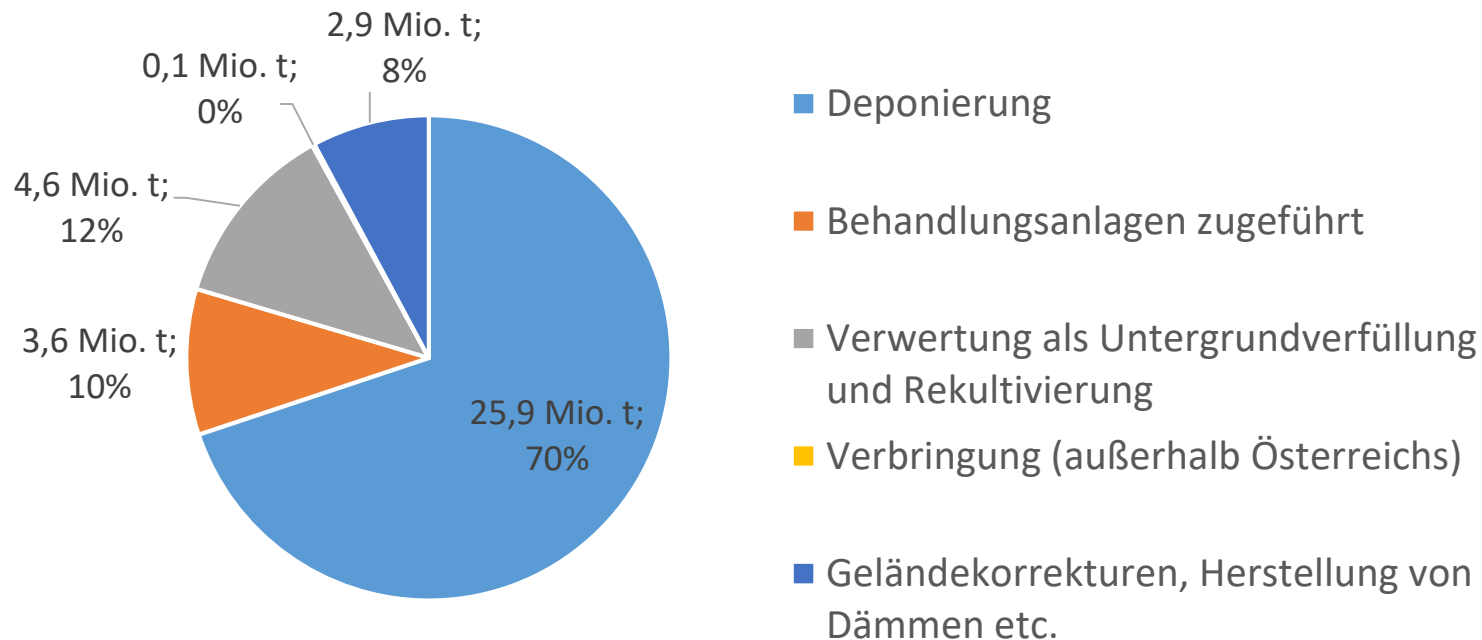
- Bodenaushub (82%)
- Verunreinigte Böden (7 %)
- Schlacken und Aschen (2 %)
- Mineralischer Bauschutt (3 %)
- Sonstiges (6%)



Quelle: Die Bestandsaufnahme der Abfallwirtschaft in Österreich – Statusbericht 2020, Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (2020)

Aushubmaterialien – Böden

Gesamt ca. 37 Mio. Tonnen (2018)

