

Bauen mit Sekundärbaustoffen und -komponenten

Status quo der Kreislaufwirtschaft im deutschen Hochbau

Wissenschaftliche Arbeit zur Erlangung des Grades

B. Sc.

an der TUM School of Engineering and Design der Technischen Universität
München.

Betreut von Iryna Takser, M. Sc.

Lehrstuhl für energieeffizientes und nachhaltiges Planen und Bauen

Eingereicht von Julian Graser

Spiegelstr. 7

81241 München

+49 15234680492

Eingereicht am München, den 27.07.2023

Vereinbarung

zwischen

der Technischen Universität München, vertreten durch ihren Präsidenten,
Arcisstraße 21, 80290 München

hier handelnd der Lehrstuhl für Energieeffizientes und Nachhaltiges Planen und Bauen
(Univ.-Prof. Dr.-Ing. W. Lang), Arcisstr. 21, 80333 München

– nachfolgend TUM –

und

Frau/Herrn

(Anschrift)

– nachfolgend Autorin/Autor –

Die Autorin / der Autor wünscht, dass die von ihr/ihm an der TUM erstellte Masterarbeit
mit dem Titel

.....

.....

auf mediaTUM und der Webseite des Lehrstuhls für Energieeffizientes und Nachhaltiges Planen und Bauen mit dem Namen der Verfasserin / des Verfassers, dem Titel der Arbeit, den Betreuer:innen und dem Erscheinungsjahr genannt werden darf.

in Bibliotheken der TUM, einschließlich mediaTUM und die Präsenzbibliothek des Lehrstuhls für Energieeffizientes und Nachhaltiges Planen und Bauen, Studierenden und Besucher:innen zugänglich gemacht und veröffentlicht werden darf. Dies schließt auch Inhalte von Abschlusspräsentationen ein.

mit einem Sperrvermerk versehen und nicht an Dritte weitergegeben wird.

(Zutreffendes bitte ankreuzen)

Vereinbarung

I

Zu diesem Zweck überträgt die Autorin / der Autor der TUM zeitlich und örtlich unbefristet das nichtausschließliche Nutzungs- und Veröffentlichungsrecht an der Masterarbeit.

Die Autorin / der Autor versichert, dass sie/er alleinige(r) Inhaber(in) aller Rechte an der Masterarbeit ist und der weltweiten Veröffentlichung keine Rechte Dritter entgegenstehen, bspw. an Abbildungen, beschränkende Absprachen mit Verlagen, Arbeitgebern oder Unterstützern der Masterarbeit. Die Autorin / der Autor stellt die TUM und deren Beschäftigte insofern von Ansprüchen und Forderungen Dritter sowie den damit verbundenen Kosten frei.

Eine elektronische Fassung der Masterarbeit als pdf-Datei hat die Autorin / der Autor dieser Vereinbarung beigelegt. Die TUM ist berechtigt, ggf. notwendig werdende Konvertierungen der Datei in andere Formate vorzunehmen.

Vergütungen werden nicht gewährt.

Eine Verpflichtung der TUM zur Veröffentlichung für eine bestimmte Dauer besteht nicht.

Die Autorin / der Autor hat jederzeit das Recht, die mit dieser Vereinbarung eingeräumten Rechte schriftlich zu widerrufen. Die TUM wird die Veröffentlichung nach dem Widerruf in einer angemessenen Frist und auf etwaige Kosten der Autorin / des Autors rückgängig machen, soweit rechtlich und tatsächlich möglich und zumutbar.

Die TUM haftet nur für vorsätzlich oder grob fahrlässig verursachte Schäden. Im Falle grober Fahrlässigkeit ist die Haftung auf den vorhersehbaren Schaden begrenzt; für mittelbare Schäden, Folgeschäden sowie unbefugte nachträgliche Veränderungen der veröffentlichten Masterarbeit ist die Haftung bei grober Fahrlässigkeit ausgeschlossen.

Die vorstehenden Haftungsbeschränkungen gelten nicht für Verletzungen des Lebens, des Körpers oder der Gesundheit.

Meinungsverschiedenheiten im Zusammenhang mit dieser Vereinbarung bemühen sich die TUM und die Autorin / der Autor einvernehmlich zu klären. Auf diese Vereinbarung findet deutsches Recht unter Ausschluss kollisionsrechtlicher Regelungen Anwendung. Ausschließlicher Gerichtsstand ist München.

München, den

München, den

.....

.....

(TUM)

(Autor:in)

Erklärung

Ich versichere hiermit, dass ich die von mir eingereichte Abschlussarbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.

Ort, Datum, Unterschrift

Inhaltsverzeichnis

Vereinbarung	I
Erklärung	III
Inhaltsverzeichnis	1
1. Einleitung.....	3
1.1. Problemstellung.....	3
1.2. Ziel und Forschungsfrage	3
1.3. Methodisches Vorgehen	4
2. Grundlagen des Einsatzes von Sekundärbaustoffen und -komponenten heute	6
2.1. Begriffsklärung.....	6
2.2. Rechtliche Vorgaben zur Kreislaufwirtschaft von Baustoffen	9
2.2.1. Rechtliche Grundlagen auf EU-Ebene	9
2.2.2. Rechtliche Grundlagen in Deutschland	9
2.3. Abfallaufkommen in Deutschland.....	11
2.4. Recyclingpotenziale der Bau- und Abbruchabfälle	13
2.4.1. Boden und Steine	13
2.4.2. Bauschutt	14
2.4.3. Bauabfälle auf Gipsbasis	18
2.4.4. Baustellenabfälle	20
2.5. Situation in der Praxis.....	23
3. Verfügbarkeit und Beschaffung von Sekundärbaustoffen.....	25
3.1. Verfügbarkeit und Beschaffung.....	25
3.1.1. Boden und Steine	25
3.1.2. Bauschutt	25
3.1.3. Bauabfälle auf Gipsbasis	30
3.1.4. Baustellenabfälle	31
3.2. Bauteilbörsen in Deutschland	37
3.2.1. Bauteilbörsen des Bundesverbandes bauteilnetz Deutschland e. V.....	37
3.2.2. Concular und Restado	42
3.2.3. Unternehmerverband Historische Baustoffe e. V.	44
3.2.4. Cyrkl.com	45
4. Zusammenfassung der Ergebnisse, Fazit und Ausblick	47
4.1. Zusammenfassung der Ergebnisse	47
4.2. Fazit und Ausblick.....	51
5. Literaturverzeichnis.....	53

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	58
Tabellenverzeichnis	59
Anhang	61

1. Einleitung

1.1. Problemstellung

Die Ressourcenknappheit stellt eine zunehmend gravierende Herausforderung in der Bauwirtschaft dar. Die erhebliche Nachfrage nach primären Baumaterialien wie Sand, Kies und Kalkstein trägt zu einer beschleunigten Verknappung der natürlichen Ressourcen bei und hat tiefgreifende Auswirkungen auf Umwelt und Industrie [46, p. 6]. Zusätzlich erzeugen Abbruch, Sanierung und Renovierung von Gebäuden erhebliche Mengen an Bauschutt und Materialien, welche als Abfall klassifiziert, deponiert oder als minderwertige Stoffströme in anderen Sektoren der Bauwirtschaft eingesetzt werden. Dadurch entsteht ein kontinuierlicher Ressourcenabfluss aus dem Hochbau in andere Branchen, die Material mit geringeren Qualitätsanforderungen verwerten können. Dies hat zur Folge, dass zahlreiche Bereiche des Hochbaus auf die kontinuierliche Zufuhr von Primärrohstoffen angewiesen sind und ein gering verbreitetes hochwertiges Recycling von Baustoffen zu hochwertigen Sekundärbaustoffen vorherrscht [4, p. 493 – 496]. Die produzierten RC-Baustoffe werden häufig als günstiges Substitut in Erdbaumaßnahmen eingesetzt, obwohl der Stand der heutigen Aufbereitungstechniken ein höherwertiges Recycling zulassen würde [4, p. 494]. Daher muss eine effizientere Rohstoffnutzung mit dem Ziel der Vermeidung, Verringerung, Reparatur und Langlebigkeit, Wiedernutzung und Recycling erreicht werden. Die Stadt sollte als eine wertvolle Quelle von Ressourcen betrachtet werden, die dank veränderter Eigentümerverantwortung, verändertem Nutzerverhalten und nachhaltiger Bauweisen zu einem verringerten Verbrauch von Rohstoffen führt [46, p. 6]. Dafür ist die Wiederverwendung funktionsfähiger Bauteile, das hochwertige Recyceln aller Bauabfälle, eine lange Wertschöpfungskette der Baustoffe und der verbreitete Einsatz von Sekundärbaustoffen essenziell. Die nachfolgende wissenschaftliche Arbeit beschäftigt sich deshalb mit der Untersuchung des aktuellen Standes der Kreislaufwirtschaft im deutschen Hochbau und versucht den Einsatz und die Verfügbarkeit von Sekundärbaustoffen zu beleuchten.

1.2. Ziel und Forschungsfrage

Das Ziel dieser Arbeit besteht darin, einen ausführlichen Überblick über die derzeitige Verwendung von Sekundärbaustoffen und -komponenten im Hochbau in Deutschland

Einleitung

zu erlangen. Die Forschungsfrage untersucht den aktuellen Gebrauch, die Verfügbarkeit und die Beschaffungsprozesse von Sekundärbaustoffen und -komponenten in der deutschen Hochbauindustrie und das Ausmaß ihrer Verwendung. Der Schwerpunkt der Arbeit liegt auf der Betrachtung der Verfügbarkeit und Beschaffung dieser Materialien, wobei ein besonderes Augenmerk auf die Existenz von Sekundärmärkten gerichtet wird. Dabei werden Plattformen und Bauteilbörsen, die mit Sekundärbaustoffen und -komponenten handeln, analysiert und ihre aktuelle Nutzung, Verbreitung und das Angebot in Deutschland ermittelt. Darüber hinaus sollen wirtschaftliche und rechtliche Hindernisse und Möglichkeiten einer erhöhten Nachhaltigkeit in diesem Zusammenhang überprüft und herausgearbeitet werden. Es werden sowohl rechtliche Hindernisse beim Einsatz von Recyclingmaterialien beleuchtet als auch Probleme bei der Trennung, Aufbereitung und Wiederverwendung der Materialien. Hierfür werden die Stoffkreisläufe aller Baustoffe im Hochbau untersucht, um ein genaueres Bild der aktuellen Lage der Kreislaufwirtschaft in Deutschland zu erhalten.

1.3. Methodisches Vorgehen

Im Rahmen dieser Arbeit wurden sowohl komparative als auch konsolidierende Methoden angewandt, um umfassendes Wissen zu erlangen. Die Datenquellen umfassten eine sorgfältige Literaturrecherche sowie Experteninterviews mit Fachleuten aus verschiedenen Bereichen des Hochbaus. Besonderes Augenmerk wurde auf den Bericht "Mineralische Bauabfälle Monitoring 2020" gelegt, dessen Ergebnisse als Grundlage für die Struktur der Arbeit dienten. Dieser Bericht ermöglichte eine Betrachtung der verschiedenen Abfallkategorien und ihrer Bedeutung für den Hochbau. Zusätzlich wurde ein Interview mit Herrn Dr. Berthold Schäfer, Geschäftsführer Technik beim *Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden e. V.*, durchgeführt. Herr Schäfer war an der Erstellung des Monitoring-Berichts beteiligt und konnte wertvolle Einblicke liefern.

Die Einordnung der Baustoffe in die im Bericht identifizierten Abfallkategorien ergab, dass Beton und Ziegel die für den Hochbau relevantesten Baustoffe sind. Darauf wurde der Fokus gelegt. Um das Recycling, die Verwertung und die Verarbeitung von Beton zu Recycling-Beton zu untersuchen, wurden Interviews mit Herrn Dr. Eberhard Liebig, Leiter für Produktmanagement Zement bei *Holcim Deutschland GmbH*, und Herrn Klaus Miedl von der Firma *BERGER Beton* durchgeführt.

Ein weiteres Interview wurde durchgeführt, um die Kreislaufwirtschaft und Verarbeitung von Ziegeln zu beleuchten. Hierzu traf man sich mit Herrn Markus Gander von der Firma *Leipfinger-Bader*. Zudem wurde die Kreislaufwirtschaft des Stahls näher betrachtet. Hierfür fand ein Interview mit Herrn Rolf Wendler, kaufmännischer Direktor des *Stahlwerks Thüringen*, statt.

Vor den Interviews erfolgte eine eigenständige Literaturrecherche in allen relevanten Bereichen, und die Angebote der Bauteilbörsen und Portale wurden verglichen. Die Interviews wurden nach einem semi-strukturierten Leitfaden durchgeführt, der den Experten ausreichend Raum für offene Diskussionen ließ, aber auch sicherstellte, dass alle relevanten Themenbereiche abgedeckt wurden. Die Ergebnisse der Interviews wurden transkribiert, ausgewertet und am Ende der Arbeit angehängt.

Durch die Verwendung der komparativen Methode wurden die Untersuchungsergebnisse aus den verschiedenen Quellen zusammengetragen, um Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen den betrachteten Baustoffen und deren Kreislaufwirtschaft zu identifizieren. Die konsolidierende Methode wurde eingesetzt, um die gewonnenen Erkenntnisse zu einer umfassenden und fundierten Schlussfolgerung zu verdichten. Die Verwendung beider Methoden ermöglichte eine ganzheitliche Betrachtung der Thematik und eine solide Grundlage für die abschließende Diskussion und Auswertung der Arbeit.

2. Grundlagen des Einsatzes von Sekundärbaustoffen und -komponenten heute

2.1. Begriffsklärung

Hochbau

Der Begriff Hochbau umfasst Gebäude, die mehrheitlich oberhalb der Geländelinie liegen. Darunter fallen die Gebäudearten: Wohn-, Büro-, Gewerbe-, Industriebauten, öffentliche Hochbauten sowie Gebäudearten sonstiger Nutzung wie zum Beispiel landwirtschaftliche Bauten [1, p. 13].

Abbruch und Rückbau

Unter Abbruch wird die Entfernung eines Bauwerkes ohne ausdrückliche Berücksichtigung seines Materialbestandes verstanden. Falls es zu einem selektiven, kontrollierten, systematischen oder recyclinggerechten Abbau der Materialien kommt, wird dieser dem Rückbau zugeordnet. Dabei besteht das Erhalten möglichst unvermischter Materialien als oberstes Ziel [2, p. 19].

Recycling

Das stoffliche Recycling unterscheidet sich in dem biotischen und technischen Verwertungskreislauf. Beim technischen Verwertungskreislauf werden die Stoffe nach dem Abbau und der Trennung einer industriellen technischen Aufbereitung zugeführt, um ein neues, aufbereitetes Material zu erhalten. Bei einem geschlossenen Kreislauf, weisen hervorgegangenen Sekundärrohstoffe die gleiche Qualität auf wie die Primärrohstoffe. Der technische Recyclingprozess ist mit einem Energieaufwand verbunden, der im Sinne der Nachhaltigkeit gering zu halten ist. Unter einem biotischen Verwertungskreislauf versteht man die Kompostierung biotischer Materialien. Dieser Kreislauf kann grundsätzlich als geschlossen betrachtet werden. Bei beiden Kreisläufen ist die Sortenreinheit der Ausgangsmaterialien von Bedeutung zum Erhalt der Qualitätsstufe. Als Störstoffe für das Recycling kommen in der Bauindustrie häufig Materialien zur Produktperformance, Beschichtungen, Verklebungen oder Überzüge vor [3, p. 60].

Downcycling

Falls das Recycling auf gleicher Qualitätsstufe durch Störstoffe beeinflusst wird, und somit nur noch eine Verwertung auf reduzierter Qualitätsstufe möglich ist, spricht man von Downcycling.

Wieder- und Weiterverwendung

Bei einer Wieder- und Weiterverwendung ist das Ziel, das Produkt unter Beibehaltung der Produktgestalt erneut einzusetzen. Bei der Beibehaltung des ursprünglichen Zweckes handelt es sich um die Wiederverwendung (engl.: Re-Use), bei dem erneuten Einsatz für einen unterschiedlichen Zweck wird von Weiterverwendung (engl.: Further-Use) gesprochen [3, pp. 59 - 60].

Recycling-Baustoffe (RC-Baustoffe)

Als Recyclingbaustoffe werden mineralische Bauabfälle, die in einer mobilen oder stationären Aufbereitungsanlage zu definierten Bauabfällen aufbereitet werden, bezeichnet [4, p. 486].

Kreislaufwirtschaft

Die Grundidee der Kreislaufwirtschaft besteht darin zu erkennen, dass die Eigenschaft eines Stoffs oder Gegenstands als Abfall nicht notwendigerweise das Ende seines Lebenszyklus bedeutet. Stattdessen soll Abfall durch geeignete Verwertungsmaßnahmen so weit wie möglich in den Wirtschaftskreislauf zurückgeführt werden, um Ressourcen zu schonen. Aus rechtlicher Sicht bedeutet dies, dass ein Gegenstand oder Stoff, der als Abfall deklariert wurde, die Möglichkeit hat, seine Abfalleigenschaft durch entsprechende Verwertung wieder zu verlieren [4, p. 15].

Verwertungsquote

Unter Verwertung fallen Mengen die thermisch, energetisch oder stofflich verwertet werden. Die Verwertungsquote ist nach Angaben des statistischen Bundesamts definiert

nach:

$$\left(\frac{\text{Menge (Input) aller Verwertungsanlagen}}{\text{Abfallaufkommen insgesamt}} * 100 \right)$$

Abbildung 1: Verwertungsquote [5]

Sie gibt also den Anteil des Inputs aller mit dem Verwertungsverfahren eingestuftten Behandlungsanlagen am insgesamten Abfallaufkommen an [5, p. 7].

Recyclingquote

Die Recyclingquote gibt den Anteil des Inputs aller mit dem Verfahren „Stoffliche Verwertung“ eingestuftten Behandlungsanlagen am insgesamten Abfallaufkommen [5, p. 7].

Sie wird wie folgend berechnet:

$$\left(\frac{\text{Menge (Input) aller Recyclinganlagen}}{\text{Abfallaufkommen insgesamt}} * 100 \right)$$

Abbildung 2: Recyclingquote [5]

Energetische Verwertung

Die energetische Verwertung bezieht sich auf die Nutzung von Abfall- oder Biomasse als Brennstoff zur Erzeugung von Wärme oder Strom [4, p. 339].

Kaskadennutzung

Der Begriff Kaskadennutzung beschreibt eine mehrfache stoffliche Verwertung innerhalb des Bauwesens, bevor das Material am Lebensende energetisch verwertet wird [3, p. 61].

Sekundärbaustoffe

Bei Sekundärbaustoffen werden Primärrohstoffe ersetzt durch Sekundärrohstoffe, die in der Industrie- oder in Haushalten anfallen und in einem anschließenden Prozess zu Grund- und Werkstoffen weiterverarbeitet werden. Damit wird der Anteil des benötigten Primärrohstoffs, soweit es die Qualität erlaubt, reduziert [6].

2.2. Rechtliche Vorgaben zur Kreislaufwirtschaft von Baustoffen

2.2.1. Rechtliche Grundlagen auf EU-Ebene

Das deutsche Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) basiert auf der EU-Abfallrahmenrichtlinie 2008/98/EG, auch Abfallrahmenrichtlinie genannt. Diese Richtlinie regelt den Umgang mit Abfällen in der EU und zielt darauf ab, die Umwelt, die menschliche Gesundheit und die Ressourcen zu schützen sowie eine effiziente Kreislaufwirtschaft zu fördern. Sie definiert eine fünfstufige Abfallhierarchie, die nach Priorität geordnet ist: Vermeidung, Vorbereitung zur Wiederverwendung, Recycling, sonstige Verwertung (z.B. energetische Verwertung) und Beseitigung. Diese Hierarchie ersetzt das frühere Modell von Vermeiden, Verwerten und Beseitigen. Darüber hinaus wurde die Verpflichtung der Mitgliedstaaten eingeführt, Recyclingquoten für Bau- und Abbruchabfälle von 70% bis 2020 zu erreichen. Im Jahr 2018 wurde die Abfallrahmenrichtlinie in einem Aktualisierungspaket überarbeitet, das 2020 im Rahmen der Novelle des deutschen Kreislaufwirtschaftsgesetzes umgesetzt wurde [7].

Ein weiteres bedeutendes rechtliches Instrument auf europäischer Ebene ist die Bauproduktenverordnung (BauPVO), die im Jahr 2013 verabschiedet wurde. Das Ziel dieser Verordnung ist es, einheitliche Produkt- und Prüfstandards für Bauprodukte in der EU zu etablieren und grundlegende Anforderungen an Bauwerke festzulegen. Die BauPVO stellt Anforderungen in Bereichen wie mechanische Festigkeit, Standsicherheit, Brandschutz, Hygiene, Gesundheit, Umweltschutz, Sicherheit, Barrierefreiheit, Schallschutz, Energieeinsparung, Wärmeschutz und nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen für die EU-Mitgliedstaaten auf [8].

2.2.2. Rechtliche Grundlagen in Deutschland

Das von der Bundesregierung im Jahr 2016 beschlossene Ressourceneffizienzprogramm ProgRess II, in Symbiose mit dem Kreislaufwirtschaftsgesetz, bildet die zentrale Strategie zur Förderung der Rohstoffproduktivität in Deutschland. Im Rahmen der Durchführung wurden zahlreiche legislative Maßnahmen zur Abfallvermeidung ins Leben gerufen, die insbesondere für die Bauindustrie von Bedeutung sind. [3, p. 16].

Die Neufassung des Kreislaufwirtschaftsgesetzes fungiert aktuell als grundlegendes Instrument zur Umsetzung der Bestimmungen der EU gemäß der Abfallrahmenrichtlinie in nationales Recht. Im Zuge dessen wurden sowohl die EU-Abfallhierarchie als auch die auf EU-Ebene festgelegten Recyclingquoten adaptiert. Die Erweiterung des Produkthaftungssystems in Deutschland durch die Implementierung der Obhutspflicht zielt auf den Erhalt der Gebrauchstauglichkeit von Produkten. Des Weiteren wurde die Transparenzpflicht eingeführt, welche Behörden dazu befähigt, spezifische Informationen über die Gebrauchstauglichkeit von Produkten einzufordern. Die Novellierung beinhaltet zudem Maßnahmen zur Förderung eines fairen Wettbewerbs zwischen privaten und kommunalen Abfallentsorgungsunternehmen [9].

Das KrWG wird durch Landesabfallgesetze und kommunale Satzungen ergänzt, die spezielle Vorschriften zur Abfallentsorgung definieren und von erheblicher Relevanz sind. Die Behandlung von Bauabfällen fällt unter das Bundes-Immissionsschutzgesetz und dessen Verordnungen, die die Handhabung von Abbruchmaterial regeln. Es wird keine Unterscheidung zwischen aufbereiteten und nicht recycelten Baumaterialien aufgrund von bau- und umwelttechnischen Gütekriterien vorgenommen, weshalb Sekundärbaustoffe gemäß der Verordnung VOB/Teil C ebenfalls als Produkte angesehen werden [2, pp. 46 - 47].

Ein weiteres wesentliches Regelwerk für den Umgang mit Baustellenabfällen stellt die Gewerbeabfallverordnung (GewAbfV) dar, die 2017 in revidierter Form in Kraft trat. Sie legt die getrennte Sammlung und anschließende Vorbereitung zur Wiederverwendung und zum Recycling verschiedener Arten von Bau- und Abbruchabfällen, einschließlich mineralischer, metallischer, biotischer und fossiler Abfallmaterialien, fest. Zudem werden Richtlinien für den Umgang mit speziellen Mischungen definiert, bei denen keine getrennte Sammlung notwendig ist [10, p. 26].

Die Abfallverzeichnisverordnung (AVV) definiert die Gefährlichkeit und Herkunft von Abfällen, was maßgeblich für den jeweiligen Verwertungs- und Entsorgungsweg ist. Abhängig von der Klassifizierung in eine bestimmte Kategorie werden die Entsorgungswege und statistischen Erfassungsmethoden bestimmt [3, p. 16].

2.3. Abfallaufkommen in Deutschland

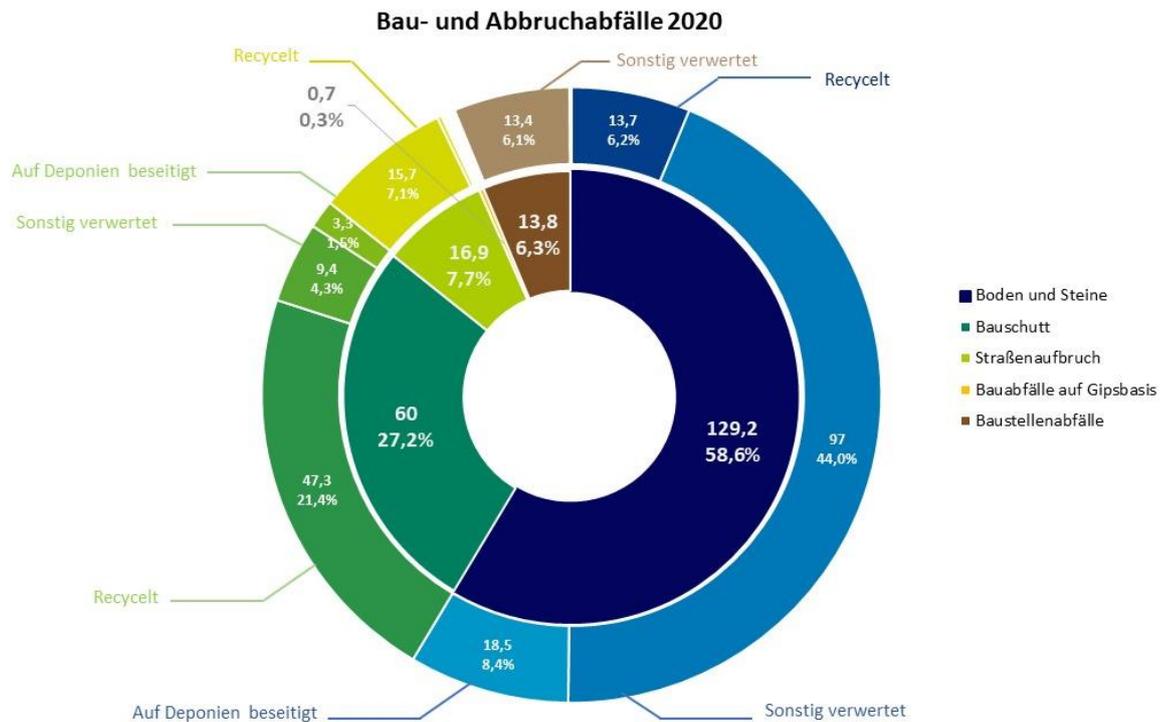


Abbildung 3: Bau- und Abbruchabfälle 2020 [14]

Im Jahr 2020 erreichte das Volumen von Bau- und Abbruchabfällen, wie in der oben genannten Abbildung dargestellt, beachtliche 220,6 Millionen Tonnen. Boden und Steine dominierten mit 58,6% diese Abfallkategorie, gefolgt von Bauschutt mit 27,2%, Straßenaufbruch mit 7,7%, Baustellenabfällen mit 6,3% und Gipsabfällen mit marginalen 0,3% [14]. Trotz erkennbar hoher Recycling- und Verwertungsquoten für die einzelnen Kategorien besteht das Problem, dass in den meisten Fällen die Qualität der recycelten Baustoffe nicht gewährleistet werden kann. Infolgedessen sind sie für ihren ursprünglichen Verwendungszweck nicht mehr geeignet. Baustoffe werden oftmals aus dem Hochbaukreislauf entnommen und finden Anwendung im Deponie- oder Straßenbau sowie bei Verfüllungen. Gesteinskörnungen werden aufbereitet und als Recycling-Baustoffe in anderen Sektoren genutzt. Beispielsweise wurden 2016 aus ungefähr 89 Millionen Tonnen mineralischen Bauabfällen rund 72 Millionen Tonnen Recycling-Baustoffe produziert. Von diesen wurden jedoch lediglich 21% für die erneute Herstellung

Grundlagen des Einsatzes von Sekundärbaustoffen und -komponenten heute

von Asphalt und Beton genutzt. Der Großteil der Recycling-Baustoffe wurde für Straßenunterbauten, als Tragschicht unter Gebäuden oder zur Verfüllung von Baugruben verwendet. Nur 0,4% des wiedergewonnenen Kiesel fanden Verwendung als Betonzuschlag [15, p. 3]. In der vorliegenden Arbeit wird die detaillierte Untersuchung der Stoffkreisläufe der verschiedenen Abfallkategorien, wie sie in Abbildung 3 dargestellt sind, vorgenommen. Die Kategorie Straßenaufbruch wird aufgrund ihrer geringen Relevanz für den Hochbau in dieser Arbeit vernachlässigt. Das Recycling von Bau- und Abbruchabfällen wie Holz, Glas, Kunststoff, Metall und Dämmstoffen wird offiziell nicht dokumentiert, wodurch die Datenlage in diesen Bereichen teils lückenhaft ist [3, p. 17].

2.4. Recyclingpotenziale der Bau- und Abbruchabfälle

2.4.1. Boden und Steine

Mineralische Materialien beinhalten solche, die durch nicht-lebendige, natürliche Prozesse entstehen und die am Ende ihres Lebenszyklus Verwitterungsprozessen unterliegen [3, p. 59]. Diese Kategorie schließt Bauschutt, Straßenaufbruch, den mineralischen Anteil von Baustellenabfällen, Gipsabfälle sowie Boden und Steine mit ein. Aufgrund ihres hohen Anteils an der Gesamtmenge von Abfällen und ihrer Bedeutung als Quelle für sekundäre Rohstoffe, sind die Entsorgung und Wiederverwertung dieser Materialien von hoher politischer und wirtschaftlicher Relevanz [4, pp. 481 - 482].

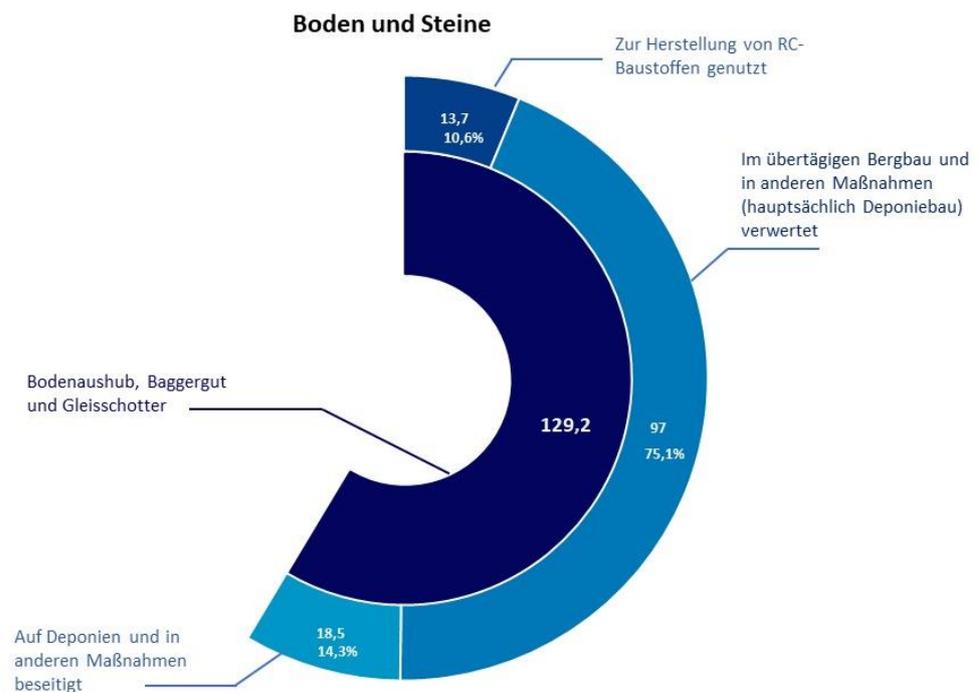


Abbildung 4: Kreislaufwirtschaft Boden und Steine [14, pp. 6-7]

Die Kategorie "Boden und Steine" umfasst Boden, Steine, Gleisschotter und Baggergut und stellt mit einem Anteil von 58,6% die größte Kategorie der Bauabfälle dar [14, pp. 6 - 7]. Wie aus Abbildung 5 ersichtlich ist, werden über 75% dieser Abfälle verwertet. Laut Herrn Dr. Schäfer vom Bundesverband *Steine und Erden e. V.* werden zwischen 90 und 95 Millionen Tonnen Boden und Steine zur Verfüllung von Abgrabungen und zur

Grundlagen des Einsatzes von Sekundärbaustoffen und -komponenten heute

Rekultivierung ehemaliger Tagebaue eingesetzt. Eine Aufbereitung des Bodens findet nur in Ausnahmefällen statt, da dies mit erheblichem Aufwand verbunden wäre. Etwa 10% des Bodens und der Steine werden direkt beim Aushub des Bodenmaterials entnommen, indem Kiesschichten während des Baugrubenaushubs selektiv entfernt werden. Diese Materialien werden als RC-Baustoffe im Erd-, Tief-, Straßen- und Wegebau eingesetzt, da sie geringere Qualitätsanforderungen an die Gesteinskörnungen erfüllen müssen. Der Anteil der Gesteinskörnungen könnte durch eine Aufbereitung des Bodens um etwa 8 bis 10 Millionen Tonnen erhöht werden. Dies wäre mit einem erheblichen Aufwand verbunden.

2.4.2. Bauschutt

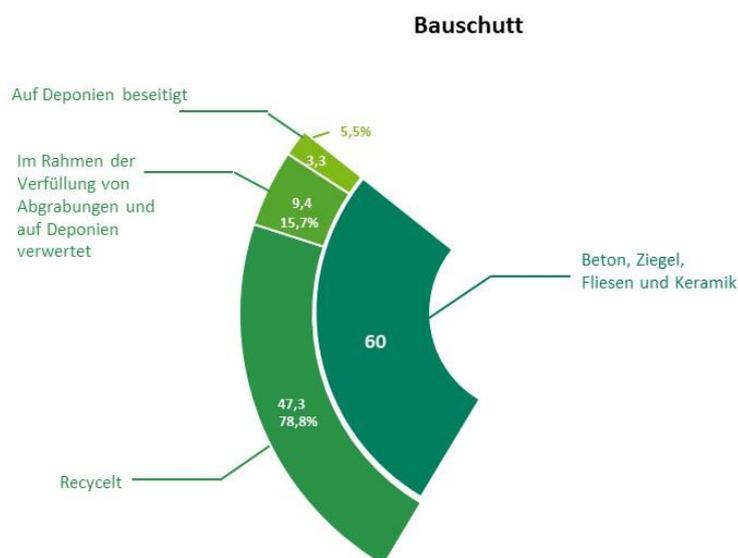


Abbildung 5: Kreislaufwirtschaft Bauschutt [14, pp. 6 - 7]

Die Kategorie "Bauschutt" umfasst die Baustoffe Beton, Ziegel, Fliesen und Keramik und macht mit einem Anteil von 27,2% und 60 Millionen Tonnen einen erheblichen Teil der jährlich anfallenden Baustellenabfälle aus. Wie aus Abbildung 5 ersichtlich ist, werden bereits 78,8% dieser Abfallmenge in Recyclingkreisläufen recycelt, worauf im Folgenden genauer eingegangen wird [14, p. 6].

Der größte Anteil in dieser Kategorie entfällt auf Beton, gefolgt von Mauersteinen bzw. Ziegeln. Daher wird dem Baustoff Beton bei der Betrachtung der Kreislaufwirtschaft im Hochbau die größte Relevanz zugeschrieben. Auch das Recycling von Ziegeln bzw. Mauersteinen wird genauer betrachtet. Aufgrund ihres hohen Anteils an Abfallmengen und ihrer Bedeutung als sekundäre Rohstoffquelle erhalten die Entsorgung und Wiederverwertung dieser Materialien eine hohe politische und wirtschaftliche Relevanz [4, pp. 481 - 482]. Deshalb wird diesen beiden Baustoffen bei der nachfolgenden Betrachtung der Kreislaufwirtschaft im Hochbau ein höherer Stellenwert zugeschrieben.

Die Kategorie Bauschutt deckte aufgrund ihrer hohen Recyclingquote 47,3% der Produktion von insgesamt 76,9 Millionen Tonnen Recycling-Baustoffen im Jahr 2020 ab. Von den produzierten Recycling-Baustoffen wurden etwa 50% im Straßenbau, 23% im Erdbau, 7% im Deponiebau und 20% als Gesteinskörnungen in der Asphalt- und Betonherstellung eingesetzt [14, pp. 10 - 11]. Für den Hochbau ist nur der Einsatz in der Asphalt- und Betonherstellung, sowie in den sonstigen Anwendungen relevant. Ein Hindernis für ein qualitativ hochwertiges Downcycling von mineralischen Materialien besteht darin, dass oft weichere Materialien beigemischt sind, die nicht separat abgetrennt werden können, was eine sortenreine Trennung verhindert [3, p. 69].

RC-Beton

Die Substitution von herkömmlichem Beton durch Recyclingbeton spielt aus umwelttechnischer Sicht eine bedeutende Rolle, da Beton einen hohen Anteil der verwendeten Baumaterialien in Deutschland ausmacht und Recyclingbeton eine umweltfreundlichere Alternative darstellt. Beton ist ein Hochleistungsbaustoff unter statischen Aspekten und besitzt einen Anteil von über 40% an den verwendeten Baumaterialien in Deutschland [3, p. 70].

Der Einsatz von Recyclingbeton wird in Deutschland durch verschiedene Normen und Richtlinien geregelt, darunter EC2, DIN EN 206, DIN EN 12620 und die DAfStb-Richtlinie "Beton nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 mit rezyklierten Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620". Gemäß diesen Vorschriften wird der Anteil an rezyklierten Gesteinskörnungen je nach Korngröße auf maximal 45% begrenzt. Die wichtigen Eigenschaften von Recyclingbeton, wie das Elastizitätsmodul oder die Rohdichte, entsprechen denen von herkömmlichem Beton, sodass der Einsatz von Recyclingbeton unter Berücksichtigung einiger Randbedingungen zugelassen wird. Recyclingbeton kann

sowohl im Innen- als auch im Außenbereich eingesetzt werden, z. B. als Fassade, Decke, Bodenplatte oder für Sichtbeton-Oberflächen. Auch der Einsatz in im Erdreich eingebetteten Bauteilen ist denkbar. Für wenig beanspruchte Anwendungen können Recyclinganteile von 35% bis zu 100% verwendet werden, während für stark beanspruchende Anwendungen die Güteklassen C30/37 überschritten werden sollten [16, pp. 461 - 462]. Trotz des Potenzials von Recyclingbeton wird in Deutschland derzeit nur etwa 0,5% des Betonabbruchs zu Recyclingbeton verarbeitet, während der EU-Durchschnitt bei 6% liegt. In der Schweiz wurde bereits 2006 gezeigt, dass qualitativ hochwertiger Recyclingbeton mit über 90% Abbruchmaterial hergestellt werden kann. Aufgrund der Beschaffenheit der Gesteinskörnungen sind nur etwa 40% für die Weiterverarbeitung zu Recyclingbeton geeignet [3, p. 70]. Es gibt keine schwerwiegenden belastungstechnischen Gründe gegen den flächendeckenden Einsatz von Recyclingbeton und es ist möglich, Recyclingbeton über Standardbauteile hinaus einzusetzen, z. B. für Gründungsplatten, Sauberkeitsschichten oder wenig belastete Wände und Decken. Der Einsatz von Recyclingbeton kann somit zu einer nachhaltigeren Bauweise beitragen [16, pp. 460 - 464].

Ziegel

Unter die Kategorie "Ziegel" fallen Mauerziegel, Kalksandsteine, Porenbetonsteine oder Blöcke aus Leicht- oder Normalbeton. Beim Abbruch von Mauerwerk entsteht Mauerwerkabbruch, der sowohl die Mauerwerksstoffe als auch Mörtel und Putz umfasst [2, pp. 231 - 232]. Etwa die Hälfte des gesamten Mauerwerkabbruchs in Deutschland besteht aus Ziegelmateriale, wobei die Zusammensetzungen der Mauerwerksstoffe stark variieren [3, p. 69]. In der nachfolgenden Abbildung sind die unterschiedlichen Bandbreiten der stofflichen Zusammensetzung von Mauerwerksziegeln dargestellt:

Stoffgruppe	Anteil [M.-%] in der Körnung 4/32 mm
Ziegel	39,0 bis 76,7
Mörtel/Putz/Porenbeton	12,4 bis 30,9
Beton	2,4 bis 23,7
Naturstein	4,4 bis 12,2
Sonstiges	0,2 bis 10,5

Abbildung 6: Bandbreiten der stofflichen Zusammensetzung von Mauerwerksabbruch [17]

Wenn beim Rückbau von Gebäuden unbeschädigte Mauer- oder Dachziegel anfallen, können diese direkt in der Denkmalpflege verwendet werden, etwa zum Anlegen von gepflasterten Böden, als Fußbodenbelag oder als gestalterisches Element für die

Fassaden von Gebäuden [2, p. 248]. Zudem können solche Ziegel auf Bauteilbörsen angeboten werden, ein Aspekt, der im nächsten Kapitel näher erläutert wird. In der Regel sind die Mauerwerksstoffe beim Abbruch jedoch so beschädigt, dass eine direkte Wiederverwendung nicht möglich ist. Daten zum Aufkommen von Mauerwerksbruch oder zu den Verwertungsmöglichkeiten von Recycling-Mauersteinen liegen nicht vor, da sie laut Dr. Berthold Schäfer eine absolute Ausnahme darstellen [40]. Bei einer sortenreinen Trennung der Mauerwerksstoffe könnten deutlich mehr Verwertungsmöglichkeiten bestehen. In der Regel werden Mauerwerksstoffe im Downcycling-Prozess zu Ziegelrezyklat weiterverarbeitet und als Splitt in Pflanzensubstraten, in Außenanlagen oder als Material für den Bodenaustausch in Trag-, Drän- und Frostschutzschichten mit einem Anteil von bis zu 30 % eingesetzt. Obwohl es in Deutschland kaum Praxisbeispiele gibt, könnten Mauersteine aus Ziegelrezyklat zwischen 20 % und 60 % des Primärmaterials ersetzen [3, p. 69]. Ein österreichischer Hersteller, die S-H Betonwerk GmbH, hat zum Beispiel seit über 15 Jahren einen Mauerstein im Sortiment, der zu 70 % aus Ziegelsplitt, 10 % aus Blähton, 7 % aus Kies und 13 % aus Zement besteht [2, p. 255]. In der Schweiz wurden in den 1990er Jahren Mauersteine unter der Bezeichnung MARO mit alternativen Rohstoffen nach der Kalksandsteintechnologie für den Markt produziert [2, p. 258]. Die industrielle Weiterverwertung von Porenbeton zur Herstellung von Mauersteinen findet bisher noch nicht im größeren Maßstab statt, obwohl Porenbeton die üblichen Zuschlagsstoffe ersetzen könnte [3, p. 70].

2.4.3. Bauabfälle auf Gipsbasis

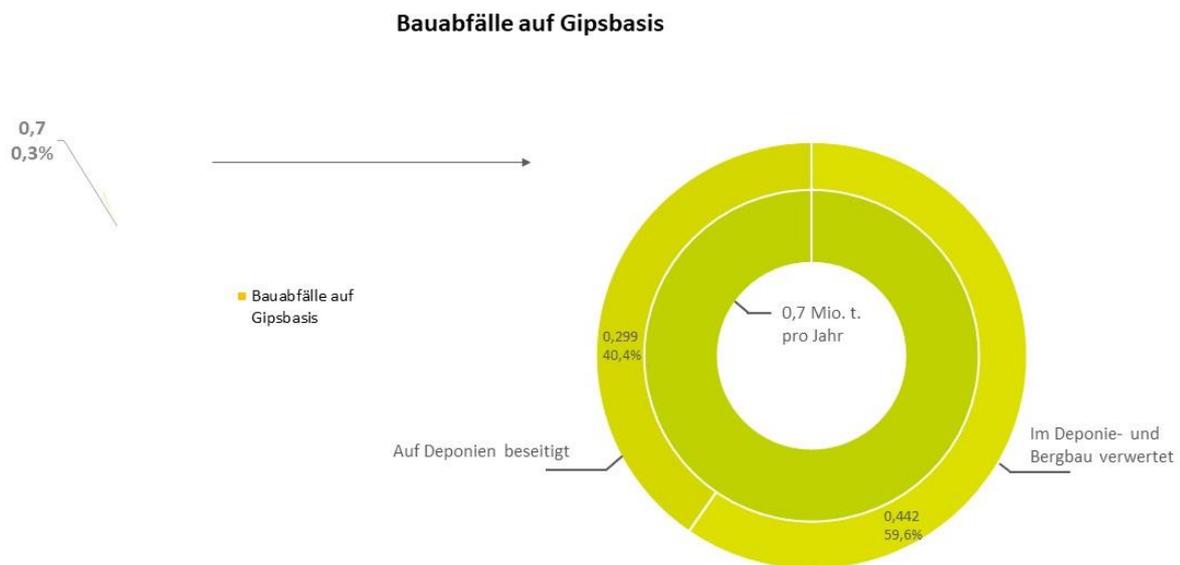


Abbildung 7: Kreislaufwirtschaft Bauabfälle auf Gipsbasis [14, pp. 6-8]

Abfälle mit hohem Gipsanteil ohne Verunreinigungen werden in Deutschland in der Abfallkategorie 17 08 02 "Baustoffe auf Gipsbasis" erfasst. Diese Kategorie beinhaltet bereits einen bedeutenden Anteil an rückgebauten Platten [2, p. 81]. Laut Abbildung 7 werden die meisten Bauabfälle auf Gipsbasis entweder auf Deponien entsorgt oder im Deponie- bzw. Bergbau verwendet. Im Jahr 2018 wurde eine Recyclingquote von 4,7% für Gipsabfälle im Monitoring-Bericht zur Kreislaufwirtschaft im Bau genannt [18, p. 8]. Diese Daten wurden im Jahr 2020 aufgrund von Unstimmigkeiten zwischen den offiziellen und industriellen Daten nicht mehr veröffentlicht.

Gips wird im Baubereich oft als Bindemittel oder Ausgangsmaterial für Gipskartonplatten wegen seiner guten brandschutztechnischen Eigenschaften verwendet. Der Einsatz von Gips ist auf den Innenbereich beschränkt, da seine Festigkeit durch Feuchtigkeit beeinträchtigt wird [2, p. 275]. Deutschland kann seinen Bedarf an Baugips selbst decken, wobei etwa 40% aus dem Abbau von Naturgips stammen und der Rest aus dem Abbau und der Verbrennung fossiler Rohstoffe resultiert, wobei REA-Gips als

Nebenprodukt der Rauchgasentschwefelung in Braunkohle- und Steinkohlekraftwerken anfällt [3, p. 81]. Gipsprodukte können in zwei Kategorien eingeteilt werden: solche, die auf der Baustelle mit Wasser vermischt und verarbeitet werden, und vorgefertigte Trockenbauprodukte, die direkt auf der Baustelle verbaut oder auf Unterkonstruktionen montiert werden. Gips spielt auch bei der Zementherstellung eine Rolle, um das Erstarungsverhalten des Klinkers zu beeinflussen. Im Jahr 2014 betrug der Rohstoffbedarf für die Herstellung von Gipsbaustoffen 9 Millionen Tonnen. Die Menge an Gipsbaustoffen im bestehenden Gebäudebestand wird auf etwa 200 Millionen Tonnen geschätzt, vorausgesetzt, alle eingebauten Gipsbaustoffe sind noch vorhanden. Es ist jedoch schwer, diese Zahl zu bestätigen, da die Menge an Gipsbaustoffen, die durch den Abriss aus dem Bestand entfernt wird, nicht bekannt ist [2, pp. 276 - 277]. Gips lässt sich in sortenreinem Zustand nahezu beliebig oft recyceln. Dadurch wurden in anderen westeuropäischen Ländern bereits Recyclingquoten von über 40% erreicht [3, p. 81].

2.4.4. Baustellenabfälle

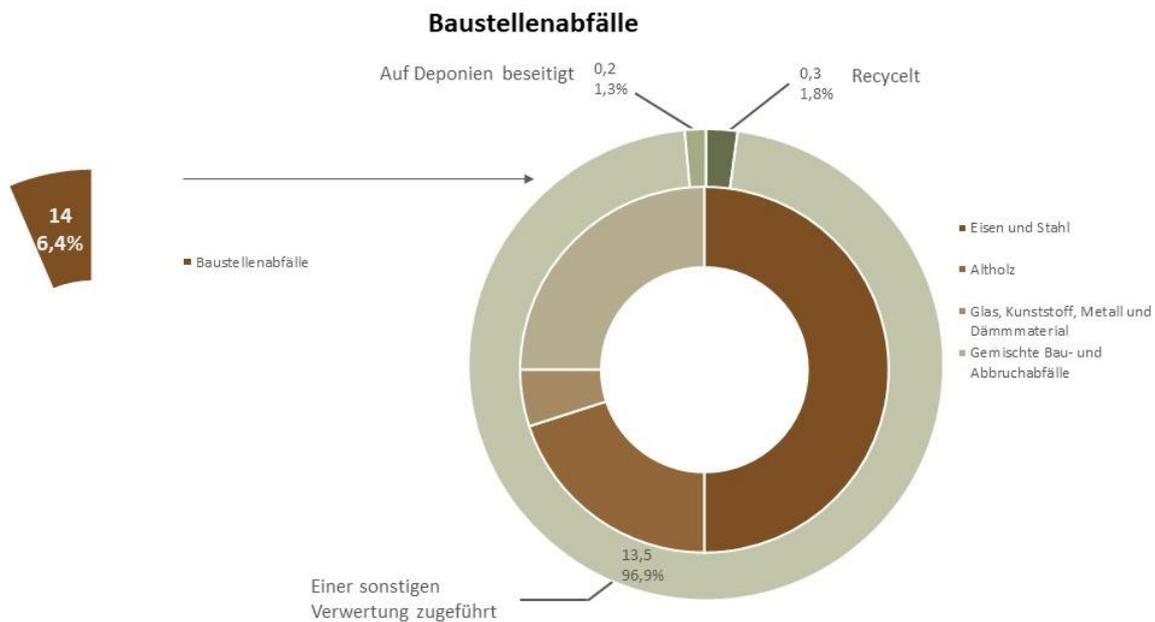


Abbildung 8: Kreislaufwirtschaft Baustellenabfälle [14, pp. 6-9]

Die Kategorie "Baustellenabfälle" stellt 6,4% des Gesamtabfallaufkommens dar und beinhaltet verschiedene Arten von Abfällen. Gemischte Bau- und Abbruchabfälle machen etwa 25% des Abfallaufkommens aus, während metallische Abfälle wie Eisen und Stahl etwa 50% ausmachen. Altholz hat auch einen signifikanten Anteil von 20% am Abfallaufkommens. Abfälle aus Glas, Kunststoff, Metall und Dämmmaterial sind zusammengefasst und machen 5% des Abfallaufkommens aus [14, pp. 6 - 9]. Aus Abbildung 8 geht hervor, dass die sonstige Verwertung mit über 96% den größten Anteil dieser Abfallgruppe darstellt. Die Beseitigung auf Deponien und das Recycling spielen nur eine untergeordnete Rolle [14, pp. 6 - 9]. In der folgenden Arbeit wird die Kreislaufwirtschaft der Baustoffe Stahl, Altholz und Glas genauer betrachtet, aufgrund ihrer Relevanz als Baustoffe.

Glas

Im Jahr 2014 wurden rund 0,3 Millionen Tonnen Glasabfälle durch den Bau und Abriss von Gebäuden generiert, was 9% des Gesamtabfallaufkommens entspricht [2, p. 292]. Es gibt zwei Hauptwege für die Verwendung von Glas in der Bauindustrie. Erstens wird Behälterglas hergestellt, wobei 90% des verwendeten Behälterglases recycelt und in den ursprünglichen Kreislauf zurückgeführt werden. Der verbleibende Anteil wird zur Herstellung von Blähglas für die Bauindustrie benutzt. Der zweite relevante Produktionsweg ist die Herstellung von Flachglas, das hauptsächlich in konstruktiven Bereichen eingesetzt wird [17, p. 58]. Bei der Flachglasproduktion werden aufgrund hoher Qualitätsanforderungen fast ausschließlich interne und sortenreine Glasscherben verwendet, die aus weiterverarbeitenden Betrieben stammen und bis zu 20% ausmachen. Gemischtes Altglas wird nicht verwendet. Altglas kann als Rohstoff für die Herstellung von Glaswolle, Schaumglas, Blähglas und Glasmehl dienen, das in der Ziegelherstellung oder als Zusatz in Zement oder Beton verwendet wird [2, pp. 293 - 294]. Sowohl für Flachglas als auch für Behälterglas gibt es in Deutschland ein flächendeckendes Netzwerk für die Sammlung, Aufbereitung und Verwertung. Das gesammelte Material wird in Floatscherben und Flachglasscherben kategorisiert. Floatscherben können ohne weitere Aufbereitung direkt dem Schmelzprozess zugeführt werden, während Flachglasscherben eine Aufbereitung durchlaufen müssen. Die Herstellung von Schaum- und Blähglas für die Bauindustrie ist weniger anspruchsvoll und wird bereits in großem Maßstab mit einem Anteil von über 66% Altglas praktiziert [17, p. 58]. Schaumglasplatten, die als Dämmplatten verwendet werden, bestehen bereits zu etwa 70% aus Altglas. Im Gegensatz dazu kann bei der Herstellung von Schaumglasschotter, der ebenfalls zur Dämmung verwendet wird, ein Anteil von 100% Altglas erreicht werden [3, p. 90].

Stahl

Etwa 85% der im Bauwesen verwendeten Metallbauteile bestehen aus Stahl, was das Recycling zu einem wichtigen Aspekt macht. Einige europäische Hersteller von Bau Stahlprodukten haben bereits einen Schrottanteil von bis zu 70%. In Deutschland besteht ein flächendeckendes Sammelsystem für Stahlbauteile, wodurch etwa 88% des verbauten Stahls recycelt und bis zu 11% wiederverwendet werden können. Stahl kann beliebig oft eingeschmolzen und in gleicher Qualität recycelt werden. Durch Legieren und Behandeln des Stahls können sogar Produkte von höherer Qualität als die Ausgangsprodukte hergestellt werden. Im Sinne der Kreislaufwirtschaft wäre es **Grundlagen des Einsatzes von Sekundärbaustoffen und -komponenten heute**

wünschenswert, den Anteil von Stahl in Bauwerken zu erhöhen, und zwar auf Kosten von mineralischen Stoffen [3, p. 68].

Holz

Holz wird im Bauwesen nicht nur für Massivbauten genutzt, sondern findet auch Anwendung im Holzfertigbau und bei der Inneneinrichtung [17, p. 61]. Es bietet viele Vorteile wie geringes Gewicht, was eine Aufstockung von Gebäuden ohne bedeutende statische Veränderungen ermöglicht, und die Erhaltung der Tragfähigkeit bei hohen Temperaturen im Brandfall, was bei Beton und Stahl nicht der Fall ist. Im Hochbau werden verschiedene Konstruktionsarten von Holz eingesetzt, darunter Massivbau, Holzrahmenbau, Skelettbau, Hybridbau und Modulbau [19, pp. 19 - 22].

Im Jahr 2012 wurden in Deutschland 13,4 Millionen Kubikmeter Holz im Baubereich verwendet, zuzüglich etwa 3,2 Millionen Kubikmeter Verschnitt. Dabei stellt Schnittholz mit etwa 60% den größten Anteil, gefolgt von Holzwerkstoffen mit 28% und Holzfaserdämmplatten mit 14% [17, pp. 6 - 7]. Möbelholz, das im Bauwerksinventar vorhanden ist, spielt in der Betrachtung der Kreislaufwirtschaft im Hochbau keine Rolle, da es in den kommunalen Abfallentsorgungskreisläufen landet.

Für das Holz am Ende seiner Nutzungsdauer sind hauptsächlich die stoffliche und energetische Verwertung relevant. Eine Wiederverwendung spielt im Baugewerbe aufgrund möglicher Schadstoffprobleme und fehlender Gewährleistung der baustatischen Eignung eher eine untergeordnete Rolle und findet vornehmlich im privaten Bereich statt [17, pp. 60 - 63]. Altholz kann entweder stofflich oder energetisch verwertet werden. Es existieren verschiedene Kategorien für die stoffliche Verwertung von Altholz, wobei Kategorie 1 und 2 für eine hochwertige Verwertung zugelassen sind und Kategorie 3 nur eingeschränkt. In Deutschland wird jedoch derzeit nur ein Fünftel des Altholzes hauptsächlich zur Herstellung von Spanplatten vermarktet, obwohl Studien zeigen, dass etwa 75% des Altholzes einer Kaskadennutzung zugeführt werden könnten. Der Großteil wird energetisch verwertet [3, p. 65].