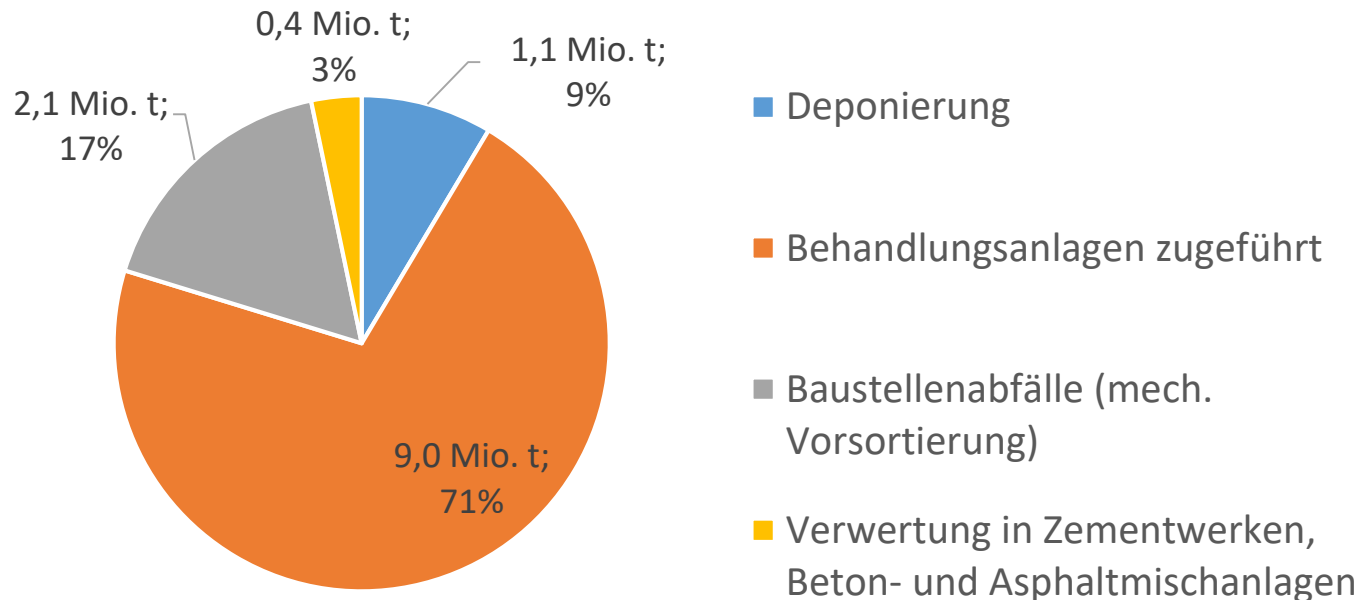


Quelle: Eigene Grafik basierend auf Daten von „Die Bestandsaufnahme der Abfallwirtschaft in Österreich – Statusbericht 2020 (Referenzjahr 2018)“, Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (2020)

Bau- und Abbruchabfälle

Bau- und Abbruchabfälle

Gesamt ca. 11 Mio. Tonnen (2018)



Quelle: Eigene Grafik basierend auf Daten von „Die Bestandsaufnahme der Abfallwirtschaft in Österreich – Statusbericht 2020 (Referenzjahr 2018)“, Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (2020)

Verwertung

- Wiederverwertung: rd. **90%** der Baurestmassen¹
- Behandlungsanlagen: rd. **12,8 Mio. Tonnen** an mineralischen Bau- und Abbruchabfällen und Aushubmaterialien (2018)²
- **9% des Jahresbedarfs** der heimischen mineralischen Baustoffwirtschaft können aktuell **durch Recyclat-Mengen gedeckt werden** (Bedarf ca. 100 Mio. Tonnen pro Jahr)

¹ Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2017, Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (2017)

² Datenanalyse zur Behandlung von mineralischen Bau- und Abbruchabfällen in Österreich – Detailstudie zum Bundes-Abfallwirtschaftsplan, Umweltbundesamt (2019)

Einsatzmöglichkeiten

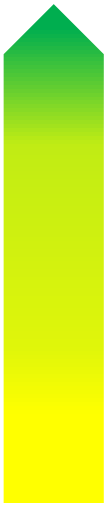
Aushub

- **Zusammensetzung:** hauptsächlich mineralische Bestandteile, wie Schotter, Kiese, Sande, Felsabbruch, Erde, Humus oder Lehm
- Unterscheidung nach verschiedenen Qualitäten, wie Bodenaushubmaterial oder technisches Schüttmaterial
- **Einsatz**
 - für landwirtschaftliche Bodenverbesserungen
 - Rekultivierungen nach Bauarbeiten
 - Dammkörper und Hinterfüllungen



Einsatzmöglichkeiten Straßenaufbruch


Einsatz als Recycling-Baustoff

- 
- Zuschlagstoffe für die Asphaltproduktion
 - Straßen- und Parkplatzbau
 - landwirtschaftlicher Wegebau
 - Bau von Lärmschutzwällen
 - Unterbau, Ausgleichsschichten und Künetten-Verfüllungen



Einsatzmöglichkeiten Bauschutt

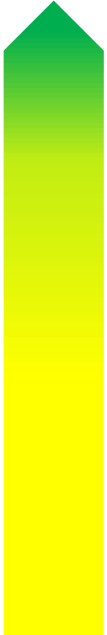
Einsatz als Recycling-Baustoff

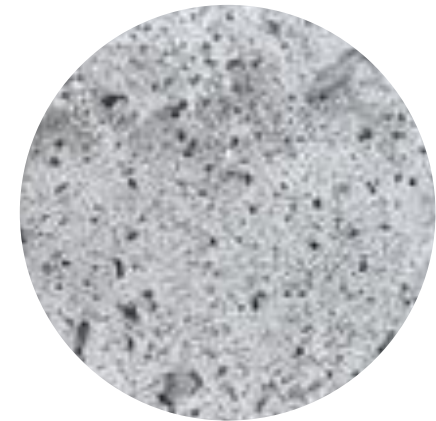
- 
- Zuschlagstoffe für die Produktion von Mauerwerksteinen, Beton und Asphalt
 - Zementprodukte
 - Tragschichten, Frostkoffer, Rollierungen
 - Straßenbau und Straßenerhaltung
 - Sportplatzbau



Einsatzmöglichkeiten Betonabbruch

Einsatz als Recycling-Baustoff

- 
- Zuschlagstoffe für die Betonherstellung
 - Tragschichten im Straßenbau
 - landwirtschaftlicher Wegebau
 - Unterbau von Hallenböden im Hochbau
 - Untergrundverbesserung
 - Schüttmaterial
 - Künetten-Füllmaterial
 - Drainageschichten



Baustoff-Innovationen

Zement / Beton

- **Reduktion der CO₂-Emissionen**
 - **Beton** / Betonzusammensetzung (z.B. Anteil Zementklinker reduzieren)
 - **Zement:** niedrigere Brenntemperaturen, alternative Rohstoffe
- **Öko-Zement/-Beton-Produkte:** CO₂-negativer Beton, alkali-aktivierter Zement, CSA-Zement, Reduktion des Kalkstein-Anteils
- **RC-Beton:** Verfahren zur Klassifizierung, Sortierung, Wiederaufbereitung des gebrochenen Betons; optimierte Rezepturen und neue Möglichkeiten zu Wiederverwendung/Recycling

Baustoff-Innovationen

Ziegel

- Ziegelbruch als **Zuschlagstoff für RC-Beton** (Massenanteile, Rezepturen etc.)
- **Mehle aus Ziegelbruch** als Ersatz von Steinkohlenflugasche als puzzolanischer Bestandteil von Zementen oder als Zusatzstoff im Beton
- **Zugabe von Industrieabfällen** in Ton -> Verringerung der Wasseraufnahme der gebrannten Keramiken
- **Baustellenaushub als Rohstoff** für Ziegelherstellung
- **Re-Use von Ziegeln** (démontierbare Verbindungen)
- Ziegel-Forschung: Fokus auf der **Reduktion von Energieverbrauch und CO₂-Emissionen**

Baustoff-Innovationen

Gips

- Masse-Anteil an Massivbaustoffen gering
- **Rückläufige Mengen an REA-Gips** und steigende Produktionsmengen an Gipsbaustoffen erfordern alternative Bezugsquellen
- **Vorteil von RC-Gips vs. REA-Gips:** geringerer Feuchtegehalt und damit geringerer Energieeinsatz bei der Kalzinierung
- Gipsanteile verursachen **Verunreinigung der RC-Produkte** (z.B. verringerte Festigkeit von Beton); GIPS-Anteil < 5%
- **Einsatz von RC-Gips** aktuell bei der Herstellung von Estrichbindemittel (Fließestriche) oder in der Zementindustrie als Sulfatträger
- **GKT-Platten:** Fokus Papier (Anhaftungen minimieren, Farben)

Interview-Ergebnisse

<i>Wo liegen aktuell die Grenzen der Erweiterung der Kreislaufführung von Massivbaustoffen in Österreich?</i>	Bedeutung +++ hoch ++ mittel + gering
Notwendigkeit der lokalen Verfügbarkeit (Transport)	+++
Anforderungen an gleichbleibende Qualität	+++
Fragen zur Gewährleistung zu Recycling-Baustoffen	++
Potenzial zur Kreislaufführung von Massivbaustoffen in Österreich bereits ausgereizt	+++ / +

Weitere Aspekte: Schadstoffanreicherungen in RC-Baustoffen, Akzeptanz, Markt / Wirtschaftlichkeit, Anforderungen an RC-Baustoffe, Rechtssicherheit, Verbundwerkstoffe

Interview-Ergebnisse

Welche Innovationen braucht es, um die Kreislauffähigkeit / Kreislaufwirtschaft von Massivbaustoffen auszubauen?

Bedeutung

+++ hoch

++ mittel

+ gering

Logistik	+++
Lebensverlängerung / Langlebigkeit von Produkten & Bauteilen	+++
Materialeinsparung	+++
Einzelinnovationen / Innovation in Technologie der Maschinen- und Verfahrenstechnik	+++
Massenübersicht für Österreich (Anfall von Baurestmassen und Abnehmer)	++
BIM als Baustein im Bereich Massenübersicht und Logistik	++
Prozessinnovationen für die Systemänderungen	++
Re-Use	+

Weitere Aspekte: neue Verwendungsmöglichkeiten von RC-Produkten

- **Sortenreinheit**

Basis für technische Qualität, Schadstofffreiheit, Verwertungsquote und Wirtschaftlichkeit

- **Innovative, leichter trennbare Verbindungen** (Baustoffe, Bauteile)

- **Innovative Sortierverfahren**

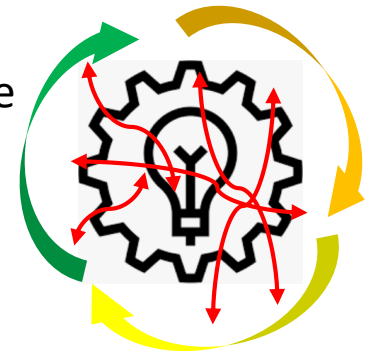
Ziel: unbedenklich verwendbare mineralische Restfraktion

- Elektrodynamische Fragmentierung
- Chemische „Reinigung“
- Einzelinnovationen: z.B. Brechtechnologie für geringeren Bindemittleinsatz (geringere Kornoberflächen als Ziel)
- Mechanische Verfahren bringen keine sortenreine Aufbereitung



Prozess-Innovationen

- **Geschäftsmodell-Entwicklung:** z.B. Gesamtkonzept hinsichtlich Rückbau, Verwertung und Verwendung
- **Rechtliche Rahmenbedingungen:** Gewährleistung, Normung
- **Logistik:** BIM, Materialdatenbanken: Bund-, Region-, Gebäudeebene
- **Primärbranchen stärker einbinden:**
Abfallindustrie (inkl. Bauindustrie) versus
Rohstoffindustrie (inkl. Baustoffproduzenten)
- Anreize durch **Öffentliche Ausschreibungen, Gebäudezertifizierungen**



Schlussfolgerungen

- Begriffsschärfe notwendig: **Verwertung vs. Verwendung**
- **Downcycling** statt Wiederverwendung / -verwertung auf selbem Produkt-Level
- **Sortenreinheit** als Schlüssel (**Verbundwerkstoffe** als Herausforderung für Recycling)
- **Rechtliche Rahmenbedingungen** entscheidend
z.B. Gewährleistung, Abfallrecht, Normung
- **Wirtschaftlichkeit** muss gegeben sein;
Primär-Rohstoffe sowie Deponiekosten sind vergleichsweise günstig
- **Re-Use**: Wiederverwendung einzelner Massiv-Bauteile eher kritisch
- **Lebensverlängerung** des Gesamtgebäudes maßgeblich für Nachhaltigkeit,
Nutzungsflexibilität