2.5. Situation in der Praxis

Seit 2020 fordert die EU-Abfallrahmenrichtlinie eine Recyclingquote von 70% für Bau- und Abbruchabfälle, welche durch die Einbeziehung in die Neufassung des Kreislaufwirtschaftsgesetzes in deutsches Recht überführt wurde. Im Jahr 2015 erreichte die Verwertungsquote bereits 89%, wobei beeindruckende 99% davon stofflich und lediglich 1% energetisch verwertet wurden [11, p. 41]. Gemäß Informationen des Umweltbundesamtes hat sich die Recyclingquote über Jahrzehnte hinweg auf diesem hohen Niveau konstant gehalten und lag im Jahr 2020 bei 88,2% [12]. Dieser Wert übertrifft bereits deutlich die gesetzlich geforderten 70%. Diese Quote bezieht sich in erster Linie auf Downcycling-Prozesse, bei denen die Qualität der recycelten Materialien sinkt. Laut Statistischem Bundesamt wird das Verwertungsverfahren "Verfüllung" (beispielsweise die Verwendung von Abfall zur Auffüllung von Gelände) aus Sicherheitsgründen im Straßenbau oder zur Landschaftsgestaltung entsprechend der EU-Abfallrahmenrichtlinie in die Recyclingquote miteinbezogen. Lediglich Abfälle, die energetisch verwertet werden, fließen nicht in die Recyclingquote ein. Ab dem Jahr 2020 kam eine modifizierte Berechnungsmethode zum Tragen, bei der ausschließlich die Mengen berücksichtigt werden dürfen, die tatsächlich in den Recyclingprozess eingehen, wobei dies nur für Siedlungsabfälle gilt [13, p. 8].

Recycling-Beton wird in Deutschland bislang nur in sehr geringem Umfang, hauptsächlich für tragende Bauteile, eingesetzt. Es gibt jedoch bereits ausgewählte Projekte, wie das folgende Beispiel, die große Mengen an RC-Beton enthalten.

Das neue Kreishaus in Ludwigsburg wurde im Jahr 2017 in zwei Bauabschnitten fertiggestellt. Beim Neubau des zweiten Bauabschnitts wurde damals ein einmaliger Umfang an RC-Beton eingesetzt. Es handelt sich um ein funktionales Verwaltungsgebäude in Stahlbetonskelettbauweise mit fünf verschiedenen Ebenen. Bei dem Projekt konnte erstmals ein Bau in RC-Beton mit anspruchsvollen Bauteilen wie Pfahlgründungen, weitgespannten Decken und Kragarmen umgesetzt werden. Durch den Einsatz des RC-Betons konnten neben der Schonung der Kieslagerstätten und Bauschuttdeponien auch die Transportwege stark reduziert werden. Die Zuschlagstoffe für den verwendeten RC-Beton stammten alle aus dem Großraum Ludwigsburg, wodurch sich erhebliche ökologische Vorteile gegenüber dem Einsatz von Normalbeton ergaben [45, p. 460 - 464]. In der nachfolgenden Abbildung ist ein Bild des Kreishauses Ludwigsburg dargestellt.



Abbildung 9: Kreishaus Ludwigsburg [45, p. 464]

3. Verfügbarkeit und Beschaffung von Sekundärbaustoffen

3.1. Verfügbarkeit und Beschaffung

3.1.1. Boden und Steine

Die aufbereiteten Materialien der Kategorie Boden und Steine können wie zuvor erwähnt aufgrund zu geringer Qualität nicht erneut im Hochbau eingesetzt werden. Sie werden zur Verfüllung von Abgrabungen, zur Rekultivierung ehemaliger Tagebaue sowie im Erd-, Tief-, Straßen- und Wegebau eingesetzt [40]. Aufgrund der fehlenden Relevanz für den Hochbau wird diese Kategorie nicht weiter beleuchtet.

3.1.2. Bauschutt

RC-Beton

Der aktuelle Marktanteil von RC-Beton liegt bei 7% im Jahr 2022 [40]. Die Verfügbarkeit der Rohstoffe für RC-Beton ist stark von der Verfügbarkeit von Abbruchmaterial abhängig, welches hauptsächlich in Ballungszentren mit dichter Bebauung entsteht. Das Geschäft des Gebäudeabbruchs und der Aufbereitung von Gesteinskörnungen ist in Deutschland flächendeckend vertreten, je nach Region wird entweder mit stationären oder mobilen Aufbereitungsanlagen gearbeitet [39] [40]. Das Recyclinggeschäft in Bayern hat beispielsweise erst in den letzten beiden Jahren deutlichen Zuwachs erfahren. Aus diesem Grund gibt es in Bayern noch keine stationären Recyclinganlagen, sondern nur mobile Aufbereitungsanlagen, was zu Schwierigkeiten in der Beschaffung der Gesteinskörnungen führt. Stationäre Anlagen sind fest installiert an einem festen Standort und sind durch eine größere Größe und Kapazität leistungsfähiger als mobile Aufbereitungsanlagen. Mobile Aufbereitungsanlagen können an verschiedenen Standorten eingesetzt werden und sind kompakter und transportabler, aber haben oft eine geringere Verarbeitungskapazität [39]. Laut Experten gibt es in Bayern nicht genügend Recycling-Rohstoffe, um die Nachfrage zu decken [39] [40]. Dies wird sich nach Ansicht Herr Miedls innerhalb der nächsten zwei Jahre durch die Entstehung stationärer Aufbereitungsanlagen lösen [39]. Hinzu kommt eine Änderung der rechtlichen Regelungen durch die Ersatzbaustoffverordnung ab dem 1. August 2023, die es den **Verfügbarkeit und Beschaffung von Sekundärbaustoffen**

Recyclingunternehmen erschwert, einen Produktstatus für recycelte Gesteinskörnungen zu erlangen. Daher können die Körnungen vorerst nicht zur Herstellung von RC-Beton verwendet werden und müssen stattdessen in anderen Bereichen, wie zum Beispiel in ungebundenen Schichten im Straßenbau, eingesetzt werden [39]. Dadurch werden voraussichtlich Engpässe in der Verfügbarkeit von recycelten Gesteinskörnungen entstehen, bis die rechtlichen Fragen geklärt sind. Diese Gesetzgebung wurde auch in den anderen Bundesländern umgesetzt, aber nach seiner Meinung gab es dort elegantere Lösungen, die zu keinen vergleichbaren Engpässen wie in Bayern führen werden.

In Berlin hingegen gibt es ein flächendeckendes Netzwerk von stationären Recyclingunternehmen in der Umgebung der Stadt, sodass die Nachfrage gedeckt werden kann [39]. Dies liegt an dem geologisch bedingten Kiesmangel in Berlin, weshalb hier schon früh mit der Wiederverwertung von Gesteinskörnungen begonnen wurde. Durch das bestehende Netzwerk von Aufbereitungsunternehmen bewegt sich der Preis für Recycling-Beton in Berlin, im Gegensatz zu Bayern, bereits weitgehend in Richtung der Preisneutralität [39]. Allerdings spielen bei RC-Beton noch veränderte Logistik- und Überwachungskosten eine Rolle in der Preisbildung, die beim herkömmlichen Beton entfallen [39].

Ein weiteres Problem bei der Beschaffung der benötigten Gesteinskörnungen für RC-Beton ist die Konkurrenz um die Körnungen zwischen Hoch-, Straßen- und Erdbau [40]. Die Körnungen werden auch im Straßen- und Erdbau für die Verfüllung benötigt, wodurch bereits langjährige Geschäftsbeziehungen zwischen Straßenbau- und Recyclingunternehmen bestehen. Aufgrund des hohen Rohstoffbedarfs von 38,7 Mio. t. im Straßenbau und 17,7 Mio. t. im Erdbau, bei einer Gesamtmenge von 76,9 Mio. t. Recycling-Baustoffen im Jahr 2020 [14, p. 11] gibt es erhebliche Konkurrenz um die Gesteinskörnungen, was oft zu Knappheiten führen kann [41]. Laut Herrn Dr. Schäfers würde der hohe Rohstoffbedarf im Straßenbau dazu führen, dass eine Nutzung der Gesteinskörnungen im RC-Beton lediglich eine Umlenkung der Sekundärbaustoffe aus dem Straßenbau darstellen. Die bestehende Lücke müsste mit dem Einsatz von Primärrohstoffen geschlossen werden [40].

Beispielprojekt RC-Beton in Regensburg

Zur besseren Veranschaulichung der Beschaffung von RC-Beton wurde ein Beispielprojekt zum Bau eines Hauses mit RC ausgearbeitet. Für dieses Projekt werden 600 m³ RC-Beton der Festigkeitsklasse C30/37 am Standort Bukaresterstraße 1 in Regensburg benötigt. Mit diesen Daten wurden die Preise und Lieferzeiten verschiedener RC-Beton-Anbieter verglichen. Bei diesem Projekt wurden regionale Transportbetonhersteller die ebenfalls RC-Beton im Angebot besitzen sowie der RC-Beton der Bauteilbörse miteinander verglichen. Von den fünf regional ansässigen Transportbetonunternehmen bieten zwei der Unternehmen RC-Beton an. Dies sind einmal das Unternehmen *Heidelberger Beton Donau-Naab der Heidelberger Materials* und die *BERGER Beton SE der BERGER Gruppe*. Zur genauen Untersuchung der Beschaffung des Betons wurde ein Interview mit Herrn Klaus Miedl der Firma *BERGER Beton* geführt.

Für das Beispielprojekt in Regensburg würde die Firma *BERGER Beton* die benötigten recycelten Gesteinskörnungen von einer lokalen Abbruchstelle einer ehemaligen Kaserne in der Nähe der Bukaresterstraße beziehen. Die Entfernung zwischen der Abbruchstelle und der geplanten Baustelle ist in der untenstehenden Abbildung 10 dargestellt. Dort arbeiten sie mit einem lokalen Recyclingunternehmen zusammen, das die abgebrochenen Gesteinskörnungen, die unter den Abfallschlüssel 170101 fallen, in einer mobilen Aufbereitungsstation wieder herrichten. Die mobile Aufbereitungsstation ermöglicht, den gesamten Vorgang, bestehend aus dem Brechen, Sieben und Separieren der abgebrochenen Gesteinskörnungen, lokal auf der Baustelle auszuführen. Diese aufbereiteten Körnungen müssen zuerst zertifiziert werden, da sie vor der Zertifizierung noch als Abfall gelten, bevor sie wieder in einem neuen Bauprojekt eingesetzt werden können. Diese Zertifizierung geschieht im Falle des Beispielprojekts ebenfalls auf der Baustelle der ehemaligen Kaserne. In Regensburg geschieht die gesamte Aufbereitung von Gesteinskörnungen mobil auf den jeweiligen Abbruchstellen, da sich hier noch keine stationären Recyclingunternehmen niedergelassen haben. Aufgrund der Koordination der Stoffströme und der Zertifizierung der aufbereiteten Gesteinskörnungen benötigt ein Projekt mit den oben beschriebenen Eckpunkten eine Lieferzeit von sieben bis acht Wochen laut Herrn Miedls Angaben. Der Preis für die Lieferung des Recyclingbetons liegt 12 bis 14 Euro pro Kubikmeter über dem Preis des herkömmlichen Transportbetons [39]. Der Betonpreis für herkömmlichen Transportbeton für den Außenbereich liegt bei der zuvor genannten Festigkeitsklasse ungefähr bei 176-178 Euro, der für RC-Beton bei 188-192 Euro [44]. Dies würde für das Beispielprojekt in Regensburg

Verfügbarkeit und Beschaffung von Sekundärbaustoffen

einen Kostenaufpreis von 7.200 bis 8.400 Euro bedeuten. Die *Heidelberger Materials* besitzen ebenfalls RC-Beton in ihren Preislisten, jedoch ist sich Herr Miedl über eine mögliche Lieferung unsicher. Auf eine Anfrage bezüglich des Projekts wurde keine Antwort gegeben. Ebenso verhielt es sich mit der Bauteilbörse *Restado*, weshalb hierfür ebenfalls keine Aussage über eine mögliche Lieferung von Recyclingbeton getroffen werden kann [39].



Abbildung 10: Entfernung zwischen Abbruchstelle und Beispielprojekt

Ziegel

Recycling-Mauerwerksstoffe sind nach Angaben von Herrn Dr. Schäfer eine absolute Ausnahme. Hierzu liegen weder zum Anfall von Mauerwerksbruch in den verschiedenen Fraktionen noch zu den Verwertungspotenzialen Daten vor. Das Verwertungspotenzial besteht hauptsächlich darin, dass ganze Bauteile wiederverwendet werden, was über die Bauteilbörsen *Restado* und *bauteilnetz e. V.* möglich gemacht wird [40]. Es gibt trotzdem Unternehmen wie die Firma *Leipfinger Bader*, die RC-Ziegel herstellen. Dafür wurde ein Interview mit Herrn Markus Gander von *Leipfinger Bader* zur Untersuchung der Verfügbarkeit der Baustoffe geführt.

Das Unternehmen produziert Ziegel mit einem Anteil bis zu 60% Holzwolle als Füllstoff, um den Ziegelanteil zu reduzieren. Dabei handelt es sich um Altholz, das aus der Holzwerkstoff- und Spanplattenindustrie anfällt. Durch das Holz kann der benötigte Ziegelanteil reduziert werden, und es entstehen wärmetechnische Vorteile gegenüber den klassischen Ziegeln. Die Firma stellt auch RC-Ziegel her, die komplett aus produktionsinternen Ziegelabfällen bestehen. Jedoch handelt es sich dabei um eine zu vernachlässigende Menge. Am Lebensende werden die Ziegel der Firma *Leipfinger Bader* vom Hersteller zurückgenommen und zu Ziegelsplitt für die Bepflanzung von Dächern verarbeitet. Sie können aufgrund von Verunreinigungen nicht mehr zur erneuten Ziegelproduktion verwendet werden [43].

Zu genaueren Untersuchung der Verfügbarkeit der ganzen Ziegel wurde das Angebot der zuvor genannten Bauteilbörsen verglichen. Auf der Plattform *Restado* gibt es 26 verschiedene Angebote für historische und gebrauchte Ziegelsteine, die deutschlandweit verfügbar und lieferbar sind. Hierbei liegen die Angebote im Bereich zwischen hundert und mehreren hunderttausend Ziegelsteinen, die von den verschiedenen Händlern angeboten werden. Die Bauteilbörsen des *bauteilnetz e. V.* bieten die Ziegelsteine in deutlich geringeren Mengen als die Plattform *Restado* an [28]. Die Börse *Berlin-Brandenburg* bietet 21 Treffer in der Kategorie Ziegel, davon hauptsächlich Firstziegel, die von verschiedenen Anbietern im zweistelligen Bereich angeboten werden. Bei den Mauersteinen liegt das größte Angebot eines Händlers bei 8197 Stück [22]. Die Börse *Bremen* bietet nur sechs Treffer in der gleichen Kategorie an, bei denen die Mengenzahl zwischen einem und 100 Stück liegt [23]. Bei den Börsen *Gronau*, *Herzogenrath* und *Hannover* gibt es keine Treffer in der jeweiligen Suche [25] [26] [24]. Die Plattform *Cyrkl* bietet keine historischen Ziegel oder Mauerwerksbruch in Deutschland an. Es bestehen

Verfügbarkeit und Beschaffung von Sekundärbaustoffen

jedoch Angebote von Händlern in der Slowakei recycelten Mauerwerksbruch in der Größenordnung zwischen 300 und 5000 Tonnen zu kaufen [30].

Bauteilbörse	Anzahl der Angebote	Gesamtanzahl der Ziegel
Restado	26	1 755 518
Berlin-Brandenburg	21	47 031
Bremen	6	177

Tabelle 1: Angebotsvergleich Ziegel der Bauteilbörsen (Stand: 22.05.2023)

3.1.3. Bauabfälle auf Gipsbasis

Gips

Bei der Betrachtung von Sekundärbaustoffen im Gipskreislauf muss die Verwendung und Verfügbarkeit des REA-Gipses untersucht werden. Dieser zählt wie oben definiert als Sekundärbaustoff dadurch, dass er bei der Rauchgasentschwefelung als Nebenprodukt entnommen wird [3, p. 81]. Der überwiegende Anteil von 81,5% stammt im Jahr 2019 aus Braunkohlekraftwerken. In den Jahren zwischen 2005 und 2018 wurde dieser konstant mit rund 6,9 Millionen Tonnen jährlich eingesetzt, im Jahr 2019 fiel die Nachfrage auf 5,2 Mio. Tonnen mit einer Inlandsnachfrage von ungefähr 4,0 Mio. Tonnen. Die zukünftige Entwicklung der REA-Gips-Erzeugung hängt in Deutschland von der Stromerzeugung von Stein- und Braunkohlekraftwerken ab und kann sich durch Einhalten des geplanten Kohleausstiegs in Deutschland bereits Anfang der 30er Jahre auf Null reduzieren. Das schrittweise Absinken der Produktionsmengen von 3,3 Mio. Tonnen im Jahr 2025 auf geplanten 0,3 Millionen Tonnen im Jahr 2030 müsste bei unveränderter Nachfrage kompensiert werden [32, p. 47]. Dies wäre nur durch Naturgips, RC-Gips oder importierten REA-Gips möglich. Das Importieren dürfte sich nach Angaben der Rohstoffstudie als schwierig gestalten, da Deutschland als Hauptexporteur im europäischen Markt zählt und die Nachfrage im Ausland ebenfalls hoch bleiben dürfte. Das Aufkommen an recycelbaren Gipsabfällen ist ebenfalls in Deutschland gering, wodurch

die aus dem Recycling gewinnbare Menge bei weitem nicht groß genug sein wird, um die wegfallende REA-Gipsmenge zu kompensieren. Beispielsweise belief sich die im Jahr 2019 gewonnene Menge an RC-Gips auf 44799 Tonnen [32, p. 47].

3.1.4. Baustellenabfälle

Glas

Wie zuvor erwähnt, wird das in der Bauindustrie verwendete Glas in zwei unterschiedlichen Herstellungswegen erzeugt. Die Herstellung von Flachglas verwendet aufgrund der hohen Qualitätsanforderungen einen hohen Anteil von Eigenscherven, die aus einer Floathütte, der Produktionsstelle von Flachglas, als Verluste, oder aus einem Glasveredlungsbetrieb als Verschnitt anfallen. Es kommen ebenso Fremdscherben, die von Flachglasrecyclern zugekauft werden, oder Scherben, die als Verluste bei der Glasverarbeitung anfallen, zum Einsatz. Für das Recycling von Flachglas Abfällen besteht eine landesweite Sammelinfrastruktur, um die Scherben ohne zusätzliche Verunreinigungen zu den Recyclern zu bringen. Dort werden Fremdstoffe entfernt und die Scherben auf verschiedene Größen gebrochen, die, abhängig der Eingangsqualität, für die jeweiligen Verfahren als Rezyklate zum Einsatz kommen können. Dabei ist es wichtig, die Transportwege so gering wie möglich zu halten, da die Transportkosten bei den Glas Rezyklaten bis zu einem Drittel der Gesamtkosten ausmachen können. Auf der nachfolgenden Seite wird das Stoffstrommodell von Flachglas in der Bauindustrie dargestellt. Dabei wurden im Jahr 2016 insgesamt 900.000 Tonnen an Flachglas in der Gebäudehülle installiert. Die Zahl wird in Zukunft wahrscheinlich aufgrund des Trends zum ressourceneffizienten Bauen noch weiter ansteigen. Es fielen ungefähr 500.000 Tonnen Abfälle von Flachglas an, wovon ungefähr ein Drittel während der Herstellung entstand und zwei Drittel aus dem Abbruch von Gebäuden. Bei den Rezyklaten der Flachglasrecycler konnten nur 11% aufgrund der zu geringen Qualität der Flachglasherstellung zurückgeführt werden. Die Hälfte wurde zur Herstellung von Behälterglas eingesetzt, die restlichen 30% zur Herstellung von Mineralwolle, Glasperlen und Glasmehl. Die Trennung des Glases und Fensterrahmens stellt einen großen Aufwand dar und muss manuell durch Ausglasen oder Ausschlagen des Flachglases aus dem Rahmen erfolgen. Diese Tatsache ist dadurch bedingt, dass der Großteil der Recyclingbetriebe nur Fenster ohne Glasanteil annimmt. Eine Annahme der Fenster inklusive Glas würde aufgrund des

Verfügbarkeit und Beschaffung von Sekundärbaustoffen

hohen Gewichtanteils des Fensters deutlich erhöhte Transportkosten bedeuten. In Deutschland werden 90% der anfallenden Flachglasscherben recycelt, von denen, wie unten dargestellt, der größte Teil in die Behälterglas und Dämmstoffindustrie gehen und nur etwa 10% des Flachglases aufgrund der hohen Anforderungen einen closed-loop bilden können. Der Forschungsbericht Flachglasrecycling konnte keine leicht zu verändernden Stellgrößen ausmachen, bei denen der Anteil des Flachglases das einen closed-loop bildet, auf einfache Weise erhöht werden kann. Das wird zum einen durch den großen bestehenden Bedarf an Scherben für die Behälterglasindustrie bedingt, zum anderen durch die hohen Qualitätsanforderungen, die bei der Herstellung von Flachglas bestehen [33, pp. 5 - 7].

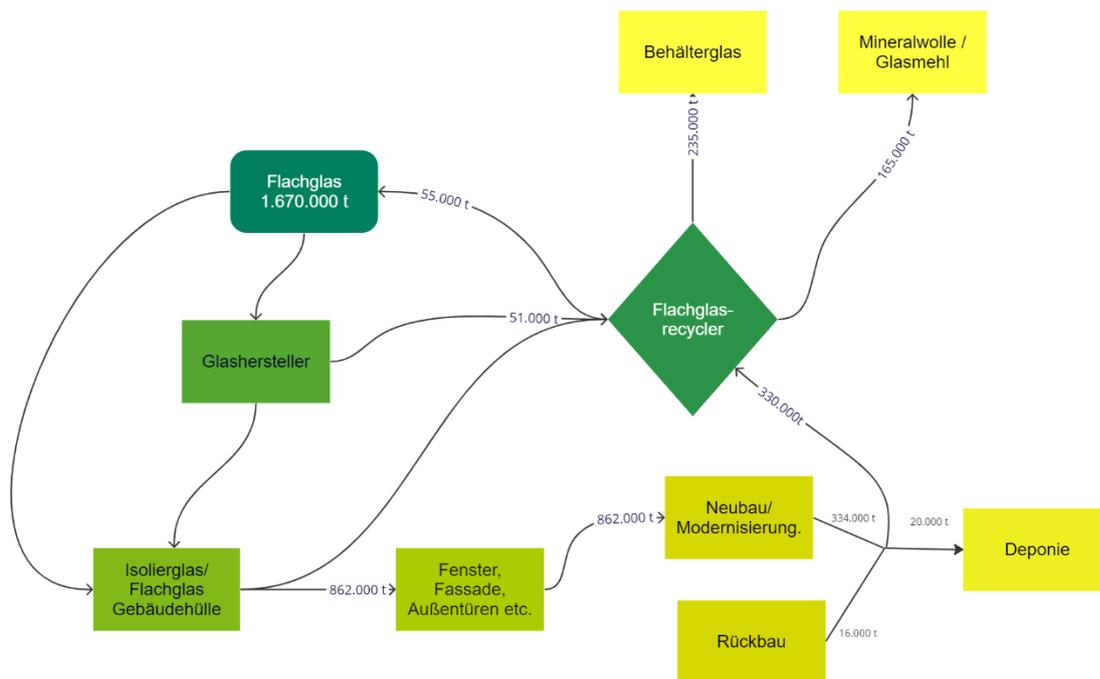


Abbildung 11: Kreislaufwirtschaft Flachglas [33, p. 9]

Stahl

Das *Stahlwerk Thüringen* ist ein international agierendes Stahlwerk, welches für die Nutzung von 100% Schrottanteil zur Produktion ihres Stahls bekannt ist. 30% ihres produzierten Stahls bleibt in Deutschland, die restlichen 70% werden in andere Länder exportiert. Das Unternehmen produziert Stahl, der in den Bereichen Hoch- und Tiefbau, Infrastruktur, Maschinen und Anlagenbau, Nutzfahrzeugbau und Offshore Wind/Solar/Gas und Öl verwendet wird. Der in Deutschland verbaute Stahl wird auf zwei Wege produziert. Zum einen besteht die Hochofen Route, bei denen ungefähr 20% Schrott im Produktionsprozess eingesetzt werden kann, mit der Produktion von Flachstahl, Bleche, Edelstahl, Rohre und Profilstahl. Als anderer Produktionsweg wird der Stahl durch einen Elektroofen gebrannt, womit Betonstahl, Walzdraht, Profilstahl, Qualitätsstahl und Stabstahl produziert, werden [34]. Nach Angaben von Herrn Wendler wird der Stahl, zusammen mit den anderen Metallen, nach Abbruch eines Gebäudes zu einem Schrotthändler gebracht. Dieser bereitet die Metalle sortenrein auf, von denen das Stahlwerk dann ihren Schrott einkauft und in ihrem Werk verarbeitet. In Deutschland gibt es ungefähr 6000 Schrotthändler. Das Hauptaugenmerk liegt seinen Angaben nach auf fünf bis sechs großen Schrotthändlern, die über 80% des deutschen Schrotthandels ausmachen. Das *Stahlwerk Thüringen* bezieht seinen Schrott von Händlern im Umkreis von 300 km. Stahlwerke, die nicht im Inland, sondern in Hafennähe liegen, beziehen ihren Schrott häufig aus anderen Ländern, wie der Türkei. Die Verfügbarkeit des Schrottes zur Verarbeitung ist nach seinen Angaben kein Problem, es besteht immer genügend Angebot zum Einkauf. Ausschlaggebend ist die Frage des Preises, ob die Stahlverarbeitung wirtschaftlich ist. Schrott wird mittlerweile international an der Börse gehandelt, wodurch ebenfalls Spekulation eine Rolle spielt und ein guter Zeitpunkt zum Kauf gefunden werden muss. Das *Stahlwerk Thüringen* hatte in den letzten 30 Jahren keine Probleme in der Beschaffung von Schrott. Es gibt aber Werke, die durch einen zu hohen Schrottpreis stillstehen. Seiner Meinung nach ist im Moment nicht genug Schrott verfügbar, um den Kreislauf im deutschen Hochbau vollständig zu decken, was auch an der oben genannten Hochofenroute liegt, die von integrierten Werken durchgeführt wird und nur um die 20% Schrottanteil zur Stahlproduktion einsetzt. Bei dieser Route wird der Stahl noch aus Eisenerz produziert, was langfristig aus technologischen Gründen nicht schnell umgestellt werden kann.

Die Rohstahlproduktion liegt in Deutschland bei knapp 43 Millionen Tonnen pro Jahr, der durchschnittliche Stahlschrotteinsatz lag bei knapp 19 Millionen Tonnen, daraus **Verfügbarkeit und Beschaffung von Sekundärbaustoffen**

entsteht eine Schrotteinsatzquote von ungefähr 44%. Die restlichen 56% müssen dem Kreislauf jährlich durch die Produktion über Eisenerz neu hinzugeführt werden. Deutschland liegt beim Stahlschrotteinsatz im internationalen Mittelfeld. Italien ist mit einer Schrotteinsatzquote von 90% an der Spitze [35, p. 52]. Nach Ansicht Herrn Wendlers kann die Kreislaufwirtschaft in der Stahlproduktion für den deutschen Hochbau aufgrund der technologischen Barrieren in der Hochofenroute noch auf längere Sicht nicht geschlossen werden. Es besteht die Möglichkeit, die CO₂-Emissionen durch Reduktion der Transportwege des benötigten Schrotts, Umstellung der Stahlwerke von der Hochofenroute auf Elektroofen und dem Einsatz grüner Energien zum Betreiben der Elektroofen des Stahlwerks, weiter zu minimieren [42].