Schlussfolgerungen

- **Logistik: örtliche & zeitliche Übereinstimmung** von Aufkommen und Nachfrage essenziell
- **BIM** in allen Phasen einsetzbar (auch für Rückbau)
- Infrastrukturbau: **Bodenaushub** ist die zentrale „Restmasse“

Schlussfolgerungen

Gefahren / Herausforderungen von Recycling

- **Schadstoffanreicherung** durch Kreislaufführung
- Heute unbedenkliches Material **zukünftig ein Problemstoff?**

Fazit:

- *„In short, we need to design the world of tomorrow with the waste of today, while working toward designing a world without waste.“*
Ditte Lysgaard Vind, Lendager TCW

Relevante Stakeholder

Facility Management

- BIM
- Instandhaltung
- Gebäudebetrieb

Investor*innen

- Awareness
- Re-Use
- Nutzungsflexibilität
- Instandhaltung

Hersteller*innen

- Schadstoff-Minimierung
- Re-Use, Recycle
- Gewährleistung
- Denken in funktionalen Einheiten
- Logistik

Gesetzgeber, Verwaltung

- Normen, Gesetze, Gewährleistung
- Re-Use, Recycle
- Öffentliche Ausschreibungen
- Materialkataster

Gebäudezertifikate

- Bewertung von Kreislauffähigkeit

Planer*innen

- Awareness bei Investor*innen
- Re-Use
- Bauteil-Verbindungen
- Einbauten
- Nutzungsflexibilität
- BIM
- Logistik

Abfall-Branche

- Re-Use, Recycle
- Logistik

Diskussionsrunde

Fragestellungen


- Was läuft bereits gut? Woran kann man anknüpfen?
 - Welche Hemmnisse gibt es aktuell?
 - Welche Innovationen werden benötigt / Wo besteht Forschungsbedarf?
-
- Bearbeitung in Kleingruppen bis 10:30

Diskussionsrunde

Diskussion der Kleingruppen-Ergebnisse

- Vorstellung der Ergebnisse je Kleingruppe
- Diskussion im Plenum
- Voting zur Bewertung der Ergebnisse

Abschluss

 Bundesministerium
Klimaschutz, Umwelt,
Energie, Mobilität,
Innovation und Technologie



Kurz-Statements der Teilnehmer*innen:

Welche sind aus Ihrer Sicht **die wichtigsten Maßnahmen**, um die Kreislauffähigkeit von Massivbaustoffen zu erhöhen?

Nächste Schritte

- Workshop-Unterlagen werden zur Verfügung gestellt
- Einarbeitung der Ergebnisse aus dem Workshop in die bisherigen Recherche- und Interview-Ergebnisse
- Ableitung von Policy-Empfehlungen für forschungspolitische Maßnahmen zur Förderung der Kreislaufwirtschaft im Bereich mineralischer Baustoffe
- Projekt-Abschluss im April 2021
- Informationen zum Projekt:
<https://www.oegut.at/de/projekte/ressourcen/circlez.php>

Vielen Dank für Ihre Teilnahme!

Expert*innen-Workshop „Anforderungen an die Kreislauffähigkeit von Massivbaustoffen“

24. März 2021, 9:00 – 12:00 Uhr, Online-Workshop via Zoom

Rahmen und Zweck des Workshops: Die ÖGUT wurde vom Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK) damit beauftragt, aktuelle Good Practices und Forschungsaktivitäten zur Kreislaufwirtschaft im Bereich mineralischer Baustoffe zu recherchieren, wesentliche Forschungsschwerpunkte herauszuarbeiten, eine Einschätzung und Bewertung der Potenziale vorzunehmen und Policy-Empfehlungen für wirkungsvolle forschungspolitische Maßnahmen im Themenfeld vorzulegen.

Verwendung der Workshop-Ergebnisse: Die Ergebnisse des Workshops dienen der Ergänzung der Rechercharbeit sowie der Potenzialeinschätzung und in weiterer Folge der Ableitung von Handlungsempfehlungen hinsichtlich des Forschungsbedarfs.

Agenda

- 09:00 Begrüßung
- 09:10 Präsentation der bisherigen Erkenntnisse
- 09:45 Diskussion in Kleingruppen
- 10:30 Pause
- 10:40 Präsentation & Diskussion der Ergebnisse
- 11:30 Abschlussrunde mit Kurzstatements
- 11:55 Ausblick
- 12:00 Ende der Veranstaltung