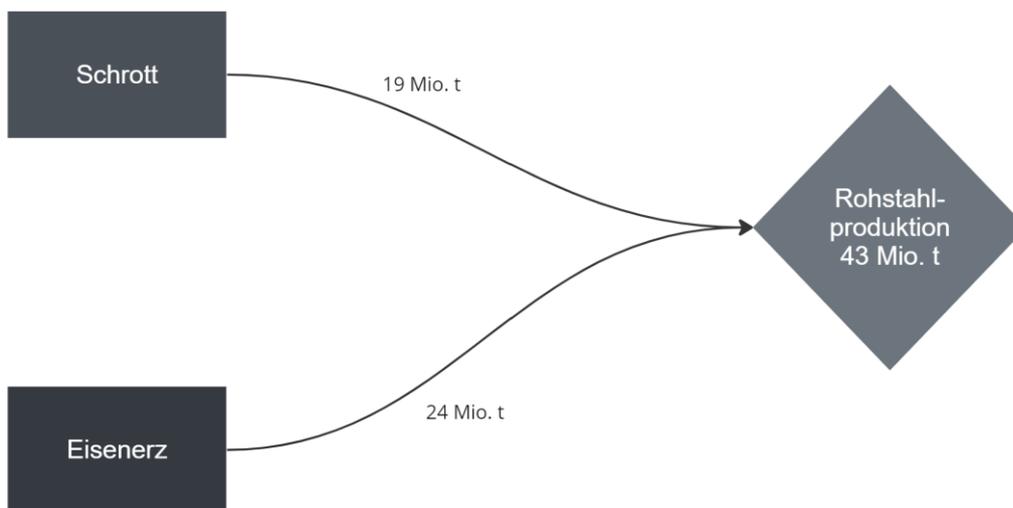


Abbildung 12: Kreislaufwirtschaft Rohstahl [35, p. 52]

Holz

Beim Holzbau haben verschiedene Faktoren einen Einfluss auf die mögliche Wiederverwendung. Zum einen spielt die Beschaffenheit des Holzes in den verschiedenen Schichten eine Rolle, da die einzelnen Holzschichten jeweils eine bestimmte Lebensdauer aufweisen, die nicht überschritten werden darf. Gegebenenfalls müssen Schichten miteinander verbunden werden, um die Stabilität gewährleisten zu können. Die Lokalität des Grundstücks zur Vermeidung von langen Transportwegen, sowie die Struktur des Gebäudes spielen ebenfalls eine große Rolle bei der Wiederverwendung des Holzes. Zudem ist der Einsatz von Konservierungsmitteln am Holz von Bedeutung, sowie die Oberflächenbeschichtung der Raumschicht [19, pp. 24 - 27].

Die Wiederverwendung beim Holzbau erfordert eine sorgfältige Planung der Arbeitsschritte, um die Baumaterialien oder Bauteile sorgfältig zu demontieren. Die Materialien müssen getrennt oder bauteilbezogen rückgebaut werden und nach Beschaffenheit, Qualität und Eignung dokumentiert werden. Anschließend erfolgt der Transport zu einer Lagerstelle, um dort eine Reinigung des Materials durchzuführen, eventuell beschädigte Stellen zu reparieren und das Material auf eine Wiederverwendung vorzubereiten [19, p. 55]. Die Wiederverwendung von Konstruktionsholz kommt im Baubetrieb aufgrund des hohen benötigten Aufwands, möglicher Schadstoffproblematiken und oftmals mangelnder ausreichender Gewährleistung der statischen Eignung nicht zur Anwendung, sondern findet lediglich im privaten Bereich statt [17, p. 63]. Beim Recycling des Holzes wird das Gebäude in der Regel durch große Maschinen wie Baggern abgerissen, da dort der Zustand der Materialien im Gegensatz zur Wiederverwendung eine untergeordnete Rolle spielt. Der Abtransport der Materialien zur Recyclingstelle erfolgt im Regelfall durch Mulden. Im Recyclingzentrum werden die Materialien sortiert, gereinigt und verarbeitet. Das recycelte Material wird dem Herstellungsprozess entweder als Zusatzmaterial hinzugefügt oder als vollwertiges Rezyklat verwendet [19, p. 56].

Das jährliche Gesamtpotenzial des Altholzaufkommens kann für Deutschland auf rund 10 Millionen Tonnen geschätzt werden, darunter wird ein Export von etwa 1,8 Millionen Tonnen und einen Import von 3,2 Millionen Tonnen recyclingfähigen Materials miteinbezogen. Altholz wird in vier Kategorien unterteilt, von denen sich nur das qualitativ hochwertige Material für das Recycling eignet, der Rest wird der energetischen Verwertung zugeführt. Die getrennte Erfassung von Altholz konnte in den letzten Jahren besonders in der Bauindustrie durch den selektiven Rückbau und der Pflicht zur Einhaltung

Verfügbarkeit und Beschaffung von Sekundärbaustoffen

der Gewerbeabfallverordnung weiter gesteigert werden. Zudem wird mehr als 70% des Altholzes durch ein flächendeckendes Netz von primär mittelständisch geprägten Sortier- und Aufbereitungsanlagen für die Verwertung vorbereitet. Ungefähr 1,7 Millionen Tonnen des Altholzes werden in Form von Recycling durch die Holzwerkstoffindustrie stofflich verwertet, mit einer steigenden Tendenz. Ungefähr 5,4 Millionen Tonnen Altholz werden jährlich der energetischen Verwertung zugeführt. Die Spanplattenindustrie ist der Hauptabnehmer des recycelten Altholzes. Dabei wird in Deutschland bei der Spanplattenproduktion mehr als ein Drittel Altholz eingesetzt. Dieser Anteil ist seit 2006 leicht gestiegen [35, pp. 58 - 59]. Ein geringfügiger Anteil von 0,03% des Produktions-Inputs von etwa 2,9 Millionen Tonnen wird zur Herstellung von Faserplatten eingesetzt [17, p. 63].

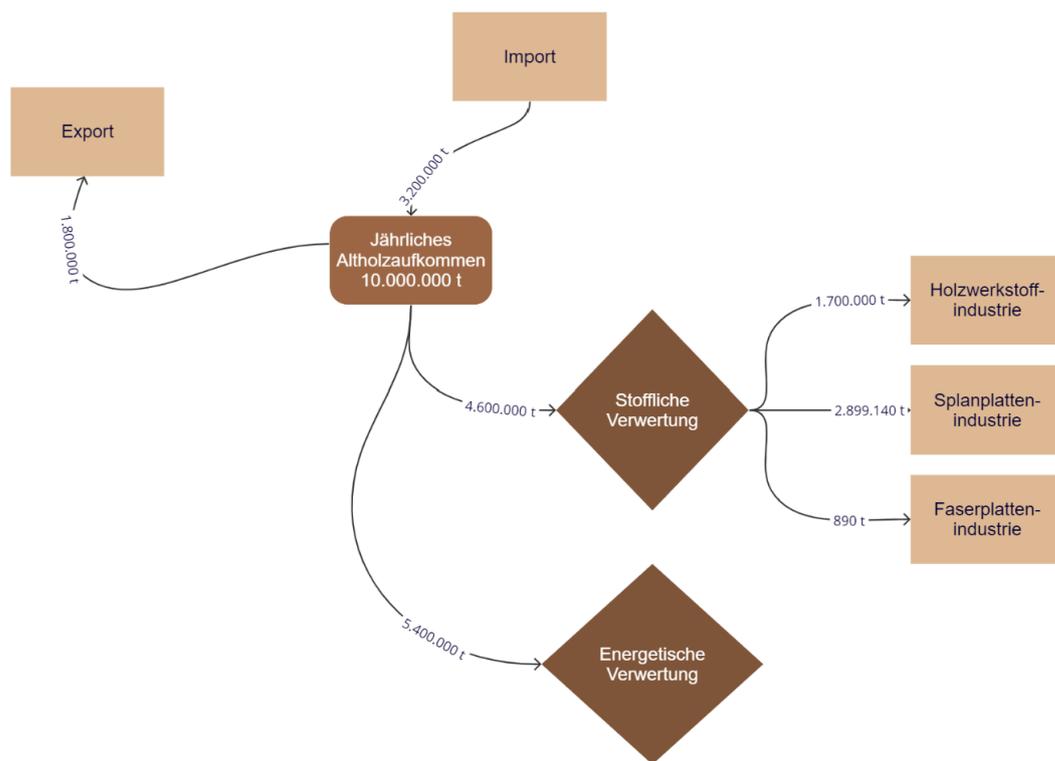


Abbildung 13: Kreislaufwirtschaft Holz [17, p. 63]

3.2. Bauteilbörsen in Deutschland

Bauteilbörsen sind Plattformen, die den Handel mit gebrauchten Bauteilen erleichtern und Strategien zur Wieder- und Weiterverwendung fördern. Sie zielen darauf ab, gebrauchte Bauteile in ihrer ursprünglichen Form wieder zu verwenden. In Deutschland werden Bauteilbörsen sowohl vom *Bundesverband bauteilnetz Deutschland e. V.* betrieben als auch von privaten Online-Plattformen wie *Restado*, *Baustoffshop.de*, *Concular* und anderen [3, p. 59]. Das Konzept der Bauteilbörsen basiert darauf, dass Bauteile wie Innentüren, Treppen, Heizkörper, Fenster, Fußböden, Balkonbrüstungen, Dachziegel, Gasthermen, Beschläge, Sanitärkeramik, Pflastersteine, Sockelsteine und sogar ganze Industriehallen vor dem Abriss demontiert und/oder vermittelt werden. Diese Bauteile werden bereits lange vor dem Abriss erfasst und in einem öffentlich zugänglichen Bauteilkatalog katalogisiert, um potenzielle zukünftige Käufer anzusprechen. Vor dem Abriss werden die markierten und gelisteten Bauteile ausgebaut und für den Transport vorbereitet. Der Transport kann entweder direkt durch das Abrissunternehmen oder durch einen externen Transportdienstleister erfolgen. Nach dem Ausbau werden die Bauteile entweder direkt an einen neuen Abnehmer geliefert oder zu einer zentralen Lagerstelle für Bauteile gebracht. Die Bauteilbörsen bieten somit eine Möglichkeit, gebrauchte Bauteile effizient zu vermitteln und deren Wiederverwendung zu fördern. Dadurch können Ressourcen eingespart und der Abfall reduziert werden [21, p. 35].

3.2.1. Bauteilbörsen des Bundesverbandes bauteilnetz Deutschland e. V.

Der Praxisbericht von Dechantsreiter illustriert die Entwicklung eines bundesweiten Netzwerks für den Verkauf von wiederverwendbaren Bauteilen in Deutschland im Zeitraum von 2006 bis 2009. Dieses Netzwerk operiert unter dem Dachverband "*bauteilnetz Deutschland e. V.*". Im Jahr 2009 gab es insgesamt 13 Bauteilbörsen an verschiedenen Standorten im ganzen Land. Leider sind heute nur noch 5 Standorte aktiv, hauptsächlich aufgrund einer Kürzung der finanziellen Unterstützung durch die deutsche Bundesstiftung Umwelt um 65%. Die verbleibenden Bauteilbörsen befinden sich in Berlin-Brandenburg, Bremen, Gronau, Hannover und Herzogenrath. Gemäß den Verkaufszahlen von 2016 verkaufen Bauteilbörsen durchschnittlich etwa 2000 bis 2500 Bauteilposten pro Jahr, wobei ein Posten mehrere Teile enthalten kann. Dies führt dazu, dass pro Standort und Jahr etwa 140 Tonnen Bauabfall vermieden werden können. Die am

Verfügbarkeit und Beschaffung von Sekundärbaustoffen

meisten nachgefragten Bauteile sind Innentüren, insbesondere mit einem Anteil von etwa 75%, gefolgt von Fenstern, Sanitärprodukten und Heizkörpern [21, pp. 23 - 25]. Die Websites der verschiedenen Bauteilbörsen haben einen ähnlichen Aufbau und bieten eine Suchleiste, in der verschiedene Kategorien angegeben werden können. Es können auch allgemeine Informationen wie Preis, Menge, Zustand, Baujahr und Maße angegeben werden. Die Suchergebnisse zeigen sowohl die allgemeinen Daten als auch ein Bild des Objekts [21, pp. 80 - 81]. Die Bauteilbörsen sind in Kategorien wie Türen/Tore, Fenster, Treppen, Böden, Wände/Dach, Elektro, Heizung/Lüftung, Sanitär, Küche, Innenraum, Außenbereich, Gebäude und Verschiedenes unterteilt. Die angebotenen Artikel können nur am jeweiligen Standort abgeholt werden. Ein Versand der Bauprodukte an Kunden ist nicht vorgesehen. Jede Website verfügt jedoch über ein Kontaktformular, über das Kunden Absprachen mit den Betreibern treffen können. Es ist auch möglich, eine Reservierung für ein gewünschtes Produkt per E-Mail an den Betreiber der Bauteilbörse vorzunehmen.

Bauteilbörse	Türe/Tore	Fenster	Treppen	Böden	Wände/Dach	Elektro	Ver-schiede-nes
Berlin-Bran- denburg	972	223	62	40	87	1	0
Bremen	798	264	151	37	55	33	43
Hannover	4	3	1	0	31	11	0
Gronau	0	0	0	0	1	0	0
Herzogenrath	46	64	0	6	0	10	0
Bauteilbörse	Heizung/Lüf- tung	Sanitär	Küche	Innen- raum	Außen	Ge- bäude	Gesamt
Berlin-Bran- denburg	1	15	0	10	0	0	1411
Bremen	64	113	5	75	53	2	1693
Hannover	3	2	0	4	0	0	59
Gronau	0	2	0	0	0	0	3
Herzogenrath	0	39	0	11	0	0	176

Tabelle 2: Angebotsvergleich Bauteilbörsen bauteilnetz e. V. (Stand: 22.03.2023)

Bauteilbörse Berlin-Brandenburg

Die *Bauteilbörse Berlin-Brandenburg* arbeitet eng mit verschiedenen Denkmalämtern, Städten und Gemeinden sowie Architekten, Wohnungsbaugenossenschaften, Handwerksbetrieben und externen Unternehmen zusammen, die für Abbruch- und Rückbauarbeiten verantwortlich sind. In dieser Region besteht eine stetig wachsende Nachfrage nach gebrauchten Bauteilen [21, p. 192]. Derzeit sind auf der Website 1411 Einträge für gebrauchte Bauteile gelistet. Die größte Kategorie auf der Börse ist "Türen/Tore". Hier gibt es eine Vielzahl von Türen, deren Preise meist zwischen 50 und 200 Euro liegen und die entweder einzeln oder in größeren Mengen erhältlich sind. Es gibt jedoch auch einige außergewöhnliche antike Türen, die über 1000 Euro kosten, sowie Zubehör wie Türklinken und Türknäufe. In der zweitgrößten Kategorie "Fenster" werden sowohl Fenster im Preisbereich von 50 bis 250 Euro als auch antike Fenstergriffe mit einem durchschnittlichen Preis von 30 Euro aufgeführt. Die Kategorie "Böden" umfasst ausschließlich Fliesen, und in der Kategorie "Wände/Dach" können sowohl Wandfliesen als auch Dachziegel gefunden werden [22].

Bauteilbörse Bremen

Die *Bauteilbörse Bremen* ist mit 1693 Einträgen [23] die größte der fünf Börsen, basierend auf der aktuellen Anzahl der Angebote. Der Fokus liegt hierbei auf funktionsfähigen Bauteilen wie Türen, Treppen, Fenstern usw., die bei Abbrucharbeiten anfallen. Das Projekt wird derzeit von 6 Mitarbeitern betreut, darunter Architekten, Zimmerer und ungelernete Mitarbeiter [21, pp. 192 - 193]. Die Preisgestaltung und das Angebot in den Kategorien "Türen/Tore" und "Fenster" ähneln denen der Bauteilbörse Berlin-Brandenburg sehr. Das Angebot an Türgriffen und Fenstergriffen ist bei der Börse Bremen vergleichsweise gering. In der Kategorie "Treppen" werden sowohl komplette Treppen als auch einzelne Handläufe und Antrittspfofen angeboten. Die Kategorie "Sanitär" umfasst eine breite Auswahl an Waschbecken, Duschwannen, Bidets und Einzelteilen für das Badezimmer. Im Bereich "Elektro" werden ausschließlich Lampen und Leuchten angeboten. Die Kategorie "Innenraum" umfasst sowohl Weltkarten und Bilder als auch Möbel und Einzelteile für die Inneneinrichtung. Für den "Außenbereich" werden Zäune, Veranden, Fliesen und Gitter angeboten. Zudem findet man auf der Website eine Vielzahl verschiedener Heizkörper [23].

Bauteilbörse Hannover

Die *Bauteilbörse Hannover* ist keine eigenständige wirtschaftliche Einrichtung, sondern entstand aus einer Jugendhilfeeinrichtung in Hannover [6, p. 193]. Auf ihrer Website sind derzeit 59 Angebote gelistet. Das Hauptangebot besteht hauptsächlich aus Dübeln und Schrauben, es gibt jedoch auch eine kleine Auswahl an Türen, Toren, Steckdosen und anderen Einzelteilen [24].

Bauteilbörse Gronau

Das Angebot der *Bauteilbörse Gronau* ist derzeit mit nur drei Einträgen am kleinsten. Zu den drei Einträgen gehören Bauholz, ein Abflussrohr und ein Laborbecken [25]. Der Bauteilmarkt in Fürchtenfeld bildet die Grundlage für die Bauteilbörse, wobei sowohl die Aufbereitung und Zwischenlagerung von Baustoffen und Bauteilen als auch die Gewinnung von Bauteilen aus Baudienstleistungen zur Steigerung der Erlöse der Bauteilbörse beitragen [21, p. 195].

Bauteilbörse Herzogenrath

Auf der *Bauteilbörse Herzogenrath* sind derzeit 176 Einträge verfügbar. Das Angebot dieser Börse ähnelt sehr den anderen, es werden zusätzlich Holz in verschiedenen Mengen, Kabel, Steckdosen und Beleuchtung angeboten [26]. Das Projekt wird vom Förderverein Arbeit und Umwelt betrieben, der sich seit 1993 auf den Verkauf von Werkstoffen wie Papier, Pappe, Altkleidern, Schuhen und Gebrauchsmöbeln spezialisiert hat. Im Jahr 2000 wurde die Bauteilbörse als Ergänzung gegründet [21, p. 196].

3.2.2. Concular und Restado

Concular

Concular ist das Unternehmen, das im Hintergrund der Bauteilbörse *Restado* arbeitet und bietet eine Software zur Bestandserfassung von Gebäuden an, die auf den langjährigen Erfahrungen der Gründer mit der Bauteilbörse *Restado* basiert. Die *Concular GmbH* besteht aus einem 25-köpfigen Team. Ihre Software ermöglicht die Kategorisierung der in Gebäuden verbauten Materialien vor dem Abbruch, die anschließend in einer Materialdatenbank erfasst und potenziellen Kunden zur Verfügung gestellt werden. Die Software von *Concular* ermöglicht die Digitalisierung von Gebäuden, die Identifizierung der verbauten Materialien und die Erfassung dieser Informationen in einzelnen Materialpässen in einer Datenbank. Dadurch können Architekten, Planer und Kunden über die Datenbank auf alle Informationen des Gebäudes zugreifen und bereits vor dem Abbruch mit den verbauten Materialien planen. Kunden für noch eingebaute Materialien können identifiziert werden. In Zusammenarbeit mit lokalen Unternehmen übernimmt *Concular* den Ausbau der Materialien vor dem Abbruch, stellt deren Qualität fest und organisiert die Lieferung der Baustoffe. *Concular* bietet auch in einem separaten Onlineshop Baustoffe an, die von ihren eigenen Mitarbeitern bei Hausbegehungen als erhaltenswert identifiziert wurden. Bei diesen Baustoffen überprüft und zertifiziert *Concular* die Qualität [27]. Das Angebot der Bauteilbörse von *Concular* wird in Tabelle 2 auf S. 30 dargestellt und mit dem Angebot der Börse *Restado* verglichen.

Restado

Die Online-Plattform *Restado* ist Teil der *Concular GmbH* und ist deutschlandweit der größte Händler von Sekundärbaustoffen und -komponenten mit über einer Million angebotenen Baustoffen. Das Konzept der Bauteilbörse *Restado* ist ähnlich wie bei den zuvor genannten Börsen. Die Suche, Einordnung und Katalogisierung der verschiedenen Bauteile und Baustoffe erfolgt sowohl über das Unternehmen *Concular* als auch über Einzelpersonen und gewerbliche Händler. Die Baustoffe, die von *Concular* kategorisiert und ausgebaut werden, werden sowohl in ihrem eigenen *Concular*-Bauteilshop als auch auf *Restado* angeboten. Auf der Startseite des *Restado*-Marktplatzes besteht die Möglichkeit, nach spezifischen Baustoffen unter Angabe des Ortes oder der Postleitzahl zu suchen. Die Baustoffe sind in Kategorien wie Türen & Zargen, Fenster, Fliesen & Steine, Dach, Haustechnik & Sanitär, Rohbau, Fassade, Innenausbau, Garten & Freianlagen sowie Werkzeuge & Maschinen unterteilt. Es besteht auch die Möglichkeit, Recycling-

Beton je nach Baustellenlage über die Website zu bestellen. Das Netzwerk für die Verfügbarkeit der Baustoffe erstreckt sich flächendeckend über alle Städte Deutschlands und umfasst zwischen 70 und 400 Baustoffe pro Stadt. Die Bauteile und Baustoffe werden teilweise einzeln oder in größeren Mengen angeboten. Interessierte müssen eine Anfrage an den Verkäufer über das Portal stellen, indem sie ihre E-Mail-Adresse angeben und gegebenenfalls weitere Informationen geben oder Fragen beantworten. Für jedes Produkt werden neben einem oder mehreren Produktbildern auch der Preis, eine Beschreibung, die Mindestbestellmenge, die Verfügbarkeit, die Antwortzeit des Verkäufers und der Standort des Verkäufers angezeigt, sodass eine Selbstabholung nach Absprache möglich ist. Die Seite bietet auch die Möglichkeit, Baustoffe selbst einzustellen, indem man die Bezeichnung, Kategorie, den Zustand, Produktbilder und Angaben zur eigenen Person angibt. Der Ablauf ähnelt dem Verkauf eines Produkts auf eBay [28]. Die folgende Tabelle vergleicht und listet die Anzahl der angebotenen Sekundärbaustoffe auf den Plattformen *Restado* und *Concular* auf. Es ist wichtig zu beachten, dass es sich in den meisten Kategorien um Einzelangebote handelt, die nicht in großen Mengen bestellt werden können. Auf den Plattformen ist es teilweise möglich, größere Mengen verschiedener Baustoffe wie Holz, Spanplatten, Mauersteine und Ziegel zu erhalten, jedoch sind die meisten Angebote nur in kleinen Stückzahlen verfügbar. Es ist auch zu erkennen, dass das Angebot von *Concular* nur einen kleinen Teil der Baustoffe im Vergleich zu den Materialien ausmacht, die auf *Restado* angeboten werden.

Plattform	Türe/Tore	Fenster	Dach	Haustech- nik und Sanitär	Fliesen & Steine	Fassade
Restado	772	766	407	933	684	395
Concular	90	21	1	38	2	32
	Rohbau	Innenaus- bau	Garten & Freianla- gen	Werkzeuge & Maschi- nen	Einrichtung	
Restado	544	1056	371	167	0	
Concular	21	52	0	13	45	

Tabelle 3: Anzahl der angebotenen Sekundärbaustoffe der Plattformen Restado [28] und Concular [27]

3.2.3. Unternehmerverband Historische Baustoffe e. V.

Der *Unternehmerverband Historische Baustoffe e. V.* ist ein Zusammenschluss von Anbietern historischer Baustoffe und Baumaterialien zur Wiederverwendung. Die Webseite dieses Verbandes bietet sowohl maßgefertigte Einzelteile wie Fenster, Türen, Treppen und Torbögen, als auch Massenbaustoffe wie Ziegelprodukte, Hölzer oder Natursteine an. Aktuell besteht der Verband aus 30 Händlern für historische Bauprodukte, die deutschlandweit vertreten sind. Einige dieser Händler haben ihren Sitz in Baden-Württemberg (acht), Niedersachsen (fünf) und Bayern (vier). Die Mitglieder umfassen sowohl Unternehmer, die sich auf ein bestimmtes Produkt spezialisiert haben, als auch solche, die ein breites Spektrum historischer Bauprodukte anbieten. Falls Interesse an einem bestimmten Baustoff besteht, können Suchanfragen gestellt werden, die eine Beschreibung des gesuchten Gegenstands und persönliche Kontaktdaten beinhalten. Diese Anfrage wird dann automatisch an alle teilnehmenden Unternehmer weitergeleitet. Es ist ebenfalls möglich, als Privatperson eigene Bauprodukte auf der Plattform anzubieten. Die Responsivität der Plattform scheint verbessert werden zu können: Für diese Arbeit wurde eine Anfrage auf der Plattform nach verschiedenen Baustoffen gestellt, worauf keine Antwort gegeben wurde. Daher kann auf das Angebot der Plattform nicht genauer eingegangen werden [29].

3.2.4. Cyrkl.com

Cyrkl ist eine digitale Plattform, die ähnlich wie *Restado* den Handel mit gebrauchten Baustoffen ermöglicht. Sie gilt als der größte Abfallmarktplatz in der EU, mit aktuell knapp 3.900 online geschalteten Anzeigen und 2,7 Millionen Tonnen verfügbarem Baumaterial. Das Unternehmen bietet einen Marktplatz an, auf dem relevante Baustoffe für den Hochbau in den Kategorien Kunststoffe, Baumaterial, Holz, Metalle und Glas zur Verfügung stehen. *Cyrkl* ist in zehn europäischen Ländern tätig, wobei das Hauptgeschäft bisher in Tschechien, Polen und der Slowakei stattfand. Das Geschäft in Deutschland befindet sich derzeit im Aufbau. Dennoch konnte die Plattform bereits etwa 760 aktive Kunden im DACH-Raum (Deutschland, Österreich, Schweiz) gewinnen und zählt in ganz Europa über 10.000 Kunden. Darüber hinaus bietet *Cyrkl* auch Beratungsleistungen für Unternehmen an, die ihre Nachhaltigkeitsziele verbessern und ihre Kreislaufwirtschaft optimieren möchten [30]. In der nachfolgenden Abbildung wird das Angebot der Plattform *Cyrkl* für die Länder Deutschland, Österreich und der Schweiz verglichen. Niederlande wird nicht aufgeführt, da das Unternehmen dort noch nicht aktiv ist.

Cyrkl	Kunststoffe	Elektro	Baumaterial	Holz	Metalle	Glas	Andere
Anzahl Treffer in DE	162	1	3	5	8	1	10
Anzahl Treffer in AT	58	0	0	1	1	0	49
Anzahl Treffer in CH	0	0	0	0	1	0	2

Tabelle 4: Vergleich des Angebots von Cyrkl in DE, AT, CH [30]

Aus der oben genannten Beschreibung geht hervor, dass das Angebot von *Cyrkl* in Deutschland im Vergleich zu Österreich und der Schweiz am größten ist. Dies könnte jedoch auch mit der höheren Bevölkerungszahl zusammenhängen. Im Gegensatz zu *Restado*, wo auch Einzelpersonen ihre Baustoffe anbieten können, werden auf *Cyrkl* hauptsächlich Abfallarten von Unternehmen angeboten. Die angebotenen Mengen reichen von einigen wenigen bis zu mehreren hundert Tonnen.

Im Bereich Kunststoffe werden vor allem Mahlgut aus verschiedenen Plastiksorten, Folien, Paletten und Plastikgranulat in großen Mengen angeboten. Im Bereich Elektroschrott können sowohl kleine als auch große Geräte, Lichtquellen oder Bildschirme

angeboten werden. Die Kategorie Baumaterial umfasst verschiedene Arten von Baumaterialien, darunter auch Baustoff-Rezyklate, die typischerweise im Hochbau verwendet werden.

Im Bereich Holz werden sowohl Paletten (zwischen 500 und 1000 Stück) als auch Restholz in Mengen von rund 100 Tonnen angeboten. Das Angebot in der Kategorie Metalle besteht aus Aluminiumgranulat, Titanpulver, Stahlrohren und Stahlstaub, wobei die Mengen ebenfalls zwischen 100 und 500 Tonnen liegen.