Moderation: Franziska Trebut, ÖGUT

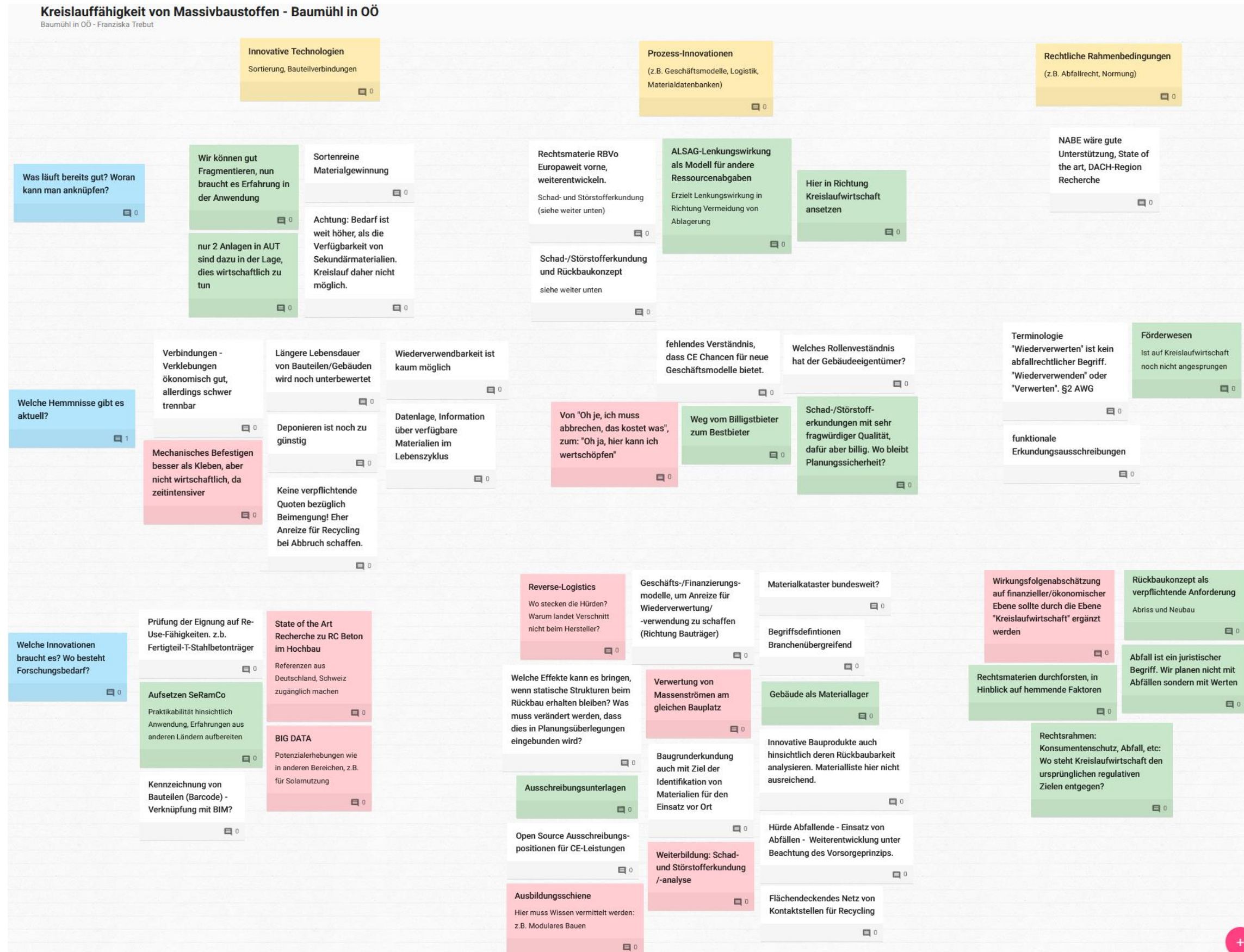
Der Online-Workshop wurde von Theodor Zillner (BMK) und Franziska Trebut (ÖGUT) eröffnet.

Die bisherigen Erkenntnisse aus der Recherche und den bereits geführten Expert*innen-Interviews zum gegenständlichen Thema wurden von Bianca Pfefferer (ÖGUT) präsentiert. Sie spannte dabei den Bogen von der Entwicklung des österreichischen Abfallaufkommens, über den aktuellen Stand der Kreislaufwirtschaft im Bausektor bis hin zu den Forschungsaktivitäten und Innovationen sowohl auf Baustoff- als auch auf Prozess-Ebene.

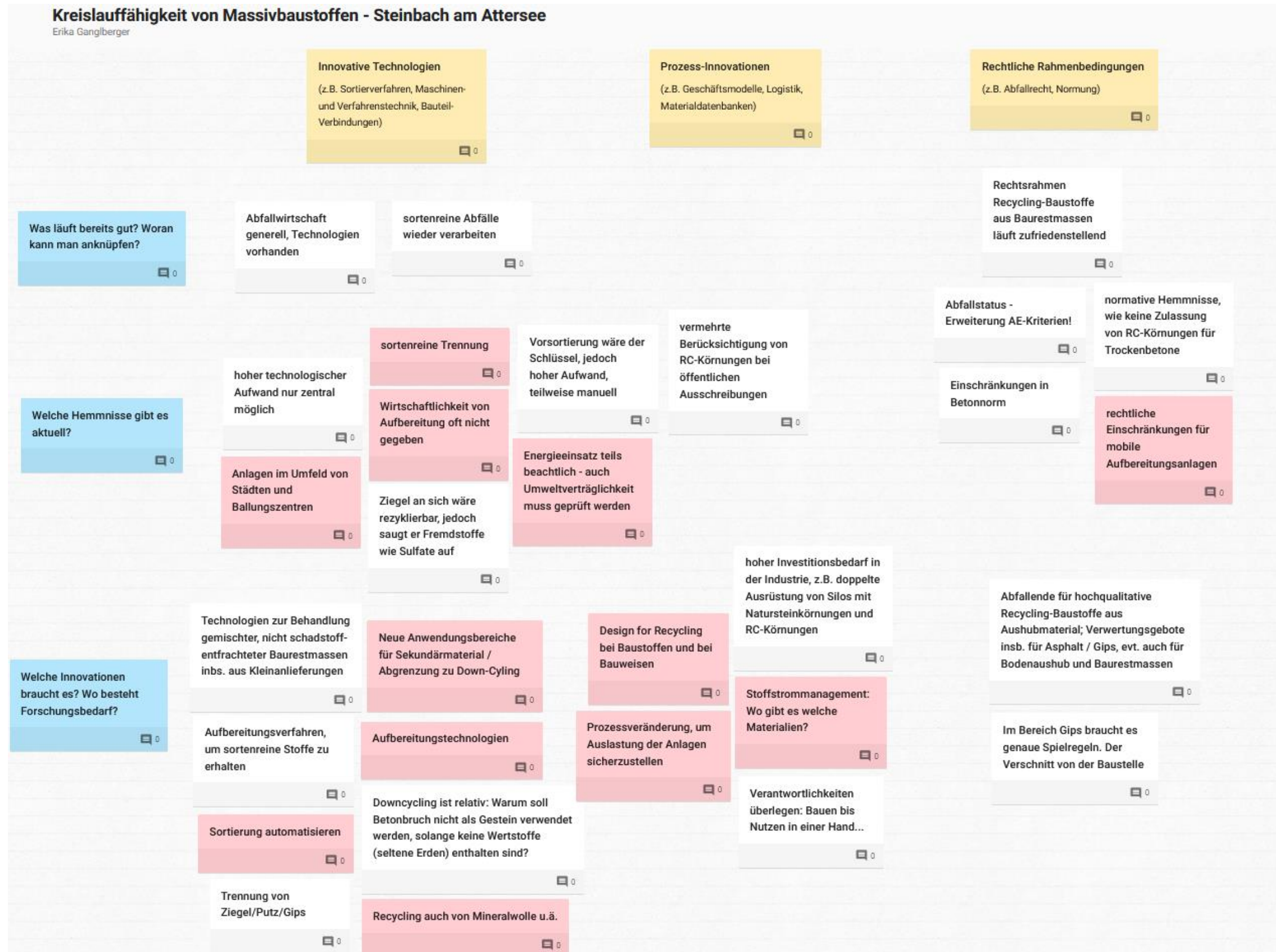
In der anschließenden gemeinsamen Diskussion wurden zuerst in drei Kleingruppen und danach im Plenum folgende Fragestellungen mit den ca. 20 Teilnehmer*innen diskutiert:

- Was läuft bereits gut? Woran kann man anknüpfen?
- Welche Hemmnisse gibt es aktuell?
- Welche Innovationen werden benötigt / Wo besteht Forschungsbedarf?

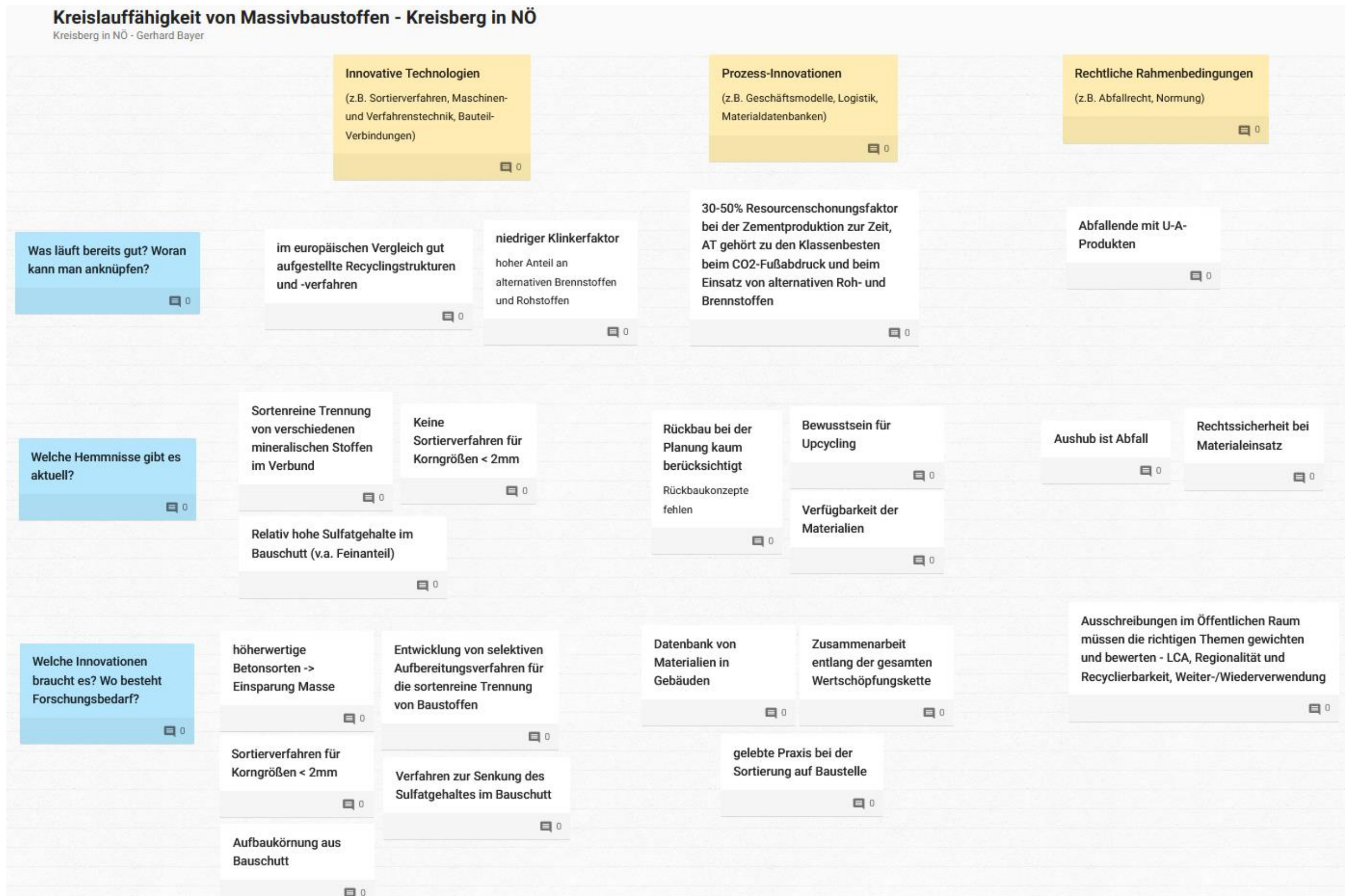
Kleingruppe „Baumühl in OÖ“, Moderation Franziska Trebut