Das deutsche Angebot in der Kategorie "Andere" umfasst recyceltes Gummi, Schleifschlamm, Styropor, gemischte Baustellenabfälle, Schüttgut und Kabelummantelungen [30]. Es ist auffällig, dass auf *Cyrkl* im Vergleich zu den zuvor genannten Plattformen weniger Einzelpersonen ihre Sekundärbaustoffe anbieten. Dies liegt daran, dass sich die Plattform hauptsächlich an Unternehmen richtet, die große Mengen an Abfällen oder Sekundärbaustoffen für die weitere Verarbeitung benötigen.

4. Zusammenfassung der Ergebnisse, Fazit und Ausblick

4.1. Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Kategorie Boden und Steine stellt mit 58,6 % den größten Anteil an Bauabfällen dar. Über 75 % dieser Abfälle werden verwertet, hauptsächlich zur Verfüllung von Abgrabungen und zur Rekultivierung ehemaliger Tagebaue. Etwa 10 % der Boden- und Steine werden direkt beim Aushub als RC-Baustoffe im Erd-, Tief-, Straßen- und Wegebau eingesetzt [14, pp. 6 - 7]. Laut Herr Dr. Schäfer könnte dieser Anteil durch eine Aufbereitung des Bodens um etwa 8 bis 10 Millionen Tonnen erhöht werden, allerdings wäre dies mit erheblichem Aufwand verbunden [40].

Die Kategorie Bauschutt umfasst die Baustoffe Beton, Ziegel, Fliesen und Keramik und macht 27,2 % der jährlichen Baustellenabfälle aus, von denen 78,8 % recycelt werden. Beton stellt den größten Anteil dieser Kategorie dar und weist das größte Recyclingpotenzial auf. Etwa 50 % der recycelten Baustoffe werden im Straßenbau, 23 % im Erdbau, 7 % im Deponiebau und 20 % in der Asphalt- und Betonherstellung eingesetzt [14, pp. 10-11]. Die Substitution von natürlichen Gesteinskörnungen durch recycelte Körnungen spielt bei der Betonherstellung aufgrund der großen Bedeutung von Beton eine erhebliche Rolle. Der Einsatz von RC-Beton ist in Deutschland bereits durch Normen und Richtlinien geregelt [2, pp. 461-462].

Der Marktanteil von RC-Beton liegt derzeit bei 7-8% [40]. Herr Miedl prognostiziert, dass dieser Marktanteil in Deutschland zukünftig auf 15-25 % steigen wird [39]. Die Verfügbarkeit von Gesteinskörnungen für RC-Beton ist nach Herrn Dr. Liebigs stark lokal begrenzt und auf Ballungszentren mit großem Abbruchaufkommen beschränkt. Das Geschäft des Gebäudeabbruchs und Recyclings ist deutschlandweit flächendeckend vertreten, allerdings variieren die Netzwerke von Recyclingunternehmen je nach Region stark [41]. In Berlin gibt es bereits ein flächendeckendes Netzwerk von stationär ansässigen Recyclingunternehmen, sodass es keine Probleme bei der Beschaffung der benötigten Gesteinskörnung gibt. In Bayern hingegen gibt es keine stationär ansässigen Recyclingunternehmen, sondern es wird mit mobilen Aufbereitungsanlagen auf den Baustellen gearbeitet [39]. Ein Beispielprojekt in Regensburg mit einem Bedarf von 600

Zusammenfassung der Ergebnisse, Fazit und Ausblick

m³ RC-Beton der Festigkeitsklasse C30/37 in der Bukarester Straße 1 erfordert laut Herrn Miedl derzeit, Mitte Juni 2023, eine Lieferzeit von 6-7 Wochen und es ist mit einem Aufpreis von 12-14 Euro im Vergleich zum herkömmlichen Beton zu rechnen. Herr Miedl rechnet auch in Zukunft mit einer Verschärfung der Engpässe bei der Beschaffung von recycelten Gesteinskörnungen in Bayern aufgrund einer Änderung der rechtlichen Regelungen ab dem 1. August 2023. Dadurch wird es den Recyclingunternehmen vorübergehend erschwert, einen Produktstatus für die recycelten Gesteinskörnungen zu erhalten, wodurch diese nicht mehr für den Einsatz von RC-Beton verwendet werden dürfen [39]. Diese gesetzliche Änderung betrifft hauptsächlich Bayern, da es je nach Bundesland unterschiedliche Umsetzungen der Gesetze gab. Ein weiteres Hindernis bei der Verfügbarkeit von Gesteinskörnungen ist der hohe Bedarf an Körnungen im Straßenbau [40].

Das Recycling von Mauersteinen spielt laut Herrn Dr. Schäfer keine Rolle in der deutschen Bauwirtschaft [40]. Es gibt jedoch Unternehmen wie die Firma *Leipfinger Bader*, die Sekundärrohstoffe in die Ziegelproduktion integrieren. Sie produzieren Ziegel mit Holzwole als Füllstoff, wobei es sich um Altholz aus der Holzwerkstoff- und Spanplattenindustrie handelt. Bei der Verfügbarkeit und Beschaffung von Altholz als Füllstoff gibt es keine Probleme [43]. Sie können einen sehr kleinen Anteil an Recyclingziegeln herstellen, jedoch nur aus internen Produktionsabfällen und nicht aus Baustellenabfällen. Die auf Baustellen anfallenden Ziegelabfälle werden zu Ziegelsplitt für die Dachbegrünung verarbeitet [43]. Die Wiederverwendung ganzer Ziegel ist ein ideales Anwendungsbeispiel für Bauteilbörsen. Auf der Bauteilbörse *Restado*, der größten Bauteilbörse in Deutschland, werden derzeit etwa 1,7 Millionen Ziegel von 26 verschiedenen Anbietern angeboten (Stand: Mai 2023) [28]. Die zweitgrößte Bauteilbörse, *Berlin-Brandenburg* im Netzwerk *bauteilnetz e. V.*, bietet im Vergleich dazu nur etwa 50.000 Ziegel von 21 verschiedenen Anbietern an (Stand: Mai 2023) [22].

Der Großteil der Baustoffe auf Gipsbasis wird entweder im Deponie- und Bergbau verwendet oder auf Deponien entsorgt [14, p. 8]. Gips wird als Bindemittel oder Ausgangsmaterial für Gipskartonplatten benötigt. In Deutschland kann der Bedarf an Baugips selbst gedeckt werden, jedoch stammen etwa 40% aus dem Abbau von Naturgips, während der Rest als REA-Gips als Nebenprodukt der Rauchgasentschwefelung in Kohlekraftwerken entsteht [3, p. 81]. Aufgrund der schrittweisen Abschaltung der Kohlekraftwerke werden auch die zukünftigen Produktionsmengen von REA-Gips schrittweise abnehmen und bis zum Jahr 2030 auf geplante 0,3 Millionen Tonnen sinken. Wenn die

Nachfrage unverändert bleibt, müsste dieser Rückgang durch den verstärkten Einsatz von Naturgips ausgeglichen werden, da das Importieren von Gips bei gleichbleibender ausländischer Nachfrage ebenfalls schwierig sein könnte. Dadurch können in Zukunft erhebliche Schwierigkeiten bei der Beschaffung von Gips auftreten [32, p. 47].

Die Bauindustrie erzeugte 9% der gesamten Menge an Glasabfällen. In der Flachglasproduktion können aufgrund der hohen Qualitätsanforderungen nur bis zu 20% Glascherben eingesetzt werden, die hauptsächlich aus internen Produktionsabfällen und Abfällen weiterverarbeitender Betriebe stammen [2, pp. 293 - 294]. Der Forschungsbericht zum Flachglasrecycling konnte keine einfach zu ändernden Parameter identifizieren, um den Anteil des Flachglases im geschlossenen Kreislauf zu erhöhen. Dies ist einerseits auf den großen Bedarf an Scherben für die Behälterglasindustrie zurückzuführen, andererseits auf die hohen Qualitätsanforderungen bei der Herstellung von Flachglas [33, pp. 5 - 7].

Einigen europäischen Baustahlherstellern ist es bereits gelungen, Stahl mit einem Schrottanteil von bis zu 70% einzusetzen, da dieser nahezu beliebig oft ohne Qualitätsverlust recycelt werden kann [3, p. 68]. Der Schrott wird in Deutschland von einem der 6000 in Deutschland ansässigen Schrotthändler zu einem an der Börse gehandelten Preis eingekauft. Die Verfügbarkeit von Schrott kein Problem dar, jedoch kann der gehandelte Preis wirtschaftlich unrentabel sein, was zu Engpässen führen kann. Derzeit wird in Deutschland etwa 44% Schrott für die gesamte Rohstahlproduktion verwendet, die restlichen 56% müssen jährlich durch die Produktion von Eisenerz in den Kreislauf eingebracht werden [42].

Holz wird in vielen bautechnischen Bereichen verwendet und kann entweder stofflich oder energetisch verwertet werden. In Deutschland wird jedoch derzeit nur etwa ein Fünftel des Altholzes hauptsächlich zur Herstellung von Spanplatten verwendet, obwohl Studien zeigen, dass etwa 75% des Altholzes einer Kaskadennutzung zugeführt werden könnten. Der Großteil des Altholzes wird energetisch verwertet [3, p. 65]. Die Wiederverwendung von Konstruktionsholz ist aufgrund des hohen Aufwands, möglicher Schadstoffprobleme und oft fehlender ausreichender Gewährleistung der statischen Eignung nicht weit verbreitet und beschränkt sich hauptsächlich auf den privaten Bereich. In Deutschland beträgt das Gesamtaufkommen an Altholz 10 Millionen Tonnen pro Jahr, einschließlich eines Imports von 3,2 Millionen Tonnen und eines Exports von 1,8 Millionen Tonnen. Etwa 1,7 Millionen Tonnen Altholz werden durch die

Zusammenfassung der Ergebnisse, Fazit und Ausblick

Holzwerkstoffindustrie recycelt. 5,4 Millionen Tonnen werden energetisch verwertet, wobei etwa 2,9 Millionen Tonnen in der Spanplattenproduktion und ein geringer Anteil von etwa 900 Tonnen in der Faserplattenindustrie eingesetzt werden [17, p. 63].

Unter den deutschen Bauteilbörsen ist die Plattform *Restado* die größte. Sie bietet ein breites Sortiment an Türen, Toren, Fenstern, Dächern, Haustechnik, Fliesen und Steinen, Fassaden, Rohbau, Innenausbau, Garten, Werkzeugen und Einrichtungsgegenständen an. In jeder Kategorie gibt es zwischen 167 und 1056 verschiedene Angebote von Privatpersonen und gewerblichen Händlern. Das Sortiment ähnelt sich zwischen den Bauteilbörsen stark. *Restado* ist eine Tochterfirma von *Concular*, einem Unternehmen, das sich auf die Software und den Ausbau von Bauteilen spezialisiert [3]. Zusätzlich sind die Bauteilbörsen des Bundesverbands *bauteilnetz e. V.* in Deutschland von Bedeutung. Es gibt fünf verschiedene Bauteilbörsen, die in verschiedenen Regionen tätig sind. Die größte befindet sich in Berlin-Brandenburg, gefolgt von Bremen, Hannover, Gronau und Herzogenrath. Das Angebot ist dem von *Restado* sehr ähnlich [11, pp. 23-25]. Bauteilbörsen werden hauptsächlich von Privatpersonen genutzt, die nach lokalen antiken Bauteilen suchen. Die meisten Angebote finden sich in den Kategorien Türen, Tore, Fenster und Ziegel.

4.2. Fazit und Ausblick

Die vorangegangene Untersuchung hat ergeben, dass Sekundärbaustoffe bereits in vielen Bereichen des Hochbaus fest etabliert sind. Stahl dient mit seinem intrinsischen Wert und seiner hohen Recyclingfähigkeit als Paradebeispiel für die Umsetzung einer Kreislaufwirtschaft in der Bauindustrie. Auch die Kreislaufwirtschaft von Glas ist nahezu vollständig, sodass keine Optimierungsfaktoren identifiziert werden konnten. Das größte Potenzial zur Optimierung liegt im Bereich des Betons und insbesondere des RC-Betons. Hier können erhebliche Einsparungen von CO₂ und Ressourcen erzielt werden, indem Gesteinskörnungen durch RC-Körnungen substituiert werden.

Der Aufbau eines stationären Netzwerks von Recyclingunternehmen in allen Ballungszentren ist essenziell, um die Verfügbarkeit und Beschaffung von recycelten Gesteinskörnungen zu vereinfachen und zu beschleunigen. Dabei muss ein großes Augenmerk auf die Reduktion der Transportwege gelegt werden, um die damit verbundenen Emissionen zu reduzieren. Die aus der Arbeit gewonnenen Erkenntnisse über die Verfügbarkeit und Beschaffung der Gesteinskörnungen für RC-Beton sind hauptsächlich aussagekräftig für die Städte Berlin und Regensburg bzw. die Region Bayern, da die Aussagen von Experten der in diesen Städten agierenden Betonunternehmen stammen. Für die Situation in den anderen Großstädten Deutschlands kann keine verlässliche Aussage über die Verfügbarkeit der Gesteinskörnungen getroffen werden. Zudem müssen die Angebote der Bauteilbörsen kritisch betrachtet werden, da keine Aussage über den Wechsel der Angebote bzw. den Verkauf der Bauteile aufgrund der fehlenden Daten getroffen werden kann. Es wurde lediglich das bestehende Angebot zu dem Zeitpunkt Ende Mai aufgeführt, um ein grobes Bild über den Stand der Bauteilbörsen zu vermitteln. Da der Hauptfokus auf den Bereichen Recycling-Beton, Ziegel und Bauteilbörsen lag, dienen die Angaben über die restlichen erwähnten Baustoffe lediglich der Ergänzung, und es wurde versucht, ein Überblick über Tendenzen in unterschiedlichen Regionen der Kreislaufwirtschaft im deutschen Hochbau darzustellen.

Um den Einsatz von Sekundärrohstoffen zu fördern, sind weitere politische und rechtliche Schritte erforderlich - in enger Zusammenarbeit mit den beteiligten Akteuren. Gleichzeitig muss das Bewusstsein für die bevorstehende Ressourcenknappheit unter den Verantwortlichen weiter gestärkt werden. Die zukünftige Entwicklung hin zu sortenreinerem Abbruch bietet eine Chance zur Verbesserung der Recyclingfähigkeit aller

Baustoffe eine effektivere Kreislaufwirtschaft zu etablieren. Dabei werden die strengeren Trennvorschriften der novellierten GewAbfV und die tendenziell steigenden Entsorgungskosten weiter dazu führen, dass sich der selektive Rückbau stärker durchsetzt. Das bedeutet das heutige Bauprojekte bereits großen Wert auf die gute Trennbarkeit der einzelnen Bauteile legen müssen, eine umfangreiche Dokumentation über die verbauten Materialien führen sollten und den selektiven Rückbau beim Erbauen eines Projektes bereits im Blick behalten sollen. Bauteilbörsen werden eine untergeordnete Rolle in der Gesamtentwicklung der Bauindustrie spielen, dennoch bieten sie eine hervorragende Möglichkeit zur Erhaltung und Wiederverwendung von gebrauchten, noch funktionsfähigen Bauteilen. Sie fungieren als Vorreiter für einen bewussteren Umgang mit Ressourcen in der Bauwirtschaft.

5. Literaturverzeichnis

- [1] H. Bachmann, *Hochbau für Ingenieure*. Wiesbaden: Vieweg + Teubner Verlag, 1997. Zugriff am: 30. Juni 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-322-84877-2>
- [2] A. Müller, *Baustoffrecycling: Entstehung - Aufbereitung - Verwertung*. Springer Vieweg, 2019.
- [3] A. Hillebrandt, P. Riegler-Floors, A. Rosen und J. Seggewies, *Atlas recycling: Gebäude als Materialressource*. Detail Business Information GmbH, The, 2021.
- [4] P. Kurth, A. Oexle und M. Faulstich, Hrsg., *Praxishandbuch der Kreislauf- und Rohstoffwirtschaft*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2018. Zugriff am: 30. Juni 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-658-17045-5>.
- [5] „Abfallbilanz 2020“. Startseite - Statistisches Bundesamt. https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/Abfallwirtschaft/Publikationen/Downloads-Abfallwirtschaft/abfallbilanz-pdf-5321001.pdf?__blob=publicationFile (Zugriff am 30. Juni 2023).
- [6] „Sekundärrohstoffwirtschaft - REZ“. Umweltpakt Bayern - für kooperativen Umweltschutz. <https://www.umweltpakt.bayern.de/rez/informieren/sekundaerrohstoffwirtschaft/index.htm> (Zugriff am 30. Juni 2023).
- [7] „Richtlinie 2008/98/EG über Abfälle und zur Aufhebung bestimmter Richtlinien- BMUV - Gesetze und Verordnungen“. [bmuv.de](https://www.bmuv.de). [https://www.bmuv.de/gesetz/richtlinie-2008-98-eg-ueber-abfaelle-und-zur-aufhebung-bestimmter-richtlinien#:~:text=Die%20\"Richtlinie%202008/98/,Abfällen%20in%20der%20EU%20fest](https://www.bmuv.de/gesetz/richtlinie-2008-98-eg-ueber-abfaelle-und-zur-aufhebung-bestimmter-richtlinien#:~:text=Die%20\) (Zugriff am 30. Juni 2023).
- [8] Bauproduktenverordnung. <https://www.dgwz.de/wp-content/uploads/2013/10/Bauproduktenverordnung-BauPVO-EU-Nr-305-2011-03-09-Volltext.pdf> (Zugriff am 30. Juni 2023).

- [9] „Eckpunkte der Novellierung des Kreislaufwirtschaftsgesetzes (KrWG)“. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz. <https://www.bmuv.de/themen/wasser-ressourcen-abfall/kreislaufwirtschaft/abfallpolitik/uebersicht-kreislaufwirtschaftsgesetz/eckpunkte-der-novellierung-des-kreislaufwirtschaftsgesetzes-krwg> (Zugriff am 30. Juni 2023).
- [10] „Verordnung über die Entsorgung von gewerblichen Siedlungsabfällen und von bestimmten Bau- und Abbruchabfällen (Gewerbeabfallverordnung - GewAbfV)“. https://media.offene-gesetze.de/bgbl1/2002/bgbl1_2002_37.pdf#page=26 (Zugriff am 30. Juni 2023).
- [11] C. Dornack und C. Wunsch, *Stand und Perspektiven der Verwertung von ausgewählten Stoffströmen zur Umsetzung des Kreislaufwirtschaftsgesetzes*. Neuruppin-Nietwerder: Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH, 2016.
- [12] „Verwertungsquoten der wichtigsten Abfallarten 2020“. Umweltbundesamt. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/verwertungsquoten-der-wichtigsten-abfallarten#:~:text=„Aufkommen,%20Beseitigung%20und%20Verwertung%20von,Jahren%20auf%20sehr%20hohem%20Niveau> (Zugriff am 3. Juni 2023).
- [13] „Abfallbilanz 2020“. Startseite - Statistisches Bundesamt. https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/Abfallwirtschaft/Publikationen/Downloads-Abfallwirtschaft/abfallbilanz-pdf-5321001.pdf?__blob=publicationFile (Zugriff am 30. Juni 2023).
- [14] Dr. M. Frederichs und Dr. B. Schäfer, „Mineralische Bauabfälle Monitoring 2020 - Bericht zum Aufkommen und zum Verbleib mineralischer Bauabfälle im Jahr 2020“, Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden e.V., Berlin, Januar 2023.
- [15] M. Hinzmann, A. Araujo Sosa und M. Hirschnitz-Garbers, *Stärkung der Kreislaufführung von mineralischen Baustoffen mittels freiwilliger Selbstverpflichtung*. 2019.
- [16] H. Hinz, *Beton- und Stahlbetonbau Bd. 113, Ausgabe 1*. Berlin: John Wiley & Sons, Ltd, 2018.

- [17] P. C. Deilmann, N. Krauß und K. Gruhler, *Sensitivitätsstudie zum Kreislaufwirtschaftspotenzial im Hochbau*. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR), 2014.
- [18] M. Basten und Dr. B. Schäfer. „Mineralische Bauabfälle Monitoring 2018“. <http://www.kreislaufwirtschaft-bau.de/Download/Bericht-12.pdf>.
- [19] C. Aebischer, *Rückbau und Wiederverwendung von Holzbauten*. Bern: Bundesamt für Umwelt (BAFU), 2022.
- [20] H. Weimar und D. Jochem, *Holzverwendung im Bauwesen - Eine Marktstudie im Rahmen der "Charta für Holz"*. Hamburg: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 2013.
- [21] U. Dechantsreiter, *Bauteile wiederverwenden - Werte entdecken. Ein Handbuch für die Praxis*. München: Oekom Verlag, 2016.
- [22] „Bauteilbörse Berlin-Brandenburg“. bauteilnetz Deutschland. https://www.bauteilnetz.de/bauteilnetz/website/bauteilsuche?btk_suche=true&btk_simple_search_off=true&btk_local=true&btk_anbieterid=1 (Zugriff am 5. Mai 2023).
- [23] „Bauteilbörse Bremen“. bauteilnetz Deutschland. https://www.bauteilnetz.de/bauteilnetz/website/bauteilsuche?btk_suche=true&btk_simple_search_off=true&btk_local=true&btk_anbieterid=1 (Zugriff am 5. Mai 2023).
- [24] „Bauteilbörse Hannover“. bauteilnetz Deutschland. https://www.bauteilnetz.de/bauteilnetz/website/bauteilsuche?btk_suche=true&btk_simple_search_off=true&btk_local=true&btk_anbieterid=6 (Zugriff am 5. Mai 2023).
- [25] „Bauteilbörse Gronau“. bauteilnetz Deutschland. https://www.bauteilnetz.de/bauteilnetz/website/bauteilsuche?btk_suche=true&btk_simple_search_off=true&btk_local=true&btk_anbieterid=11 (Zugriff am 5. Mai 2023).
- [26] „Bauteilbörse Herzogenrath“. bauteilnetz Deutschland. https://www.bauteilnetz.de/bauteilnetz/website/bauteilsuche?btk_suche=true&btk_simple_search_off=true&btk_local=true&btk_anbieterid=17 (Zugriff am 5. Mai 2023).
- [27] „Concular - zirkuläres bauen“. <https://concular.de/> (Zugriff am 5. Mai 2023).

- [28] „Baustoffe kaufen im Online-Baushop von restado“. <https://restado.de/> (Zugriff am 5. Mai 2023).
- [29] „Unternehmerverband Historische Baustoffe e.V.“ <https://www.historischebaustoffe.de/> (Zugriff am 5. Mai 2023).
- [30] „Cyrkl - Online Marktplatz für Abfälle“. <https://cyrkl.com/de> (Zugriff am 5. Mai 2023).
- [31] „Holcim Deutschland“. <https://www.holcim.de/de> (Zugriff am 30. Juni 2023).
- [32] *Studie - Die Nachfrage nach Primär- und Sekundärrohstoffen der Steine- und Erdenindustrie bis 2040 in Deutschland*. Bundesverband Baustoffe - Steine und Erden e. V.
- [33] A. Rose, N. Sack, K. Nothacker und A. Gassman, *Recycling von Flachglas im Bauwesen - Analyse des Ist-Zustandes und Ableitung von Handlungsempfehlungen*. Rosenheim: ift gemeinnützige Forschungs- und Entwicklungsgesellschaft mbH, 2019.
- [34] „Green steel strategy“. Stahlwerk Thüringen. <https://www.greensteel-swt.com/> (Zugriff am 5. Mai 2023).
- [35] „Statusbericht der deutschen Kreislaufwirtschaft 2020“. Bundesverband der Deutschen Entsorgungs-, Wasser- und Kreislaufwirtschaft e. V. <https://www.bde.de/presse/publikationen/> (Zugriff am 5. Mai 2023).
- [36] „Opalis“. <https://opalis.eu/en> (Zugriff am 10. Juni 2023).
- [37] M. Peck, Hrsg., *Atlas Moderner Betonbau*. DETAIL, 2013. Zugriff am: 30. Juni 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.11129/detail.9783955531126>
- [38] B. Arnold, *Werkstofftechnik für Wirtschaftsingenieure*. Springer Vieweg, 2017.
- [39] Experteninterview mit Herrn Miedl, BERGER Beton am 16.06.2023.
- [40] Experteninterview mit Herrn Dr. Schäfer, Bundesverband Steine und Erden e. V. am 28.04.2023.
- [41] Experteninterview mit Herrn Liebig, Holcim Deutschland GmbH am
- [42] 20.04.2023.
- [43] Experteninterview mit Herrn Wendler, Stahlwerk Thüringen am 20.04.2023.
- Experteninterview mit Herrn Gander, Leipfinger Bader am 19.06.2023.
- [44] Glonntaler Transportbeton. https://www.glonntaler.de/wp-content/uploads/Glonntaler_Preisliste_2023.pdf (Zugriff am 21. Juli 2023).

- [45] H. Hinz, Beton- und Stahlbetonbau 113 (2018), Heft. Berlin: Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG, 2018
- [46] A. Hillebrandt, P. Riegler-Floors, A. Rosen und J. Seggewies, Atlas Recycling: Gebäude Als Materialressource. Detail Business Information GmbH, The, 2018.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Verwertungsquote [5]	8
Abbildung 2: Recyclingquote [5].....	8
Abbildung 3: Bau- und Abbruchabfälle 2020 [14]	11
Abbildung 4: Kreislaufwirtschaft Boden und Steine [14, pp. 6-7].....	13
Abbildung 5: Kreislaufwirtschaft Bauschutt [14, pp. 6 - 7].....	14
Abbildung 6: Bandbreiten der stofflichen Zusammensetzung von Mauerwerksabbruch [17]	16
Abbildung 7: Kreislaufwirtschaft Bauabfälle auf Gipsbasis [14, pp. 6-8]	18
Abbildung 8: Kreislaufwirtschaft Baustellenabfälle [14, pp. 6-9].....	20
Abbildung 9: Kreishaus Ludwigsburg [45, p. 464].....	24
Abbildung 10: Entfernung zwischen Abbruchstelle und Beispielprojekt	28
Abbildung 11: Kreislaufwirtschaft Flachglas [33, p. 9].....	32
Abbildung 12: Kreislaufwirtschaft Rohstahl [35, p. 52].....	34
Abbildung 13: Kreislaufwirtschaft Holz [17, p. 63].....	36

Tabellenverzeichnis

Tabelle 4: Angebotsvergleich Ziegel der Bauteilbörsen (Stand: 22.05.2023)	30
Tabelle 1: Angebotsvergleich Bauteilbörsen bauteilnetz e. V. (Stand: 22.03.2023).....	39
Tabelle 2: Anzahl der angebotenen Sekundärbaustoffe der Plattformen Restado [28] und Concular [27].....	44
Tabelle 3: Vergleich des Angebots von Cyrkl in DE, AT, CH [30].....	45

Anhang

[39] Experteninterview mit Herrn Miedl, BERGER Beton am 16.06.2023.

Speaker 1: Okay, genau.

Speaker 2: Optimal, gut. Dann fangen wir an. Vielleicht könnten Sie sich am besten erst mal vorstellen und etwas zu Ihrem Unternehmen sagen, was Sie da so machen.

Speaker 1: Ja, gerne, mein Name ist Klaus Miedl. Ich bin gelernter Ingenieur, komme ursprünglich aus der Bauleitung und bin aktuell für das Unternehmen BERGER Beton tätig. Bei der Firma BERGER Beton handelt es sich um ein großes, familiengeführtes Transportbeton-Unternehmen, das in Deutschland, Polen und Tschechien Niederlassungen betreibt. Bei der Firma BERGER Beton habe ich sieben Jahre lang die Abteilung Baustoffe geleitet und kümmere mich seit gut einem Jahr um das Thema nachhaltige Betonproduktion und nachhaltige Produktentwicklung, angefangen von der Rohstoffgewinnung bis zur Rohstoffakquise bis hin zur Unterstützung der Bauherrenseite bei der Umsetzung von nachhaltigen Aspekten, von der CO₂-Reduktion der Baustoffe bis hin zum Einsatz recycelter Gesteinskörnungen.

Speaker 2: Okay, das ist sehr gut. Was machen Sie dann hauptsächlich? Was würden Sie sagen sind Ihre Möglichkeiten zur CO₂-Reduktion? Hauptsächlich auch sowas wie Transportwege verkürzen?

Speaker 1: Generell muss man sagen, wenn man das Thema CO₂-Bilanz betrachtet, ist der größte Verursacher und die größte Stellschraube der Zementanteil. Wenn ich beispielsweise einen konventionellen Beton betrachte, der meiner Meinung nach einen CO₂-Fußabdruck von 200 Kilo besitzt, dann muss man sagen, dass 160 bis 170 Kilo davon der Zement verursacht. Die größte Stellschraube stellt natürlich die Zementart und die Zementmenge dar. Momentan gibt es hier einen wesentlichen Umbruch bei der Gestaltung der Zementarten. Das heißt, wir haben flächendeckend in der Bundesrepublik neue Zemente auf dem Markt, klinkerreduzierte Zemente, und die bringen natürlich gewisse technische Vorteile und auch CO₂-bilanzielle Vorteile mit sich, aber auch gewisse Herausforderungen. Die Bewertung dieser Effekte auf den Bauablauf, auf die Betonproduktion und dergleichen, ist natürlich auch ein Hauptaugenmerk von mir, dass das Ganze auch ordentlich umgesetzt werden kann. Das Thema Transportwege und

Anhang

übliche, sage ich mal, Massenbestandteile im Beton spielt auch mit rein, aber tendenziell eher untergeordnet.

Speaker 2: Ja, und bei Ihrem Recyclingbeton, da haben Sie wahrscheinlich auch unterschiedliche Arten, oder? Also mit unterschiedlichen Anteilen von recycelten Gesteinskörnungen, und dann versuchen Sie da den Zementanteil zu reduzieren. Wird der komplett ersetzt, oder inwiefern wird das für einen Anteil? Bleibt er bestehen?

Speaker 1: Also, man muss jetzt generell bei dem Thema Nachhaltigkeit mal unterscheiden. Es gibt einmal diesen CO₂-optimierten Beton und es gibt einmal den ressourcenschonenden Beton. CO₂-optimierten Beton haben wir zuvor gerade besprochen. Mit dem Bereich Zement, wo wir aktuelle Änderungen haben, und der Block Ressourcenschonung, worunter auch der Recyclingbeton fällt. Dieser zielt vorwiegend darauf ab, dass wir natürliche Rohstoffe schonen und dabei geht es vorwiegend um die natürliche Gesteinskörnung, also momentan um die natürliche grobe Gesteinskörnung, also Kiese und Splitte aus Steinbrüchen und Kiesgruben, die endlich sind und die auch zukünftig immer weniger genehmigt werden. Die Recyclingbetone, bei denen ich ebenfalls gewisse Anteile natürlicher Gesteinskörnung durch rezyklierte Gesteinskörnung ersetze, benötigen dennoch einen gewissen Zement. Also das spielt zwar zusammen in einer gewissen Art und Weise, aber nicht unbedingt auf die positive Art. Das heißt, wenn ich das Thema R-Betone anbelange, dann haben wir natürlich einmal die Seite: Was darf ich normativ momentan machen? Da ist klar geregelt, dass ich zwei Arten rezyklierter Gesteinskörnungen verwenden darf, jeweils betrachtet größer zwei Millimeter, also kein Recyclingsand. Das ist der sogenannte Typ eins und Typ zwei. Typ eins ist vorwiegend Betonsplitt mit 10 Prozent Fremdbestandteilen aus Ziegel und dergleichen. Und das andere ist der Bauwerksplitt. Da darf der Ziegelanteil bis zu 30 Prozent betragen. Das sind die Qualitätsstufen und diese zwei Qualitätsstufen darf ich aktuell noch in zwei unterschiedlichen Dosierverhältnissen in meine Rezepturen eingliedern, ohne weitere Nachweise, muss ich jetzt an der Stelle noch dazusagen. Vereinfacht formuliert, darf ich den Typ eins, also den höherwertigen Recyclingsplitt, mit bis zu 45 Prozent in meine Rezeptur einbringen, den Typ zwei mit bis zu 35 Prozent in die Rezeptur einbringen. Das ist das, was ich aktuell darf und das, was ich darf, muss und kann oder beziehungsweise muss nicht immer das Effektivste sein für das, was wir wollen, und zwar natürliche Gesteinskörnung schonen und ressourceneffiziente Betone herstellen. Weil, wenn ich diese Maximalwerte anstrebe, muss ich auch beachten, ob ich überhaupt zu viel Rohstoff auf dem Markt eingekauft bekomme. Also gibt es so viele Recyclingbaustoffe,

damit ich mir das leisten kann. Ist dieser Recyclingbaustoff der zugelassene Recyclingbaustoff in einer Entfernung zu einem Transportbetonwerk, dass es Sinn macht, ihn dorthin zu fahren und zu produzieren? Weil ich will ja das Ganze nicht ins Lächerliche ziehen, indem ich beim Recycling zuschlage, nur damit ich R-Beton mache, weiter herfare als natürliche Gesteinskörnung, und dann muss ich natürlich meine Rezeptur betrachten, das heißt, welche Qualität des Recyclings habe ich. Kommen etwa, wenn ich jetzt die maximal zulässigen Anteile ausreize, andere negative Effekte zum Tragen, zum Beispiel, dass ich wieder mehr Zement bräuchte? Und das Ganze muss irgendwo Hand in Hand gehen, um das Optimale aus diesen Rezepturen herauszuholen. Und dahingehend entscheiden wir idealerweise mit dem Kunden zusammen, wie die Rezepturen gestrickt werden und auf was bei den Rezepturen auch der entsprechende Fokus gelegt wird.

Speaker 2: Okay, ja, aber das heißt eigentlich, im Grunde genommen ist der Zementanteil dann gar nicht reduziert im Recyclingbeton, sondern es geht wirklich nur darum, dass der Zuschlag durch rezyklierte Körnungen ersetzt wird. Von wo beziehen Sie die rezyklierten Körnungen und aus welchen Bereichen kommen die in der Regel? Also kommen die auch aus dem Hochbau her? Weil ich vermute, dass der Hochbau aufgrund der höheren Qualität infrage kommt. Oder?

Speaker 1: Das kommt darauf an, welche Regionen wir betrachten. In Regensburg habe ich als momentane Quelle das lokale Aufbruch Geschehen im Bereich der ehemaligen Kaserne. Und da kommt der Beton sowohl aus dem Hochbau als auch natürlich aus dem Tiefbau, weil im Kasernenbereich auch viel im Bereich Wegebau mit Beton bewerkstelligt wurde und das auch sehr, sehr hochwertige Betone waren. Bezüglich der Qualität machen wir eigentlich beziehungsweise macht der Rohstoffhersteller wenig Unterscheidung, weil die Betone, die abgebrochen werden und eine gewisse Zeit liegen, wenn sie so lange durchhalten, eine Qualität haben, die für uns mehr als ausreichend ist und für die Anwendungsbereiche, in denen ich R-Beton verwenden darf, auch ausreichend ist. Viel entscheidender ist der Aspekt, dass der Beton nicht verunreinigt ist, das heißt, damit ich hier auch keine schädlichen Eintragungen, sei es durch Mineralöle oder irgendwelche Asbestfasern und dergleichen habe, also dass ich hier wirklich schadstofffreies Material bekomme, das dann ordentlich aufbereitet wird. Das ist viel, viel wichtiger und natürlich genauso auch die Entfernung zum Recyclingbetrieb. Das heißt, wir versuchen natürlich, das Ganze möglichst lokal zu gestalten. Also, wenn wir in Regensburg Recyclingmaterial oder Recyclingbeton herstellen wollen, versuchen wir

natürlich, Recycler zu finden, die dort vor Ort aus dem Hochbau-, Tiefbau-, Brückenbau (sehr beliebt) das Material beziehen und diesen dann als Grundstoff für neue Körnung verwenden.

Speaker 2: Okay, das heißt für ein Bauprojekt in Regensburg würden Sie dann das Abbruchmaterial von der ehemaligen Kaserne zum Recycler bringen oder würden Sie das dann selbst verarbeiten und zu R-Beton herstellen?

Speaker 1: So leicht ist es bei uns in Deutschland leider nicht. Man muss grundsätzlich sagen, wenn ein Gebäude, ich nehme jetzt irgendein fiktives Gebäude, rückgebaut wird, dann ist der Bauschutt, der anfällt, idealerweise sortenrein. Das heißt, Ziegel- und Betonbereiche werden getrennt voneinander gelagert und separiert. Aber nichtsdestotrotz handelt es sich um Abfall und ich bewege mich hier im Bereich des Abfallrechts und der Abfallpflicht. Das Ganze läuft unter dem Abfallschlüssel 170101 für unbelasteten Bauschutt. Wenn ich diesen verwerten und aufbereiten will, muss ich ein zugelassenes und zertifiziertes Recyclingunternehmen beauftragen. Das heißt, lokal vor Ort wird, wenn es sich wie hier um eine mobile Aufbereitung handelt, ein Nachunternehmer oder zertifiziertes Unternehmen beauftragt, sich um den Brechvorgang und die Aufbereitung, also Brechen, Sieben, Separieren, zu kümmern. Dieses Unternehmen ist auch für die Zulassung des neuen Materials zuständig. Denn auch wenn das Material gebrochen und gesiebt ist, ist es formal erst einmal noch Abfall, und ich darf in Transportbeton keinen Abfall verwenden. Dieses Material wird also erst grob gebrochen, dann fein gebrochen, dann auf eine Körnung von zwei bis 16 mm im Regelfall separiert. Diese Körnung muss dann, genau wie jeder natürliche Kies, eine Zertifizierung durchlaufen, damit ich sie im Transportbeton verwenden darf. Erst wenn diese Zertifizierung erfolgreich abgeschlossen ist und sowohl eine eigene als auch eine Fremdüberwachung des Herstellers erfolgt sind, darf ich dieses Material als zertifiziertes Produkt wieder in meinen Beton einsetzen.

Speaker 2: Okay, das heißt also, Sie hatten etwas von mobiler Aufbereitung gesagt. Kann also die komplette Aufbereitung und Zertifizierung noch auf der Baustelle geschehen, oder muss es erst zum Recyclingunternehmen gebracht werden, um dort fertig aufbereitet und zertifiziert zu werden?

Speaker 1: Das kommt auf die Größe des Projekts an. Im Regelfall, bei der Größe, wie sie in der Kaserne der Fall ist, gibt es eine mobile Aufbereitung, da der Platz vorhanden ist und die Menge entsprechend groß ist. Dadurch habe ich reduzierte Transportwege und -logistik. Ich muss es nicht so oft anfassen, da es funktioniert. Aber auch hier ist es

mit der Firma Althammer eine zertifizierte Firma, ein Fachbetrieb. Wenn die Objekte kleiner sind oder unregelmäßig anfallen, wie zum Beispiel im Sanierungsbereich oder nur beim Teilausbruch, gibt es verschiedenste Anwendungsbereiche. Dann macht ein zentraler Recyclingbetrieb vor Ort mehr Sinn. Der dann auch stetig, ich meine, es ist ja so, wenn dieser Abfall anfällt, dann wird er deklariert, also die Schadstoffuntersuchung erfolgt erst mal vor Ort, bevor das abgefahren wird. Und dann, weiß das Recyclingunternehmen ja, was es annimmt. Das heißt, ich kann es sowohl von der stofflichen als auch von der chemischen Zusammensetzung beurteilen. Dann kann dieser stationäre Recyclingbetrieb eine stetige Produktion auch aus vielen Baustellen aufbauen. Also, es gibt sowohl als auch. Der richtige Anwendungsfall von stationär oder mobil muss halt gefunden werden.

Speaker 2: Also es ist sehr stark größenabhängig, was Sinn macht und was nicht.

Speaker 1: In Regensburg kann man das eigentlich sehr gut momentan sehen. Es ist größen- und strukturabhängig. In Regensburg gibt es noch nicht diese Struktur stationärer Anlagen. Um den Bauschutt ordnungsgemäß aufzubereiten, beziehungsweise die, die es machen, versuchen, das Ganze auch nicht zwingend in den Bausektor zurückzuführen. Das heißt ab einer gewissen Größenordnung macht es da Sinn, mobil zu arbeiten. Bei der Kaserne ist es der Fall. Es ist auf der A93 aktuell bei der Firma Redlinger der Fall, dass vor Ort die Autobahn wieder aufbereitet wird und als ungebundene Schicht in den neuen Oberbau einfließt. In Berlin zum Beispiel hat man dieses Netzwerk schon aufgebaut. Da ist um die Stadt herum eine Vielzahl an lokalen Abbruchunternehmen, die sich auch auf die Aufbereitung für den Bausektor spezialisiert haben. Da wird nur bei sehr großen Projekten auf eine mobile Aufbereitungsvariante gesetzt. Also, da reden wir wirklich von größeren Autobahn-Lösen oder vom Rückbau des Flughafens zum Beispiel, der aktuell stattfindet. Das wird mobil gemacht. Das könnte ich mit stationären Anlagen gar nicht mehr leisten in der Kürze der Zeit, aber es muss eine Mischform irgendwo angestrebt werden.

Speaker 1: Ja, noch ist es relativ unkompliziert aktuell. Der stationäre Bereich ist sowieso permanent überwacht, also stetig. Das heißt, ich habe einmal eine Grundzertifizierung, und dann habe ich eine laufende Produktion. Ich muss hier darauf achten, dass der Input konstant ist. Also das heißt, ich darf nichts in die Produktion einführen, was ich nicht darf, zum Beispiel asbestbelastete Materialien und dergleichen. Aber dann

Anhang

habe ich hier einen kontinuierlichen Produktionsprozess. Bei der mobilen Variante geschieht das Ganze im Wesentlichen durch eine Vorbeprobung, das heißt, ich weiß, was ich aufbereiten möchte. Dann installiere ich meinen Aufbereitungsprozess, also Vorbrecher, Nachbrecher, Siebanlage, und dann muss das Ganze, sagen wir mal, entweder haufungsbezogen durch Fremdüberwacher begutachtet werden, oder, wenn die Größe wirklich groß genug ist, auch stetig. Aber das lässt sich immer mit der ersten Justierung und dergleichen binnen acht bis zwölf Wochen darstellen, bis man ein zertifiziertes Produkt hat.

Speaker 2: Okay, das heißt aber eigentlich, wenn ich jetzt sage, ich habe ein Bauprojekt, das ich machen will, wofür ich Recyclingbeton verwenden will, dann ist es eigentlich meistens, also in Regensburg, wo es dann nur mobile Aufbereitungsstätten gibt, dass man da eigentlich dann die Zeit warten muss, bis das zertifiziert wurde.

Speaker 1: Man muss diesen, man muss einen gewissen Vorlauf mit einplanen.

Speaker 2: Das sind dann sieben bis acht Wochen, glaube ich. Hatten Sie mal im Telefonat gemeint?

Speaker 1: Genau, sieben bis acht Wochen, die ich als Transportbetonunternehmen brauche, um beurteilen zu können, wie ich meine Stoffströme lenken kann, damit der Kunde entsprechend das bekommt, was er möchte. Wenn es schneller geht, ist es okay. Ich kann zumindest mal binnen ein, zwei Wochen schon mal beurteilen, ob ich es überhaupt darstellen kann. Es gibt nämlich Regionen und Bauzeiten, sagen wir mal, wo ich sagen kann: Okay, ich kriege es in dieser Zeit nicht realisiert, weil der Markt einfach nichts hergibt.

Speaker 2: Okay, ähm, und für Normalbeton gibt's da oder, was wären da die Wartezeiten im Vergleich, oder gibt's da überhaupt welche?

Speaker 1: Für den üblichen, standardmäßigen Beton, also selbst bis hin zum Ingenieurbau, gibt es de facto keine Wartezeiten. Dafür sind unsere Anlagen ausgerüstet.

Speaker 2: Okay. Mit wem müssten Sie dann alles Kontakt aufnehmen, wenn jetzt zum Beispiel ein Projekt in Regensburg realisiert werden soll, zum Beispiel das, was ich genannt hatte, von 600 Kubikmetern?

Speaker 1: Ja, im Endeffekt wäre es in diesem Fall der gleichen Verfahrensweise, wie wir dann auch telefonisch zusammengekommen sind. Das heißt, ich bräuchte mal nähere Ausführungsdaten. Sind diese 600 Kubikmeter? Ist das ein Betonierabschnitt? Sind das drei Betonierabschnitte? Ist das eine ganze Baustelle, die über ein halbes Jahr läuft? Zum Beispiel, wann geht's los? Wann ist der erste Betoneinsatz geplant? Sie haben jetzt mal formal angefragt: C30/37. Da muss ich immer nur nachhaken, was sind denn jetzt die genauen Expositionsklassen, die gefordert sind? Welche Konsistenzklassen wollen sie? Was hätten Sie sich eigentlich beim Größtkorn vorgestellt? Weil da gibt es im Beton auch unter Umständen Einschränkungen. Ja, darf ich überhaupt einsetzen? Weil wenn jetzt Industrieboden, wenn ich das höre, dann fließt für mich zum Beispiel Expositionsklasse XM, Verschleißbeanspruchung mit rein und Recyclingbeton ist bei Verschleißbeanspruchungen nicht zulässig.

Speaker 2: Okay, und dann, wenn Sie die ganzen Informationen haben, können Sie dann schauen, wo Abbruchmaterial anfällt, sagen wir mal, oder?

Speaker 1: Ich habe mir natürlich momentan mein Netzwerk mit verlässlichen Zulieferern aufgebaut. Dann muss ich mal abklären. Wenn ich jetzt weiß, zum Beispiel: Baubeginn ist jetzt formal im August, dann ist es noch im Rahmen. Dann sage ich: Okay, ich weiß jetzt, Expositionsklassen, 600 Kubikmeter, das sind überhaupt rund 300 Tonnen Material, das ich benötige, Recyclingmaterial. Wenn ich das weiß: Okay, dann entscheide ich, kann ich mir das auf Lager legen, dann würde ich jetzt ad hoc versuchen, einzukaufen. Das wäre das Einfachste. Wenn ich kontinuierlich brauche, das heißt ein, zwei Sattelzüge in der Woche, dann muss ich natürlich sehen, wo Recycler sitzen, und da muss man dann ganz klar mit den Kunden reden: Okay, ich habe jetzt meine Parameter abgesteckt. Ich kann es mit den und den Voraussetzungen anbieten, das Material ist verfügbar, kostet XYZ, ja oder nein, dann folgt entsprechend ein Angebot und die Beauftragung, und dann kann ich loslegen.

Speaker 2: Okay, und Sie hatten auch gemeint, dass der Preis 12 bis 14 € über dem von herkömmlichem Beton liegt?

Speaker 1: In Regensburg, da muss ich schlimmstenfalls mit so etwas rechnen.

Speaker 2: Wie es in anderen größeren Städten ist, kann man da vermuten, dass es etwas günstiger ist, weil mehr Körnungen zur Verfügung stehen?

Anhang

Speaker 1: In Bayern nein. In Bayern haben wir so lange mit dem Thema Recyclingbeton gewartet, bis daraus ein Hype geworden ist. Das heißt, es sind nicht genug Recyclingrohstoffe auf dem Markt, um die Nachfrage zu bedienen. In Berlin, wo ich geologisch bedingt Mangelware im Bereich Untergrund habe, also keinen Kies, bewege ich mich langsam Richtung Preisneutralität zwischen den beiden Geschichten. Ich bewege mich langsam Richtung Neutralität, das heißt, ich bin auch da oben noch nicht neutral. Das hängt auch damit zusammen, dass der Recyclingbeton Nebeneffekte für uns mitbringt, also nicht nur die Rohstoffkosten, sondern auch eine geänderte Logistik, eine geänderte Überwachung im Transportbetonwerk. Das heißt, ich habe hier einen etwa verdoppelten Überwachungsaufwand im Vergleich zu konventionellem Beton, und dieser Aufwand fließt natürlich in die Preisgestaltung für Beton ein.

Speaker 2: Ja, aber das heißt, in Bayern gibt es jetzt schon nicht genügend Körnungen, um die Nachfrage zu bedienen, oder?

Speaker 1: Aktuell gibt es diese Körnungen nicht, weil sich die Recyclingindustrie auch noch nicht vollständig darauf eingestellt hat. Jahrelang hat es niemanden interessiert, die ersten Recyclingbetone in Bayern habe ich 2014 gemacht. 2016 hat es niemanden interessiert, 2018 hat es niemanden interessiert. Dementsprechend hat die Recyclingindustrie hier auch nicht investiert. Und jetzt, von 2021 auf 2022 kommt eine Nachfragesteigerung um 500 bis 1000 Prozent. Woher nehmen und nicht stehlen? Es ist ein Prozess, der nicht von heute auf morgen passiert.

Speaker 2: Wie lange hat in Berlin der Prozess dann ungefähr gedauert?

Speaker 1: Es hat sich nach gefühlt eineinhalb bis zwei Jahren eingespielt.

Speaker 2: Okay, das geht eigentlich. Ja, ja!

Speaker 1: Was ich an dieser Stelle für Bayern, das ist vielleicht auch ein bisschen Pech, noch nicht beurteilen kann. Es gibt ab dem 1. August eine Änderung im Bereich der rechtlichen Regelungen, und diese Änderungen machen es den Recyclern wieder schwieriger, einen Produktstatus für diese Körnungen zu erlangen. Solange das nicht geklärt ist, können sie natürlich auch keine Körnung für Beton herstellen. Das heißt, wir werden hier ab August wieder in ein noch künstlich erzeugtes Loch fallen, wo wir noch nicht wissen, wie wir da damit umgehen.

Speaker 2: Ähm, das wurde aber dann nur vom bayerischen Landtag beschlossen, oder?

Speaker 1: Nein, das wird auch in den anderen Bundesländern beschlossen. Das ist eine Neufassung der Ersatzbaustoffverordnung. Da gibt es ähnliche Probleme. Nur, die Umsetzung ist in Berlin ein bisschen eleganter, bereits jetzt in die Wege geleitet, und in Bayern sind sie sich nicht ganz einig.

Speaker 2: Okay, gut. Das heißt, wenn es in Kraft tritt und die Recyclingbetriebe noch keine Regelung über ihren Produktstatus haben, was können die dann machen mit ihren Gesteinskörnungen?

Speaker 1: Sie machen das gleiche wie in den Jahren zuvor. Sie produzieren ungebundene Schichten für den Straßenbau, also Schottertragschichten. Sie gehen auf Durchsatz, und sie haben damit kein Problem. Den Stress haben wir jetzt im Endeffekt, die wir Recycling-Beton herstellen möchten oder müssen, zum Teil.

Speaker 2: Ja gut, dann wird das für sie wahrscheinlich der einfachere Weg sein.

Speaker 1: Er wird wahrscheinlich momentan wieder attraktiver sein, zumindest gibt es wieder einen leichten Rückschritt. Erstmal, bis es die erste Rechtsprechung dazu gibt, bis es die ersten Erfahrungen dazu gibt in der Praxis, dann wird da eine Anpassung relativ zügig erfolgen. Es ist logisch, aber erstmal fallen wir jetzt ab August in eine Periode, in der wir nicht ganz wissen, wie wir damit umgehen sollen.

Speaker 2: Was war die gewollte Änderung, die mit dem Gesetz erreicht werden sollte?

Speaker 1: Eigentlich sollte eine Vereinfachung für das Herstellen von Recyclingbaustoffen erreicht werden.

Speaker 2: Ah, okay, das ist noch nicht ganz klar.

Speaker 1: Nein, nein, nein, die linke Hand und die rechte Hand sollten ab und zu miteinander kommunizieren.

Speaker 2: Schwierig. Können Sie das irgendwie abschätzen? Oder wie würden Sie die Zukunft von Recyclingbeton in Bayern oder in Deutschland prognostizieren?

Speaker 1: Recyclingbeton wird unabhängig davon ein unverzichtbarer Teil werden. Er wird den konventionellen Beton auf absehbare Zeit nicht zu 100 Prozent ersetzen können, weil einfach die Einsatzbereiche von Recyclingbeton eingeschränkt sind. Oder positiv formuliert, wir verwenden bis dato natürliche Gesteinskörnungen. In 60, 70 Prozent der Anwendungsfälle ist diese zu gut für das, was man damit machen möchte, und für diese 60, 70 Prozent könnte man theoretisch Recyclingbeton verwenden, mit gewissen Abstrichen. Da werden wir aber nicht hinkommen, weil so viel Material gar nicht anfällt. Das heißt, wir werden uns irgendwo zwischen 15 bis 25 Prozent Recyclingbeton einpendeln, mittelfristig, in den nächsten fünf Jahren. Der Recyclingbeton ist jedoch unverzichtbar, weil wir sonst ein Problem bekommen. Wir haben keine Vorkommen mehr, wir haben keine Sandvorkommen mehr, wir haben keine Kiesvorkommen mehr. Aber wir müssen irgendwie weiterhin die Infrastruktur am Laufen halten. Also von dem her wird kein Weg daran vorbeiführen. Das ist meine feste Überzeugung. Die Frage ist nur, wie elegant wir es hinbekommen.

Speaker 2: Ja, welche Rolle spielt der Straßenbau dabei? Denn eigentlich, wenn weiter so viele Straßen ausgebaut werden, dann gibt es ja vorne und hinten nicht genügend Körnungen, um alle Bereiche zu versorgen. Also das ist, was ich jetzt mitbekommen habe.

Speaker 1: Nun, im Straßenbau muss man unterscheiden. Meines Erachtens sprechen wir jetzt vom erhaltenden Straßenbau oder vom Straßenneubau. Ich meine die Straßenneubauprojekte. Die generellen globalen Neubauprojekte sind relativ überschaubar. Zum Beispiel hatten wir vor ein paar Jahren die A94 mit einem größeren Teilstück bei Altötting, und wir haben aktuell die A3 zwischen Nürnberg und Würzburg, die von vier auf sechs Streifen ausgebaut wird. Aber das waren dann schon die ganz großen Straßenbauprojekte. Gut, es gibt auch die Ortsumgehung oder die B15 neu bei Landshut. Im Straßenerhalt haben wir idealerweise Materialien, die bereits eine gewisse Eignung haben. Das heißt, wenn die oberste Schicht aus Beton gemacht wurde, kann dieser Beton auch zu einer ungebundenen Schicht aufbereitet werden und als Ersatz für natürliche Schotter- und Kiestragschichten dienen. Wenn ich asphaltgebundene Oberbauten habe, dann wäre theoretisch auch denkbar, diese als Tragschicht im Untergrund zu verwenden. Im Regelfall wird das aber nicht gemacht, sondern dieser Asphalt wird wieder nahezu zu 100 Prozent in neuen Asphalt umgewandelt. Also im Unterhalt wird Material benötigt, aber der Substitutionsgrad durch vorhandenes Material ist relativ hoch.

Für andere Bereiche, zum Beispiel, wenn ich jetzt an einen kompletten Neubau denke, dann müssen auch Wege gefunden werden, um mit dem vorhandenen Material umzugehen. Denn irgendwas muss ich im Regelfall irgendwo mal wegnehmen und irgendwann wieder auftragen. Diese Bilanz muss ich irgendwie ausgleichen, sodass das Plus-Minus-Null läuft. Es gibt auch Verfahren, bei denen man sagt, okay, ich arbeite jetzt weniger mit Liefermaterial, sondern versuche, das vorhandene Material mit mechanischen, physikalischen oder chemischen Methoden so aufzubereiten, dass ich es nutzen kann.

Speaker 2: Ja.

Speaker 1: Ähm, aber auch hier muss ein Umdenken erfolgen, denn es führt unweigerlich dazu, dass das zu den normalen Preisstellungen an sich auch zu einer Kostenerhöhung führen wird.

Speaker 2: Ja, auf jeden Fall. Das ist echt spannend, man muss mal abwarten, wie es in der Zukunft weitergeht. Ich glaube, eine erhebliche Kostensteigerung könnte auf Personen, die bauen wollen, zukommen, oder?

Speaker 1: Diese Kostensteigerung, die ist aktuell schon spürbar, weil die Rohstoffe teurer werden, auch das Personal wird teurer. Wichtig ist, dass wir keine Endlosspirale hier bekommen. Ja, wir müssen lernen, irgendwie damit umzugehen, mit gewissen Einschränkungen, mit Nutzbarkeit. Ja, mag ich nicht ausschließen. Ich meine, wenn man durch die Gegend fährt, wir haben jetzt schon einen Investitionsstau im kommunalen Straßenbau und beim Brückenbauen. Woher nehmen, nicht stehlen.

Speaker 2: Genau, in Regensburg gibt es eigentlich nur zwei Unternehmen, eigentlich sie, und Heidelberger Materials, die Recycling-Beton herstellen. Wie würden Sie sagen, ist es generell in der Beton- oder Transportbetonbranche verbreitet? Also, das ist ja schon ein sehr kommender Trend. Aber wie lange, würden Sie sagen, braucht der Umschwung noch, bis wirklich alle Unternehmen auf den Zug aufspringen?