Kleingruppe „Steinbach am Attersee“, Moderation Erika Ganglberger



Kleingruppe „Kreisberg in NÖ“, Moderation Gerhard Bayer



Aufbauend auf die Ergebnisse der Gruppendiskussionen wurden anschließend im Plenum konkrete notwendige F&E-Aktivitäten zusammengetragen und bewertet.

Kreislauffähigkeit von Massivbaustoffen

Ergebnisse gesamt

Innovative Technologien
(z.B. Sortierverfahren, Maschinen- und Verfahrenstechnik, Bauteil-Verbindungen)

👍 0 👎 0 💬 0

Prozess-Innovationen
(z.B. Geschäftsmodelle, Logistik, Materialdatenbanken)

👍 0 👎 0 💬 0

Rechtliche Rahmenbedingungen
(z.B. Abfallrecht, Normung)

👍 0 👎 0 💬 0

Welche Innovationen braucht es? Wo besteht Forschungsbedarf?

👍 0 👎 0 💬 0

Rezepturen des RC-Beton erforschen
Verbund von Entwicklung und Normung

👍 8 👎 1 💬 0

Aufbereitungsanlagen
aktuell wirtschaftliche Aufbereitung von RC-Baustoffen möglich

👍 5 👎 1 💬 0

Austausch zwischen Industrie und Forschung wichtig
z.B. hinsichtlich erhöhter Wasseraufnahme durch Recyclat

👍 4 👎 0 💬 0

Prozessabläufe optimieren
Einbeziehung der Kreislaufwirtschaft von der Planung bis zum Rückbau

👍 11 👎 0 💬 0

Analyse hemmender Rechtsmaterien

👍 8 👎 0 💬 0

mobile Aufbereitungsanlagen
zur sortenreine Trennung

👍 9 👎 1 💬 0

Einsatz von Aschen aus der Müllverbrennung

👍 3 👎 7 💬 0

Forschungsprojekt mit Logistikern
Außer Wegführen mit dem LKW fällt uns bisher nicht viel ein

👍 5 👎 1 💬 0

Analyse von Planungsprozessen
... von Projektentwicklungen (Hochbau) zur Lokalisierung von Anknüpfungspunkten für Kreislaufführung

👍 4 👎 0 💬 0

Wirkungsfolgenabschätzung hinsichtlich Kreislaufwirtschaft
Forschungsprojekt: Was heißt das konkret für die Analyse von neuen Gesetzesmaterien?

👍 6 👎 1 💬 0

Nassaufbereitung

👍 8 👎 1 💬 0

Roboter-Sortiertechnik

👍 4 👎 1 💬 0

Wettbewerb mit besonderem Fokus auf Kreislaufwirtschaft und Rückbau bei einer Standortentwicklung

👍 6 👎 0 💬 0

Leuchtturmprojekte, die zeigen, was möglich ist

👍 6 👎 0 💬 0

Ausschreibungstexte
Formulierung von Ausschreibungstexten, die Kreislauffähigkeit abbilden

👍 10 👎 0 💬 0

NABE
Optionale Zuschlagskriterien honorieren, die Kreislauffähigkeit fördern

👍 7 👎 0 💬 0

Verfahren zur Senkung des Sulfatgehaltes im Bauschutt

👍 0 👎 0 💬 0

Sortierverfahren für Korngrößen < 2mm

👍 0 👎 0 💬 0

Fördermodell für die Entwicklung kreislaufwirtschaftlicher Stoffstrom-Modelle
z.B. statische Hülle weiter verwendbar?

👍 8 👎 0 💬 0

Material-Datenbanken
Stoffstrom-Management: Wo sind welche Materialien vorhanden?

👍 0 👎 0 💬 0

Regelwerke, wie Recycling genau durchzuführen ist
...am Beispiel von Glas: Was ist Abfall, was ist Ausgangsprodukt etc.

👍 0 👎 4 💬 0

Konsumentenschutz, Abfall, etc.: wo steht Kreislaufwirtschaft den ursprünglichen regulativen Zielen entgegen?

👍 0 👎 0 💬 0

Neue Anwendungsbereiche für Sekundärmaterial / Abgrenzung zu Down-Cycling

👍 0 👎 0 💬 0

Welche Effekte kann es bringen, wenn statische Strukturen beim Rückbau erhalten bleiben? Was muss verändert werden, dass dies in Planungsüberlegungen eingebunden wird?

👍 0 👎 0 💬 0

Design for Recycling
für Baustoffe und Bauweisen

👍 0 👎 0 💬 0

Geschäftsmodellentwicklung
Weg von Produkten -> hin zu Dienstleistungen

👍 4 👎 0 💬 0

Innovative Bauprodukte auch hinsichtlich deren Rückbaubarkeit analysieren

👍 0 👎 0 💬 0

Reverse-Logistics
Wo liegen die Hürden, dass Verschnitt nicht wieder beim Hersteller landet?