Speaker 1: Also, ich müsste mich irren, aber ich weiß, dass die Heidelberger das in der Preisliste drin haben, und zwar in jeder Preisliste bundesweit. Ich weiß aber nicht, ob die aktuell liefern, weil sie haben die gleichen Probleme wie wir auch. Es geht um die Zuverlässigkeit der Zulieferer. Ich bin aber genauso der Meinung, auch eine Firma Gutenberger, die zum Beispiel hier noch vorhanden wäre, auch die können Recyclingbeton

Anhang

herstellen. Also die Transportbetonunternehmen, die hier länger ansässig sind, oder auch die CEMEX, die bietet meines Wissens Recyclingbeton an. Das läuft bei denen unter verschiedenen Linien. Also von der Technologie her können wir alle Recyclingbeton herstellen. Da will ich uns nicht hervorheben oder die Heidelberger. Wir haben alle unsere Erfahrungen damit, und die einen wie wir, wir wollen es halt aktiv vertreiben und wollen damit nicht nur werben, sondern wir wollen diesen Weg bewusst gehen, denn wir merken einfach, dass der Kies knapp wird. Andere werben halt weniger damit. Aber technologisch ist das Ganze ausgereift. Das heißt vom Transportbetonunternehmen her, hängt es im Wesentlichen an der Zulieferlogistik und Annahmelogistik, ob es meinen Standort hergibt, dass ich dieses Material vorhalte. Aber ansonsten sind wir eigentlich bereit.

Speaker 2: Ja gut, wie oft kommt es denn vor, dass sie in Regensburg Projekte mit Recycling-Beton umsetzen?

Speaker 1: Tatsächlich war dieser Sportpark das erste Objekt, das hier offensiv mit Recycling-Beton angefragt war. Aktuell sind noch drei weitere größere Projekte in der Ausschreibung, die Recycling-Beton verwenden wollen. Es sind aber die ersten aktiven Ausschreibungen in diesem Bereich, also kann man da noch nicht viel sagen. Wir bewerben uns natürlich um diese drei offenen Projekte als Lieferant, aber wir müssen sehen, welches ausführende Unternehmen zum Zug kommt und ob die vertraglich vielleicht andere Wege gehen.

Speaker 2: Okay, aber das sind dann alles Projekte von öffentlichen Einrichtungen, richtig? Private Projekte setzen Sie bis jetzt noch nicht wirklich mit Recycling-Beton um, oder?

Speaker 1: Bisher wurden hier weniger solche Projekte angefragt. Im Raum Nürnberg gibt es da mehr, ebenso in Niederbayern, insbesondere in der Gegend um Passau. Es hängt immer von den Projekten ab, die gerade auf den Markt kommen. Der Umschwung wird jetzt kommen, und ich denke, die nächsten größeren, auch privat finanzierten Projekte in Regensburg werden Nachhaltigkeitsaspekte berücksichtigen, weil das aus Förderungssicht anders nicht mehr umsetzbar ist. Es ist nur eine Frage der Zeit.

Speaker 2: Okay, ich hätte da noch eine letzte Frage. Was würden Sie sich vom deutschen Staat in Bezug auf Regularien oder Förderung wünschen, um Recycling-Beton in der Zukunft attraktiver und verbreiteter zu machen?

Speaker 1: Ja, der aktuelle Weg der Förderung war schon hilfreich, auch wenn er für die ganze Branche vielleicht etwas überraschend kam. Ein Modell wie in Baden-Württemberg, wo auch der Recycling-Beton beim Transportbeton-Unternehmen gefördert wird, also dass die Unternehmen eine gewisse Vergütung erhalten, wenn sie in bestimmten Bereichen Recycling umsetzen, könnte ebenfalls ein gangbarer Weg sein. Ob das aber die optimale Lösung ist, muss sich noch zeigen. Wichtiger wäre mir, dass wir die Flexibilität zurückgewinnen, also dass wir klare rechtliche und normative Regelungen haben, was wir verwenden können und wie wir es verwenden können. Hier sehe ich den Staat in der Pflicht, das Rechtssystem zu entschlacken und zu verbessern. Wir warten schon seit längerem auf eine neue Normgebung im Bereich Beton und im Bereich Ersatzbaustoffe. Eine Behörde schiebt die Verantwortung auf die andere und es fehlt der rote Faden. Der Staat, der mit dem Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz einmal verkündet hat, dass die Verwertung vor der Entsorgung steht, nimmt sich hier ein wenig aus der Pflicht. Das finde ich schade und würde mir an dieser Stelle mehr Engagement wünschen.

Speaker 2: Ja, kann man verstehen. Auf jeden Fall. Das heißt, jetzt gibt es eigentlich noch keine ganz klar geregelten Regularien und Normen, was den Recyclingbeton angeht.

Speaker 1: Das ist eine Leidensgeschichte. Der Recyclingbeton an sich ist seit 2009 klar definiert, was wir dürfen. Deutschland hat dann wieder ewig lang gebraucht, bis sie sich einig waren, wie wir mit dem Thema Umweltverträglichkeit von diesem Material umgehen. Das heißt, bis 2016 war hier nur eine Zulassung im Einzelfall oder eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung für diese Rohstoffe als Verwendungsgrundlage zulässig. Erst 2017 haben wir uns darauf geeinigt, dass es jetzt eine Norm gibt, was die Umweltverträglichkeit betrifft. Was daran so schwierig war, verstehe ich nicht. Die Grenzwerte wurden in Anlehnung an die Deponieverordnung, das Eckpunktepapier und dergleichen festgelegt. Warum das so lange gedauert hat, weiß ich nicht. Seit 2017 haben wir praktisch ein Normenwerk, das jetzt weitestgehend funktioniert. Also: Das

Anhang

Abfallrecht greift einigermaßen in das Recyclingrecht mit rein. Das Recyclingrecht mit dem Produktstatus greift einigermaßen ins Betonrecht rein. Und jetzt kommt wieder eine Verschlimmbesserung, bei der noch keiner weiß, wie er damit umgehen soll. Das heißt, die Unstetigkeit ist hier ein maßgebendes Problem. Nächstes Jahr bekommen wir eine neue Betonnorm, bei der sich etwas ändern wird in Bezug auf die Möglichkeiten auf Europaebene. Das wird von Deutschland wieder auf nationale Ebene herunter reglementiert. Wir wissen noch nicht, wie das ganze Dokument aussehen wird, aber wir wissen, dass es kommt. Und zu der Zeit wissen wir auch noch nicht, ob wir dann schon wieder zugelassenes, produktmäßig zertifiziertes Material bekommen, um das Ganze auszutesten. Das heißt, momentan wird einem, wenn man es machen will, irgendwo der Spaß ein bisschen genommen.

Speaker 2: Man wird einfach in der Unwissenheit gelassen und kann sich schwer darauf einstellen. Sehe ich auf jeden Fall, dass es nicht allzu viel Spaß macht, sich damit rumzuschlagen. Vielen Dank, dass Sie mir hier geholfen haben und sich die Zeit genommen haben. Ja, so!

Speaker 1: Jetzt beenden wir die Aufzeichnung.

[40] Experteninterview mit Herrn Dr. Schäfer, Bundesverband Steine und Erden e. V. am 28.04.2023.

Speaker 1:

Sehr geehrter Herr Dr. Schäfer,

ich hatte ihre Kontaktdaten vom Bundesverband der Deutschen Industrie bekommen, da ich Fragen bezüglich der Kreislaufwirtschaft im deutschen Hochbau habe, mit besonderem Blick auf die Verwendung von Sekundärbaustoffen. Ich hatte den Kollegen einen Fragenkatalog geschickt, da das für sie einfacher war, den ich mal angehängt habe. Es wäre sehr freundlich, wenn Sie den mal anschauen könnten, ob sie Antworten auf die Fragen haben, die sie entweder schriftlich oder im Rahmen eines Telefonats/bzw. Zoom Calls mit mir teilen könnten.

Vielen Dank schon einmal für ihre Mühe.

Viele Grüße

Julian Graser

Fragen zu Recycling Baustoffen:

Recycling-Beton:

- Welchen Marktanteil hat Recyclingbeton im deutschen Hochbau am Gesamtmarkt?
- Was sind die größten Produzenten von Recyclingbeton in Deutschland?
- Wie sehr könnte man diese Technologie skalieren, bis sie an ihre Grenzen stößt? Was sind

jetzige Grenzen bzw. zukünftige Grenzen?

- Wie groß ist das Wachstum von Recycling-Beton in Deutschland?
- Wie steht es um die Verfügbarkeit der Rohstoffe, die dafür benötigt werden?

Anhang

- Wäre es theoretisch eine echte Kreislaufwirtschaft im Bereich des Recycling-Betons im

deutschen Hochbau herzustellen?

- Welche Mengen an neuen Stoffen müssten dem Kreislauf ungefähr pro Jahr zugeführt werden?

Recycling-Mauersteine:

- Welchen Marktanteil haben Recyclingmauersteine bzw. Mörtel im deutschen Hochbau am

Gesamtmarkt?

- Was sind die größten Produzenten von Recyclingmauerwerk in Deutschland?

- Wie sehr könnte man diese Technologie skalieren, bis sie an ihre Grenzen stößt? Was sind

jetzige Grenzen bzw. zukünftige Grenzen?

- Wie steht es um die Verfügbarkeit der Rohstoffe, die dafür benötigt werden?

- Wäre es theoretisch eine echte Kreislaufwirtschaft im Bereich des Mauerwerks im deutschen Hochbau herzustellen?

- Welche Mengen an neuen Stoffen müssten dem Kreislauf ungefähr pro Jahr zugeführt werden?

- Gibt es noch andere nennenswerte Bereiche in denen eine Kreislaufwirtschaft im deutschen

Hochbau hergestellt werden kann?

- Wie steht es um die Kreislaufwirtschaft bei natürlichen oder recyceltem Dämmmaterial?

Speaker 2:

Hallo Herr Graser,

ich empfehle Ihnen zunächst folgende Lektüre:

www.kreislaufwirtschaft-Bau.de Monitoring-Berichte

www.baustoffindustrie.de Rohstoffstudie

www.beuth.de DIN 1045-2 (Herstellung von Beton)

Ihre Fragen sind leider so gestellt, dass bereits die ausführliche Beantwortung zu einer Bachelorarbeit führen würde. Daher bitte ich um Verständnis für meine knappen Antworten auf ausgewählte Fragen:

Der aktuelle Marktanteil von R-Beton ist gering und liegt im einstelligen Prozentbereich. Technisch und aus bauaufsichtlicher Sicht kann jeder Transportbeton- und Fertigteilbetonhersteller R-Beton produzieren und einsetzen. Die Beschaffung geeigneter RC-Körnung ist derzeit aber ein Problem, denn die geeignete Sekundärkörnung wird im Erd- und Tiefbau verwertet und steht für den Einsatz im Beton bisher nicht zur Verfügung. Würde sich dies ändern, z.B. indem Betonbruch (Abfälle) aufbereitet und wieder der Betonindustrie angedient würden, könnte der komplette Betonbruch für R-Beton eingesetzt werden. Das Potenzial ist erheblich. Das Wachstum des R-Betonmarktes nimmt langsam zu: immer häufiger fragen Kunden nach R-Beton. Dieser kann aber nicht überall angeboten werden, da in bestimmten Regionen weder quantitativ noch qualitativ genügend Betonbruch anfällt, der den Betonwerken zur Verfügung steht. Ein „echter“ Kreislauf ist mengenbedingt nicht möglich, da die Nachfrage nach R-Beton größer als der Anfall der dafür benötigten RC-Körnung ist. Primärgesteinskörnungen sind auch zukünftig erforderlich. Zudem ist zu berücksichtigen, dass die Verwertung der körnigen Bauabfälle heute bereits 95% beträgt – eine Nutzung im R-Beton wäre daher nur eine Umlenkung, denn die Materialien würden im Tiefbau fehlen und müssten dort durch Primärmaterial ersetzt werden.

Zu den Mengenströmen schauen Sie bitte in die obigen Berichte.

Anhang

Recycling-Mauersteine sind bisher die absolute Ausnahme. Daten dazu liegen nicht vor, weder zum Anfall von Mauerwerksbruch in bestimmten Fraktionen (Kalksandstein, Ziegelsteine, Porenbetonsteine, etc.) noch zu den möglichen Verwertungspotenzialen.

Verwertungspotenziale bestehen vor allem darin, zukünftig ganze Bauteile weiterverwenden zu können. Die bisherigen Konstruktionen sind für den zerstörungsfreien Rückbau aber noch nicht ausgelegt, so dass das eher ein Zukunftsthema ist.

Mit freundlichen Grüßen

Berthold Schäfer

Speaker 1:

Sehr geehrter Herr Dr. Schäfer,

mir sind im Zuge meiner Recherche und vor allem im Blick auf die Monitoring Berichte noch weitere Fragen bzgl. der Verwertung der Baustoffe aufgekommen. Es würde mich sehr freuen, wenn sie sich vielleicht auch hier noch einmal die Zeit nehmen könnten, um diese zu beantworten :)

- Boden und Steine:

Gibt es noch andere Maßnahmen außer dem Berg- und Deponiebau in denen die Abfallfraktion Boden und Steine verwertet wird? Warum werden nur ungefähr 10% RC-Baustoffe daraus hergestellt, liegt das an Begrenzungen im Sinne der Zusammensetzung des Materials oder daran, dass die Nachfrage zur anderen Verwertung zu groß ist? Wäre es möglich diesen Anteil zu erhöhen, bzw. wie? Wie bzw. wo werden die gewonnenen RC-Körnungen hauptsächlich eingesetzt?

- Bauabfälle auf Gipsbasis:

Warum ist im Bericht vom Jahr 2018 auf 2020 das Recycling für diese Kategorie weggefallen? Ist es nicht möglich diese Abfälle zu recyceln bzw. welcher Verwertung werden sie hauptsächlich zugeführt?

- Baustellenabfälle:

Warum ist der Anteil der sonstigen Verwertung so hoch? Ich würde annehmen, dass Eisen und Stahl ziemlich gerne von Schrotthändlern aufgekauft und recycelt wird (genauso wie Glas und die anderen Metalle)? Gibt es dort Möglichkeiten den Anteil des recycelten Materials noch weiter zu erhöhen?

- RC-Material:

Was sind die größten Hersteller der RC-Körnungen in Deutschland?

Was sind die durchschnittlichen Lieferzeiten, bzw. gibt es immer Material verfügbar oder kommt es auch häufig zu Engpässen?

Vielen Dank schon einmal für ihre Mühe und Hilfe!

Anhang

Mit freundlichen Grüßen

Julian Graser

Speaker 2:

Hallo Herr Graser,

In aller Kürze zu Ihren Fragen:

A) Boden

Die Verwertung von Boden erfolgt mit 90 bis 95 Mio. t im Bereich der Verfüllung von Abgrabungen, also der Rekultivierung alter Tagebaue.

Die 10% Steine werden bereits beim Aushub des Bodenmaterials gewonnen, vor allem durch die selektive Entnahme von Kiesschichten beim Baugrubenaushub. Eine Aufbereitung von Boden erfolgt nur in Ausnahmefällen.

Würde Boden aufbereitet, könnte der Anteil Steine im Bodenmaterial selektiert werden. Der Aufwand wäre erheblich, aber es könnten etwa 8 bis 10 Mio. t Steine zusätzlich gewonnen werden.

Die Steine werden als RC-Baustoffe in der Verwertungswegen des Erd-, Tief-, Straßen- und Wegebbaus eingesetzt.

B) Gips

Die Daten zum Gipsrecycling wurden nicht ausgewiesen, da die offiziellen Mengen deutlich kleiner waren als die Mengen aus der industrieeigenen Erhebung. Letztere sind etwa doppelt so hoch wie die offiziellen Zahlen. Worauf das zurückzuführen ist, soll bis zum nächsten Bericht geklärt werden.

C) Baustellenabfälle

Die sonstige Verwertung ist sehr hoch, da sie sich auf die übrigen Bestandteile (außer Mineralik) bezieht: Altholz, Glas, Metall, Kunststoff, ...

D) RC-Körnung

Jede RC-Anlage, die geeignete Mineralische Abfälle annimmt, produziert RC-Baustoffe. Der Markt ist regional. Einen speziellen größten Hersteller gibt es daher nicht.

Die Verfügbarkeit von RC-Körnung ist vom Abfallaufkommen abhängig und daher regional stark unterschiedlich. Engpässe gibt es nicht, zumindest nicht in Bezug auf die heutigen Verwendungen von RC-Körnung.

Will man allerdings RC-Körnung wieder in der Produktion z.B. von Beton einsetzen, gibt es durchaus Engpässe aufgrund höherer Qualitätsanforderungen, höherem Aufbereitungsaufwand und Nutzungskonkurrenzen

Nachdem ich nun die Hälfte Ihrer Arbeit vorgeschrieben habe, darf ich doch wohl auf ein Exemplar der Endfassung hoffen?

Schönen Gruß

Berthold Schäfer

[41] Experteninterview mit Herrn Liebig, Holcim Deutschland GmbH am 20.04.2023

Speaker 1: Okay, vielleicht können Sie sich einmal kurz vorstellen, woher Sie kommen und was Sie so machen?

Speaker 2: Ich komme von der Firma Holcim Deutschland GmbH. Wir sind ein großer Baustoffhersteller in Deutschland und weltweit der größte Baustoffhersteller überhaupt. Unsere Produkte sind Sand, Kies, Beton und Zement.

Speaker 1: Okay, stellen Sie jetzt auch Recyclingbeton her? Seit wann stellen Sie den her und wie ist er derzeit in Deutschland etabliert?

Speaker 2: Ja, Recyclingbeton ist schon seit ein paar Jahren in Deutschland etabliert. Es gibt mittlerweile auch entsprechende Regelwerke, die den normativen Einsatz von Recyclingmaterialien im Beton regeln. Daher betreten wir kein Neuland, aber trotzdem führt Recyclingbeton noch ein Schattendasein, was teilweise auf die Verfügbarkeit der Recyclingmaterialien zurückzuführen ist.

Speaker 1: Wie hoch ist ungefähr der Marktanteil von Recyclingbeton?

Speaker 2: Das ist für mich schwierig, da ich nicht aus dem Betonbereich komme, sondern aus dem Zementbereich. Ich kann nur grob schätzen, bitte überprüfen Sie die Zahl, aber ich würde ihn auf etwa 10 % schätzen.

Speaker 1: Ist Ihr Unternehmen Marktführer in diesem Bereich oder gibt es noch andere größere Unternehmen?

Speaker 2: Ja, im Bereich Beton, genauer gesagt Transportbeton, ist es ein sehr lokales Geschäft. Wir sind in einigen Regionen Deutschlands vertreten, hauptsächlich im Westen mit eigenen Transportbeton-Aktivitäten und im Norden mit Joint Ventures. Es hängt also auch von der Region und der Verfügbarkeit ab. Das Thema Recyclingbeton ist vor allem in Ballungszentren aktueller und wird dort mehr nachgefragt oder häufiger verwendet als in ländlichen Regionen. Der Grund dafür ist einfach: Es macht keinen Sinn, Abbruchmaterial über hunderte Kilometer zu transportieren.

Speaker 1: In welcher Region in Deutschland ist Ihrer Meinung nach die beste Verfügbarkeit gegeben?

Speaker 2: Ich würde es wirklich an den Ballungszentren festmachen, hier in München, im Rhein-Main-Gebiet, in Düsseldorf, Köln und Hamburg, also wirklich in den großen Städten.

Speaker 1: Okay, brechen Sie also auch die Häuser ab oder arbeiten Sie mit Firmen zusammen, die den Abriss durchführen? Gelangt der Baustoff dann zu Ihrem Recyclingbeton?

Speaker 2: Ja, es gibt Firmen, die das von Anfang bis Ende abdecken. Letztendlich hängt es damit zusammen, ein Gebäude, das abgerissen werden soll, zu kartieren und festzustellen, welche Baustoffe dort verbaut wurden. Dann erfolgt der selektive Abbruch, gefolgt vom Sortieren auf der Baustelle und der Aufbereitung der Materialien, wie zum Beispiel dem abgebrochenen Beton. Aktuell machen wir das als Holcim noch nicht selbst, aber wir sind dabei, unsere eigenen Recyclingaktivitäten aufzubauen. Wir wollen Aufbereitungsorte oder Stellen schaffen, um die Materialien selbst zu haben. Gegenwärtig sind jedoch bereits Firmen in diesem Geschäft tätig, und weil wir gerne die Materialien aus eigener Hand haben möchten, arbeiten wir daran, dies aufzubauen.

Speaker 1: Wo beziehen Sie momentan die Materialien oder wo bereiten Sie diese auf?

Speaker 2: Im Moment kaufen wir hauptsächlich das Material von Dritten, die im Geschäft tätig sind und die Gesteinskörnung aufbereiten. Wenn wir über Beton sprechen, reden wir immer von genormten Produkten, die dann von den Recyclingunternehmen entsprechend aufbereitet und nach Norm verkauft werden können.

Speaker 1: Wie sieht es mit der Verfügbarkeit dieser Produkte aus? Gibt es genug, um den gesamten Betonbedarf zu decken, oder gibt es teilweise Engpässe?

Speaker 2: Es gibt auf jeden Fall Engpässe. Recycelte Gesteinskörnung ist nicht überall verfügbar, das ist ganz klar. Ich meine, es gibt Recyclingmaterial nur dort, wo in großem Umfang Bauwerke abgerissen werden. Auf dem flachen Land ist das nur sehr begrenzt der Fall. Stand heute wird Beton bereits wiederverwendet, aber nicht im Kreislauf, um daraus wieder Gesteinskörnung für Beton herzustellen. Stattdessen wird dieses Material hauptsächlich im Unterbau des Straßenbaus verwendet. Wir haben als Standardmaterial eine Körnung von 0-45 mm. Ich weiß nicht genau, wie hoch der Prozentsatz ist, aber über 90 % des zurückgebauten Betons werden wiederverwendet, jedoch nicht als Gesteinskörnung, zumindest bisher. Das möchten wir ändern. Das bedeutet aber,

Anhang

dass die heute marktgängige Körnung von 0-45 mm erneut klassifiziert werden muss, um die Gesteinskörnungsgruppen für Beton herzustellen, z. B. 4 bis 16, 8 bis 16 usw. Dann bleibt feines Material übrig, wie 0-4, 0-8, das nach aktueller Regelung noch nicht in Beton verwendet werden darf oder nur in sehr geringen Mengen. So, und dann bleibt feines Material übrig, 0-4, 0-8. Das darf laut aktuellem Regelwerk noch nicht im Beton eingesetzt werden, oder nur in sehr geringen Mengen. Die Frage oder Aufgabe besteht also darin, was mit diesem Feinmaterial gemacht werden soll. Aber auch hier haben wir Lösungen im Auge, wie zum Beispiel die Verwendung als Bindemittelkomponente im Zement oder als Rohstoff für die Zementklinkerproduktion.

Speaker 1: Ist es nur in Deutschland so oder ist es in der Schweiz zum Beispiel genauso, dass die Materialien nicht eingesetzt werden dürfen?

Speaker 2: In der Schweiz sind sie da schon etwas weiter. Dort gibt es behördliche Vorgaben, die bestimmte Recyclingquoten für bestimmte Bauwerke vorschreiben. Im Detail kenne ich mich nicht genau aus. Auch in Deutschland gibt es Ausschreibungen, in denen steht, dass Recyclingkörnung verwendet werden muss, aber es ist immer noch die Ausnahme.

Speaker 1: Ja, in Deutschland sieht man auch in verschiedenen Quellen, dass die Schweiz und Österreich in Bezug auf Recycling deutlich weiter sind, sowohl in Bezug auf die Gesetzeslage als auch auf weniger Regulierungen. Was würden Sie sagen, sind in Deutschland eher gesetzliche Probleme oder gibt es noch Schwierigkeiten bei der Akzeptanz, der Verfügbarkeit oder ähnlichem in Bezug auf Recyclingbeton?

Speaker 2: Wie gesagt, es gibt keine gezielten Vorschriften, die Recyclingbeton fördern. Es gibt definitiv auch ein Verfügbarkeitsthema, weil das Material seine eigenen Vertriebswege hat. Zudem muss man mit dem neuen Ansatz, das Material aus dem Beton wieder in neue Gesteinskörnung umzuwandeln, auch ein wirtschaftliches Geschäftsmodell anbieten können. Für die Aufbereiter, die das Recyclingmaterial in anderen Bereichen verkaufen, muss es attraktiv sein. Aber ich glaube, dass wir schrittweise Fortschritte machen werden. Das Thema Recycling ist auch bei Gebäudezertifizierungen wichtig. Wenn ich beispielsweise nach DGNB, LEED oder BREEAM oder anderen Zertifizierungssystemen zertifiziere, spielt Recycling immer eine große Rolle. Ich glaube, dass es eine immer wichtigere Rolle spielen wird, besonders wenn natürliche Rohstoffe immer knapper und teurer werden. Das spielt auf jeden Fall eine Rolle.

Speaker 1: Als Unternehmen im Abrissbereich, wie ist die Konkurrenz in Bezug auf die Rohstoffe? Bevorzugen Sie einfach die Straßenbauunternehmen, die die Körnungen zur Verschüttung verwenden, oder erhält derjenige den Zuschlag, der am meisten zahlt?

Speaker 2: Ja, in der Regel läuft es so. Wenn sie ihre eigenen Quellen haben und ihre eigenen Absatzkanäle, werden sie nur dann ein anderes Modell in Betracht ziehen, wenn sie damit mehr Geld verdienen können. Das ist meiner Meinung nach der natürliche Weg. Aber es gibt definitiv Interesse bei Abriss- und Recyclingunternehmen, neue Wege zu gehen, und sie erkennen durchaus, dass dies das zukünftige Modell sein wird.

Speaker 1: Das könnte wahrscheinlich auch mit staatlicher Förderung erheblich verstärkt werden.

Speaker 2: Das Thema Recycling ist das eine, aber das andere große Thema ist der CO₂-Fußabdruck. Wenn man sich zum Beispiel in europäischen Ländern umschaute, gibt es Systeme wie in den Niederlanden, die finanzielle Anreize bieten, wenn man Produkte verwendet, die einen geringen CO₂-Fußabdruck haben. Ich könnte mir vorstellen, dass so etwas auch für Recycling in Betracht gezogen wird, aber in Deutschland ist es noch nicht eingeführt.

Speaker 1: Was ist Ihre Prognose, wann so etwas in Deutschland eingeführt werden könnte? In welchem Zeitraum?

Speaker 2: Ja, wir haben gesehen, dass manchmal Dinge schneller gehen können als erwartet. Normalerweise dauert so etwas Jahre, aber ich habe die Hoffnung und Vorstellung, dass es innerhalb der nächsten fünf Jahre zumindest ernsthaft diskutiert wird.

Speaker 1: Das wäre auf jeden Fall wünschenswert. Wie ist die allgemeine Akzeptanz von Recyclingbeton in Deutschland? Gibt es Schwierigkeiten, Kunden dafür zu finden, oder besteht bereits eine hohe Nachfrage nach Beton, sodass dies kein Problem darstellt?

Speaker 2: Ich denke, die Akzeptanz ist gut, weil wir hier ein genormtes Produkt haben. Niemand muss Angst haben, dass etwas schiefgeht. Und wenn jemand Wert darauf legt, dann ist die Akzeptanz natürlich groß. Es gibt Bauherren, die freiwillig darauf bestehen, Recyclingmaterialien einzusetzen. Aber meiner Meinung nach gibt es kein grundlegendes Problem, das dem Baustoff anhaftet. Natürlich muss man wie bei allen

Qualitäten liefern. Bei Recyclingmaterialien kann man Fehler machen, aber wenn die Qualität stimmt, sehe ich kein Problem.

Speaker 1: Das ist schon mal gut. Wer sind Ihrer Meinung nach die größten Konkurrenten in Deutschland im Bereich Recyclingbeton?

Speaker 2: Es fällt mir schwer, spezifische Firmen zu nennen. Jeder größere Betonhersteller hat das Thema auf dem Schirm. Ich denke, das Thema ist bei allen bereits so präsent, dass es viele Konkurrenten gibt. Dennoch befindet sich der Markt noch im Aufbau.

Speaker 1: Wie lange glauben Sie, dauert es noch, bis eine tatsächliche Kreislaufwirtschaft im Hochbau etabliert ist?