👍 0 👎 0 💬 0

Aus- und Weiterbildungsschienen
Lehrinhalte zur Kreislauffähigkeit und -wirtschaft als Standard etablieren, u.a. zu Modularer Bauweise, Schad- und Störstofferkennung /-analyse

👍 0 👎 0 💬 0

Förderwesen
Rückbaukonzept als Fördervoraussetzung in Neubau und Sanierung definieren

👍 0 👎 0 💬 0

Trennung von Ziegel/Putz/Gips

👍 0 👎 0 💬 0

Technologien zur Behandlung gemischter, nicht schadstoff-entfrachteter Baurestmassen (insbes. aus Kleinanlieferungen)

👍 0 👎 0 💬 0

BIG DATA
Potenzialerhebungen wie in anderen Bereichen, z.B. für Solarnutzung

👍 0 👎 0 💬 0

Anlagenauslastung durch angepasste Prozessplanung sicherstellen

👍 0 👎 0 💬 0

Kurzstatements der Abschlussrunde:

In der Schlussrunde hielten die Teilnehmer*innen fest, dass es entsprechende rechtliche Rahmenbedingungen aber auch Innovationen auf Technologie- und Prozessebene benötigt, um die Kreislauffähigkeit von Massivbaustoffen auszubauen. Darüber hinaus müssten der Informationsaustausch zwischen Forschung und Industrie verbessert, sowie Bildungs- und Weiterbildungsangebote geschaffen werden, um den Wissensstand auch in die Praxis zu bringen.

Die rechtlichen Rahmenbedingungen hätten einen wesentlichen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit und die Marktfähigkeit von Recycling-Baustoffen. Die vergleichsweise niedrigen Kosten für Deponierung als auch für Primärrohstoffe stellten eine Marktbarriere für RC-Baustoffe dar. Die Analyse einschlägiger Rechtsmaterien in Hinblick auf hemmende Faktoren sowie die Adaptierung hinsichtlich der Förderung der Kreislauffähigkeit (z.B. mittels Förderinstrumenten, steuerlichen Lenkungseffekten, Deponieverboten, Ausschreibungskriterien, Umsetzung der naBe-Richtlinien für eine nachhaltige öffentliche Beschaffung) werden als wichtige Handlungsfelder gesehen.

Der Begriff „Abfall“ wirke häufig abschreckend auf potenzielle Anwender*innen von RC-Baustoffen und müsse in Richtung „Rohstoff“ / „Wertstoff“ etabliert werden. Der Problematik bezüglich fehlender Akzeptanz bei Planer*innen und Bauherr*innen könne lt. den Teilnehmer*innen durch normative Änderungen sowie auch vordefinierte Ausschreibungstexte zum Einsatz von RC-Baustoffen entgegengewirkt werden und durch diese Maßnahmen positive Anreize zum verstärkten Einsatz von recycelten Materialien gesetzt werden.

In Hinblick auf technologische Innovationen liege der Schwerpunkt bei der (Weiter-)Entwicklung von Technologien zur sortenreinen Trennung und Aufbereitung, da diese die Basis für qualitativ hochwertige und vielfältig einsetzbare RC-Baustoffe darstellten. Ebenfalls sollten neue Einsatzmöglichkeiten von RC-Baustoffen sowie neue Baustoffe und -produkte, welche sortenreiner getrennt bzw. rückgebaut werden könnten, beforscht werden (z.B. Ziegelsysteme ohne Putz).

In der Diskussion wurde darüber hinaus die Wichtigkeit von skalierbaren Leuchtturm- bzw. Startprojekten hervorgehoben, welche aufzeigen, wie Kreislaufwirtschaft im Bauwesen funktioniert und was alles möglich ist. Dabei sei eine enge Zusammenarbeit der gesamten Wertschöpfungskette (von der Planung über die Ausführung bis hin zum Rückbau) essenziell, damit eine neue Denk- und Herangehensweise etabliert werden könne.

Die umfassende Lebenszyklusbetrachtung von Gebäuden (von der Planung bis zum Rückbau) sowie deren Einbindung in Gebäude-Zertifizierungen ermögliche lt. den Teilnehmer*innen eine bessere Vergleichbarkeit von Objekten und werde als Treiber für die Kreislauffähigkeit angesehen.

Der Informationsaustausch speziell zwischen Forschung und Industrie als auch zwischen allen involvierten Stakeholdern im Bereich der (Massiv-)Bauwirtschaft über den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes sowie fachspezifische Bildung und Weiterbildung wurden als entscheidend angesehen, um Kreislaufwirtschaft in die Praxis zu bringen.

Der Massivbausektor hat im Bereich der Kreislaufwirtschaft schon große Fortschritte gemacht und bereits eine hohe Recycling-Quote umgesetzt. Um die Baustoffe hochwertiger im Kreislauf führen zu können, und statt dem oftmaligen „Downcycling“ vermehrt auch echtes „Recycling“ bis hin zu einer Wiederverwendung von Baustoffen oder Bauteilen zu etablieren, brauche es aber jedenfalls F&E-Aktivitäten auf Technologie- als auch auf Prozess-Ebene.

Organisation / Kontakt:


ÖGUT GmbH

Franziska Trebut Tel: 01 - 315 63 93 28

E-Mail: franziska.trebut@oegut.at

Bianca Pfefferer Tel: 01 - 315 63 93 15

E-Mail: bianca.pfefferer@oegut.at



**Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie,
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)**
Radetzkystraße 2, 1030 Wien
[bmk.gv.at](https://www.bmk.gv.at)