Speaker 2: Ich denke, eine 100%ige Kreislaufwirtschaft wird nie funktionieren, da wir einfach nicht genügend Material haben. Wir sind nach wie vor auf natürliche Ressourcen angewiesen. Aber ich gehe davon aus, dass der Anteil des Recyclings im Hochbau jedes Jahr steigt.

Speaker 1: Ja, das waren eigentlich meine Fragen.

Speaker 2: Darf ich fragen, für wen diese Informationen bestimmt sind?

Speaker 1: Für die TU München, Studiengang Umweltingenieurwesen.

Speaker 2: Ich habe meinen vollen Namen noch nicht genannt, Eberhard Liebig ist mein Name. Ich bin Leiter des Produktmanagements für Zement. Ich bin zwar nicht direkt im Geschehen des Recyclingbetons, aber ich weiß natürlich, was wir in diesem Bereich tun. Auch im Zementbereich werden wir in Zukunft Recyclingmaterialien als Bindemittel einsetzen, was ebenfalls neu ist. Es gibt bereits einen Normenentwurf für Zement, der dies vorsieht, jedoch ist es in den Betonnormen noch nicht enthalten. Wir müssen mit bauaufsichtlichen Zulassungen arbeiten und es wird auch noch einige Zeit dauern. Aber wir versuchen, die Recyclingquote in allen Bereichen, sei es Bindemittel, Gesteinskörnung oder Beton, deutlich zu erhöhen.

[42] Experteninterview mit Herrn Wendler, Stahlwerk Thüringen am 20.04.2023.

Speaker 1: Genau, vielleicht können Sie sich kurz vorstellen, was Sie machen und wo Sie arbeiten?

Speaker 2: Ich arbeite im Stahlwerk Thüringen und bin dort der kaufmännische Direktor.

Speaker 1: Und wie lautet Ihr Name noch?

Speaker 2: Rolf Wendler.

Speaker 1: Wie läuft es ab, also wo beziehen Sie den Stahl? Was ist der Kreislauf, wenn ein Gebäude abgerissen wird, was passiert mit dem Stahl?

Speaker 2: Der wird zum Schrotthändler gebracht, der bereitet ihn sortenrein auf, dann kaufen wir ihn. Danach geht er durch unser Stahlwerk und anschließend zum Kunden, wo er verbaut wird. Irgendwann gelangt der Stahl dann wieder zum Schrottplatz.

Speaker 1: Also das hat ein Kollege vorhin schon erwähnt, dass es glaube ich 6000 Schrotthändler in Deutschland gibt.

Speaker 2: Wenn man die kleinen mitrechnet, ja. Aber das konzentriert sich auf 5-6 große Unternehmen. Diese machen über 80 % aller Geschäfte aus.

Speaker 1: Wissen Sie die Namen von denen?

Speaker 2: Zum Beispiel Sonnenberg oder die Scholz Gruppe. Die wechseln ihre Namen immer mal wieder.

Speaker 1: Und wo beziehen Sie Ihren Stahl?

Speaker 2: Wir beziehen unseren Stahl aus Schrott, der sich im Umkreis von 300 km um das Werk bei Schrotthändlern befindet.

Speaker 1: Ist es der Standard, dass deutscher Schrott bezogen wird?

Speaker 2: Bei uns ist es Standard, aber die Werke, die in Hafennähe liegen, holen ihren Schrott auch von weiter her. Da wir uns jedoch in Thüringen mitten im Land befinden, können wir den Schrott in unserer Umgebung nutzen.

Anhang

Speaker 1: Wie würden Sie sagen, ist genügend Schrott verfügbar, um Stahl zu produzieren?

Speaker 2: In den letzten 30 Jahren hatten wir immer Schrott zur Verfügung, aber das kann man nicht garantieren. Es gibt Zeiten, in denen Schrott sehr teuer ist, und manchmal weniger. Es regelt sich meist über den Preis. Schrott ist mittlerweile ein internationales Gut, das international gehandelt wird. Alles hängt vom Angebot und der Nachfrage ab.

Speaker 1: Wäre genug Schrott verfügbar, um den deutschen Bedarf zu decken, oder muss viel importiert werden?

Speaker 2: Im Moment denke ich nicht. Im Moment nutzen nur die Elektrostahlwerke fast zu 100 % Schrott. Die integrierten Werke, die auf Erzbasis arbeiten, können nur einen bestimmten Teil Schrott verwenden, etwa 20 % plus/minus. Um diejenigen zu versorgen, die Technologiebedingt keinen Schrott verwenden können, reicht das im Moment nicht aus. Aber sie werden dann direkt reduziertes Eisen oder Ähnliches einsetzen und weitere Effekte erzielen, um klimaneutral zu werden.

Speaker 1: Also der Stoffkreislauf im Hochbau ist derzeit nicht geschlossen, oder?

Speaker 2: Nein, es wird immer noch Stahl aus Eisenerz in die integrierten Werke gebracht, und das wird noch länger so bleiben. Das ist keine Angelegenheit von ein paar Jahren.

Speaker 1: Wissen Sie ungefähr, welchen Anteil das ausmacht, der noch hinzukommt?

Speaker 2: Ja, das sind eine andere Gruppe von Werken. Wir sind ein Elektrostahlwerk. Vielleicht sollten Sie bei Salzgitter nachfragen, die können Ihnen vielleicht sagen, wie hoch ihr Anteil ist. Aber wenn man Deutschland betrachtet, sind von 40 Millionen Tonnen Stahl über 20 Millionen Tonnen aus integrierten Werken. Wenn man davon ausgeht, dass sie vielleicht 20 % Schrott verwenden, ergibt das eine grobe Schätzung von etwa 16-18 Millionen Tonnen, die nicht gedeckt sind.

Speaker 1: Also gibt es in der Beschaffung von Schrott für die Stahlproduktion keine großen Probleme, oder?

Speaker 2: Es gibt schon ab und zu Probleme, aber es ist eine Frage des Preises. Es wird international gehandelt, es gibt Spekulationen und alles, was man sich vorstellen kann. Entweder man kauft viel oder man steht halt mit den Werken. Bisher konnten wir immer Schrott kaufen in den letzten 30 Jahren.

Speaker 1: Sehr erfreulich. Und wie ist die Nachfrage nach dem Stahl, den Sie produzieren?

Speaker 2: Die Nachfrage ist ganz gut. Wir produzieren durchgehend, auch an Feiertagen. Als Werk haben wir keine Nachfrangelücke, wir hatten auch in den letzten Jahren keine Kurzarbeit. Aber bei anderen Werken sieht es anders aus. Die Kollegen, die Bleche produzieren, hatten sehr viele Monate Kurzarbeit. Das hängt mit der Automobilindustrie zusammen, die im Moment ihre Technologie umstellt, und mit anderen Faktoren.

Speaker 1: Okay, perfekt. Das wäre es eigentlich.

[43] Experteninterview mit Herrn Gander, Leipfinger Bader am 19.06.2023.

Speaker 2: Ja, nee, nee, ich hab's auch nicht gefunden, aber egal, dann fangen wir an. Also, ich verstehe es auch nicht. Ich habe irgendwie auch zwei Teams-Apps auf dem Handy, also naja, auf dem Gerät. Irgendwie weißt du auch nicht, was da los ist. Ganz komisch, aber ist ja egal. Vielleicht könnten Sie sich erstmal vorstellen, woher Sie kommen und was Sie so im Unternehmen machen?

Speaker 1: Na gut, der erste Ansatz ist, dass ich Leiter des bundesweiten Vertriebs bei Leipfinger Bader bin. Leipfinger Bader ist ein Familienunternehmen, bereits in der fünften oder fast schon sechsten Generation tätig und produziert seit geraumer Zeit Ziegel.

Speaker 2: Okay.

Speaker 1: Im Rahmen dessen hat sich in den letzten Jahren, eigentlich fast über Jahrzehnte hinweg, die Bauweise in Deutschland verändert, insbesondere im Hinblick auf das Energiethema. Schon seit den 80er Jahren beschäftigen wir uns mit energieeinsparenden Vorschriften und Richtlinien. Das war genau die Herausforderung und unser Antrieb, denn wir haben uns immer damit beschäftigt, wie wir den Ziegel verbessern können, um eine bessere Wärmedämmung zu erreichen. Eine große Revolution war es, dass früher mit Mörtel gemauert wurde, was nicht optimal war.

Speaker 2: Ok.

Speaker 1: Das ist weggefallen! Also, das war eine große Revolution, sozusagen in den 90er Jahren. Seit etwa 20-25 Jahren setzen wir vermehrt auf Füllstoffe wie Steinwolle oder unser Premiumprodukt, Holzwolle, um den gestiegenen Anforderungen gerecht zu werden. Die Gebäudeenergieeffizienz wurde immer anspruchsvoller, und wir haben weitere Produkte in unser Portfolio aufgenommen, um Wärmebrücken zu vermeiden. Die bloße Wand an sich ist gut isoliert, aber es gibt immer sogenannte Wärmebrücken, zum Beispiel bei Rolladenkästen. Seit ungefähr drei bis vier Jahren haben wir diese Produkte im Sortiment, um wärmebrückenfrei zu bauen. Das ist mir auch wichtig, wie das entstanden ist, um den Anforderungen gerecht zu werden. Irgendwann wurde festgestellt, dass es bei Energieausweisen oder Förderungen für Niedrigenergie- oder Passivhäuser immer die Berechnung der Lüftungsverluste gibt. Wenn man ein Fenster öffnet, gelangt frische Luft herein, aber dabei geht auch warme Luft verloren. Und diese muss dann wieder aufwändig erwärmt werden. Deshalb bieten wir in unserem Sortiment eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung an, um Energie zu sparen.

Speaker 2: Ja, okay. Auf Ihrer Website habe ich gesehen, dass Sie einen Ziegel haben, der mit Altholz oder generell mit Holz gefüllt ist. Wird dafür Altholz oder frisches Holz verwendet?

Speaker 1: Das Holz wird fein zerkleinert, bis hinunter zu den kleinsten Bestandteilen, und dann wird es durch eine Turbine geblasen, und dann entsteht der...

Speaker 2: Ah, okay, also kommt das Holz sozusagen von der Produktion von Abfallstoffen, wahrscheinlich von Spanplatten oder etwas Ähnlichem in diese Richtung?

Speaker 1: Ja.

Speaker 2: Von der Holzwerkstoff- oder Spanplattenproduktion wahrscheinlich oder...

Speaker 1: Sowohl als auch.

Speaker 2: Okay.

Speaker 1: Also, es wird auch oft Konstruktionsholz verwendet. Das ist sozusagen die Linie.

Speaker 2: Das verstehe ich. Und wird das dann wieder verwendet, um daraus den Ziegel herzustellen? Und aus welchen Materialien besteht der Ziegel?

Speaker 1: Der Ziegel wird ganz klassisch hergestellt, so wie es seit Tausenden von Jahren gemacht wird. Seit 2000 Jahren begannen die Römer damit, den Ziegel zu brennen, also...

Speaker 2: Ja.

Speaker 1: Der Ton oder Lehm wird aus der Erde genommen und dann...

Speaker 1: Also, das hat sich seit Jahrhunderten oder sogar Jahrtausenden kaum verändert. Die Art und Weise, wie Ziegel hergestellt werden, hat sich stark verändert. Früher gab es sogenannte Feldbrennöfen, fast jede Bauernhof hatte einen eigenen Brennofen oder hat ihn selbst aus der Erde genommen und darin gebrannt. Manchmal gab es nur einen, aber die meisten sind verschwunden. Heutzutage werden die Ziegel

innerhalb von 24 Stunden getrocknet und dann gebrannt. Mittlerweile verwenden wir als Zusatzstoffe für die Ziegel auch andere Materialien, um sie leichter zu machen.

Speaker 2: Verstehe.

Speaker 1: Ohne diese Zusatzstoffe wären sie zu schwer. Wir versuchen immer, die Ziegel leichter zu machen, daher werden auch Spannstoffe verwendet.

Speaker 1: Holen zugemischt und dann beim Brennen vergangen, bei etwa 800-850 Grad Celsius, manchmal auch bei 700 Grad Celsius, je nachdem. Sie fangen dann an zu brennen, und man kann es sich wie ein Lagerfeuer vorstellen.

Speaker 2: Ja, ja, gut. Aber Sie haben auch noch Recyclingziegel, oder?

Speaker 1: Genau, ein bisschen so, dass in der Produktion, wie ich schon erwähnt habe, die Ziegel vorher geschliffen werden. Die Ziegel kommen aus dem Ofen und haben eine gewisse Überhöhe, diese Überhöhe wird abgeschliffen, um eine glatte Oberfläche zu erhalten. Von beiden Seiten werden die Ziegel plan geschliffen, sodass keine Unebenheiten mehr vorhanden sind.

Speaker 2: Ja.

Speaker 1: Das heißt, der erste Ziegel muss total gerade sein, und dann können wir zwei Ziegel sogar miteinander mauern, weil sie gerade sind. Aber beim Schleifen des Ziegels entsteht ein gewisser Schleifstaub, ein bis zwei Millimeter, je nachdem wie es läuft.

Speaker 1: Dieser Schleifstaub wird dann zusammen mit anderen Zuschlagstoffen verwendet. Also der Schleifstaub ist einer davon.

Speaker 1: Und das zweite ist bei uns in der Produktion. Wir stellen auch rote Klinkersteine aus Ziegel her, also so etwas Ähnliches. Und da passt das Format meistens nicht hundertprozentig, weil jedes Bauwerk mehr oder weniger individuell ist. Die meisten zumindest. Dann müssen wir etwas wegschneiden, und diese Ziegel, auch Fälle genannt, die dann übrig bleiben, werden sozusagen recycelt. Sie werden zerkleinert und zu einem granularen Material verarbeitet.

Speaker 2: Okay.

Speaker 1: Der sogenannte Recyclingsand, weil er nicht mehr gebrannt werden muss. Für uns ist das ideal, denn dieser Ziegelstaub, der dabei entsteht, kann teilweise in der Produktion wiederverwendet werden. Allerdings ist er zu fein, also zu staubig. Er wird jetzt in bestimmten Ziegeln verwendet, die dafür ideal sind. Diese Ziegel haben eine hervorragende Schallschutzeigenschaft und aufgrund ihres Gewichts eine hohe statische Belastbarkeit.

Speaker 2: Okay, aber wie viel der Ziegel entsteht dann ungefähr? Also welcher Prozentsatz ist es wahrscheinlich? Da es sich auf den Staub bezieht, ist es ja nur ein Teil.

Speaker 1: Es ist schwierig, eine genaue Prozentsatzangabe zu machen, aber ich würde sagen, es ist ein kleiner Anteil. Es wird versucht, so viel wie möglich zu recyceln, aber es hängt von verschiedenen Faktoren ab, wie zum Beispiel dem Schleifprozess und den individuellen Anforderungen an die Ziegel.

Speaker 1: Ja.

Speaker 2: Ja, okay, und was passiert also mit Ihren Ziegeln am Ende ihrer Lebensdauer? Haben Sie dafür bestimmte Verfahren oder Abläufe? Mhm? Ja.

Speaker 1: Also, wir haben damit angefangen, im April, glaube ich, eine Serienproduktion zu starten. Es ist noch am Anfang, aber es wird immer eine gewisse Verwendung haben. Aufgrund seines Gewichts eignet es sich hervorragend für Schallschutz und ähnliche Anwendungen.

Speaker 2: Okay.

Speaker 1: Aber wie ich zuvor erwähnt habe, wenn wir beispielsweise mit Holzwolle gefüllte Ziegel verwenden, haben wir auf jeder Baustelle Abfälle. Immer, und in diesen Big Bags können die Maurer dann die Abfälle sammeln, die beim Schneiden von Fenstern, Türen oder bei der Elektroinstallation anfallen.

Speaker 2: Ja.

Speaker 1: Diese Abfälle werden von uns mit den Folien und dem Paletten-System zurückgenommen. In unserem dritten Werk, das sich in Hausen befindet, in der Nähe von Freising, haben wir eine Recyclinganlage, in der sie gesammelt werden.

Speaker 2: Ja.

Speaker 1: Dann werden sie dort weiterverarbeitet. Die Wolle wird herausgeblasen, gesammelt und wieder neu verwendet. Aus diesem Recyclingmaterial stellen wir dann Ziegelsplitt her, mit einer Korngröße von null bis 16 Millimeter. Und aus diesem Ziegelsplitt können wir den Ziegelabfall wiederverwenden.

Speaker 2: Ja.

Speaker 1: Das ist dann sozusagen eine grüne Lösung und trägt zur Nachhaltigkeit bei, indem man den Ziegelsplitt unter die Erde mischt.

Speaker 1: Das Geniale dabei ist, dass dieser Ziegelsplitt ideal Feuchtigkeit speichern kann.

Speaker 1: Wir können nicht so viel davon produzieren, wie wir eigentlich könnten und wie der Bedarf ist. Es ist also nicht knapp bemessen, sondern eher ein Teil davon wird wiederverwendet.

Speaker 1: Ein Teil davon wird unter die Erde gemischt, wo er gebraucht wird, und der andere Teil wird zu Ziegelsplitt verarbeitet. Also wir haben sozusagen keinen Verlust. Selbst in der Produktion haben wir einen Prozess, bei dem die ersten Steine ausgesondert werden und dann über den Rücklauf wieder aufbereitet werden, sodass nichts verloren geht. Die Holzwolle wird aus den Ziegeln genommen und ebenfalls wiederverwendet.

Speaker 2: Ja, das ist krass, dass es einerseits für die Baustelle angenehm ist, wenn der Müll direkt entsorgt oder wiederverwertet wird. Und es ist erstaunlich, dass es einen so hohen Bedarf an Ziegelsplitt gibt.

Speaker 1: Genau, und einerseits ist es weg, und andererseits wird es hier auch wieder gebraucht.

Speaker 2: Ja.

Speaker 1: Muss es ja hier auch.

Speaker 2: Ja, es ist wahnsinnig teuer geworden.

Speaker 1: Ja, und es ist eigentlich sehr, sehr schade, weil dieser Ziegelabfall kein klassischer Bauschutt ist, der auf einer Deponie entsorgt werden muss, aber es hat sein Gewicht und das ist eben teuer. Theoretisch könnten diese Ziegelabfälle genauso gut im Garten verwendet werden, oder?

Speaker 2: Ja.

Speaker 1: Früher wurden sie für den Wegebau verwendet und auch zum Dekorieren, definitiv sehenswert.

Speaker 2: Ja, auf jeden Fall.

Speaker 1: Aber es ist auch immer teuer!

Speaker 2: Ja, das ist auch der generelle Prozess, dass, wenn irgendwo Mauerwerk abgebrochen wird, es zu Ziegelsplitt verarbeitet wird. Oder ist das so?

Speaker 1: Theoretisch ja, theoretisch ja, das wird schon gemacht. Allerdings liegt der Teufel im Detail. Das Problem ist, wenn man ein bestehendes Gebäude hat und es innen verputzt ist.

Speaker 2: Und dann wird es schwierig.

Speaker 1: Vor allem der Gipsputz ist das Problem, der leider in vielen Fällen in Deutschland zur Zeit vorgeschrieben ist.

Speaker 2: Nein.

Speaker 1: Noch zu verarbeiten.

Speaker 2: Ja.

Speaker 1: Aber einer der vielen Vorteile von Gips ist, dass wenn er deponiert wird, die Sulfate ausgeschwemmt werden können und ins Grundwasser gelangen. Das führt zu Schäden und keiner will das, deshalb muss es entsorgt werden. Es ist mehr oder weniger unmöglich, damit etwas anzufangen. Wenn jedoch beispielsweise mit Kalk verputzt wurde, was übrigens auch in unserem Sortiment enthalten ist, dann kann man es problemlos verwenden oder auch in Fällen, wo es geht, da können wir wunderbar trennen und, äh, ähnlich wie wir es vorher erwähnt haben, wiederverwenden.

Anhang

Speaker 2: Ja, das heißt, nehmt ihr dann zum Beispiel für die Ziegelsplitt-Produktion auch Ziegel von anderen Herstellern an oder nur eure eigenen?

Speaker 1: Wir nehmen theoretisch auch Ziegel von anderen Herstellern an, aber es hängt von verschiedenen Faktoren ab. Die Qualität und Zusammensetzung der Ziegel müssen unseren Anforderungen entsprechen. Es ist also nicht immer möglich, Ziegel von externen Herstellern zu verwenden, aber wenn sie passen, können wir sie in den Prozess integrieren.

Speaker 1: Also, wir haben unsere eigenen Blickte. Auf der Baustelle gibt es natürlich auch andere. Theoretisch könnten wir schon mal Ziegel von anderen Herstellern annehmen. Die Erfahrung zeigt jedoch leider, dass sie oft verunreinigt sind.

Speaker 1: Also, das ist, sage ich mal, keine Ahnung. Ich meine, es gibt Spezialisten, die werfen alles rein, von Zigarettensummeln über Konservendosen bis hin zu Bierflaschen und so weiter. Bei unseren eigenen Ziegeln haben wir den Überblick, weil wir die Nummern sehen und mit dem Lieferschein wissen wir genau, woher das Ding kommt.

Speaker 1: Es ist ärgerlich, wenn Kunden Fremdstoffe hineinwerfen, denn dann müssten wir aufwendig trennen, was unökonomisch ist und auch schon vorgekommen ist. Also insofern machen das die meisten nicht, bei denen schicken wir dann eine Rechnung für die Entsorgung.

Speaker 1: Hier können wir den Mix irgendwo gut gebrauchen, was beim Trennen herauskommt und was absolut benötigt wird. Also theoretisch ja, aber bis jetzt haben wir es nicht gemacht.

Speaker 2: Ja, kann ich mir nicht vorstellen. Ja, ist es eigentlich? Also wie viele andere Unternehmen gibt es zum Beispiel in Bayern noch, die ein ähnliches Vorgehen wie ihr haben, oder ist es bis jetzt eher einzigartig, dass so etwas gemacht wird? Okay?

Speaker 1: Nicht viele.

Speaker 2: Hm!

Speaker 1: Definitiv, das weiß ich. Ich kenne unsere Strukturen sehr gut, unsere...

Speaker 2: Also so, wie wir es machen, also entweder in den Ziegelsplitt oder in das, was daraus gemacht wird, nimmt das sonst keiner zurück?

Speaker 1: Genau, um das Problem auf der Baustelle zu lösen, vom Unternehmen aus. Aber wir wissen eben, dass unsere Wettbewerber das Ganze dann eben auf Deponien entsorgen.

Speaker 2: Okay.

Speaker 1: Kosten.

Speaker 2: Und ist es also branchenüblicher Standard, dass entweder Steinwolle oder Holzwolle als Ziegelverfüllung verwendet wird, oder gibt es noch andere Optionen?

Speaker 1: Es gibt keine andere Option, die als Ziegelverfüllung geeignet ist. Manche verwenden beispielsweise Stroh, andere verwenden Perlit, das ist ein Gesteinsmaterial, andere wiederum verwenden nichts. Sie machen den Ziegel so leicht, dass er federleicht ist.

Speaker 2: Hm.

Speaker 1: Aber das ist dann vom Schallschutz her nicht gut. Für das Einfamilienhaus reicht es vielleicht für einen Geschossbau nicht, da braucht man die Verfüllung. Wir glauben tatsächlich, dass die beste Variante mit Holzwolle ist, weil sie den besten Schallschutz bietet.

Speaker 2: Ja.

Speaker 1: Es muss wirklich aufwendig erhitzt werden, um den Brandschutz zu gewährleisten. Ja, gut, wo es eben!

Speaker 1: Und es gibt natürlich Vor- und Nachteile. Die Politik, die unsere Wettbewerber verfolgen, ist vom Ansatz her nicht schlecht. Ihre Politik zielt auf die graue Energie ab, und das Ganze wird in Kriegen geschmissen und kurzfristig auf überaus Grad erhitzt. Dann entstehen diese Gesteinsbrocken, und dann kommt diese.

Speaker 2: Ah, okay, das klingt alles...

Speaker 1: ...auf die Baustelle. Und der Slogan, und der stimmt auch bei uns, ist "Mehr Ziegel in der Wand als wir im Holzhaus". Holzhäuser bestehen meistens nur aus Holz,

Anhang

und in der Mitte ist Klaus Wolle und mit voller Zugetan. Also für uns ist das tatsächlich ein Kopierer.

Speaker 2: Ja.

Speaker 1: Woher auch?

Speaker 2: Und ich nehme an...

Speaker 1: Ähm, wir sitzen ja hier in einem Gebäude, das schon über 150 Jahre alt ist.

Speaker 2: Ja.

Speaker 1: Und das waren sicherlich keine Ziegel von heute, aber wir haben es jetzt nicht gerade kalt. Leider ist das Gebäude nicht besonders gut gedämmt, und selbst an einem heißen Sommertag wie am Wochenende, wenn man sonst noch ins Büro gekommen ist, ist es auch heiß.

Speaker 2: Ja.

Speaker 1: Und dann könnte natürlich Schimmel entstehen, wo es der Riesenvorteil von Ziegeln ist, dass sie schimmelresistent sind.

Speaker 2: Hm!

Speaker 1: Das ist einfach von Natur aus gegeben.

Speaker 2: Ja, das ist auf jeden Fall sehr vorteilhaft. Aber sind die Ziegel preislich eher teurer als der branchenübliche Standard, oder nehmen sich die Preise nicht viel, würden Sie sagen?

Speaker 1: Die Ziegel sind etwas teurer, aber es ist kein großer Unterschied. Es ist eigentlich optimal, weil die Nachfrage nach unseren Ziegeln wahrscheinlich auch relativ groß ist.

Speaker 2: Das würde ich vermuten.

Speaker 1: Die Nachfrage ist schon sehr, sehr groß, aber natürlich hängt es vom allgemeinen Bauwesen ab. Aktuell ist es ja wirklich so...

Speaker 2: Ja.

Speaker 1: ...dass im Wohnungsbau momentan viel passiert. Also der Wohnungsbau boomt genauso.

Speaker 2: Ja.

Speaker 1: Da haben Sie Recht. Da wird meistens schon beim Bau nach dem Motto "Man baut einmal" dieses Spitzenprodukt verwendet. Für den Wohnungsbau ist es genau das Gleiche. Weil es hier so ist, dass die Bauträger dies als Argument für ihre Wohnungen nutzen, dass hier mit Ziegeln gebaut wurde. Erstens hast du den Vorteil vom Schallschutz, der hier vorhanden ist, weil die Wände entsprechend dick sind, aber auch von der Optik hergesehen.

Speaker 2: Hm!

Speaker 1: Im Klima, du schwitzt im Sommer nicht so und so weiter.

Speaker 1: Das sind auch die Vorteile, die dabei entstehen.

Speaker 2: Ja, und man kann auch Nachhaltigkeit groß auf die Fahne schreiben, aber ich, hm!

Speaker 1: Wenn ein Bauträger kommt und sagt, er würde gerne bauen, dieses spezielle Objekt, dann bleibt es natürlich abzuwägen. Wenn die Eigenkapitalquote bei 90 Prozent liegt, dann wird die Bank sagen, na ja, aber wenn sie hier ein Risiko sieht, dass sie dieses Gebäude nicht vermarkten kann, müsste der...

Speaker 2: Dann wird es schwierig.

Speaker 1: Ja, dann legen die sehr großen Wert darauf, dass das Gebäude nachhaltige Kriterien erfüllt und energetisch auf dem neuesten Stand ist, um es später als Verkaufsargument nutzen zu können. Das ist absolut verständlich.

Speaker 2: Okay, aber bedeutet das, dass eure Kunden hauptsächlich Bauträger sind und nicht einfach Privatpersonen, die bauen wollen?

Speaker 1: Es ist beides.

Speaker 2: Okay.

Anhang

Speaker 1: Sowohl Privatpersonen, die selbst ein Haus bauen möchten, als auch Bau-träger. Aktuell ist es allerdings so, dass der Hausbau teuer ist. Die Zinsen spielen eine große Rolle und die Förderung, die letztes Jahr eingeführt wurde, wie beispielsweise die KfW-40-Förderung, mit bis zu 38.000 Euro Zuschuss.

Speaker 2: Ja.

Speaker 1: Das Bauen ist also in letzter Zeit teurer geworden.

Speaker 2: Ja, vor allem mit den aktuellen Zinsen ist es nochmal deutlich extremer als zuvor. Nun, was das Holz betrifft, von wo bezieht ihr es? Sind es alles regionale Anbie-ter?

Speaker 1: Genau, es gibt mehrere Hersteller von Holzwohle, die wir beliefern.

Speaker 2: Bedeutet das, dass es keine Probleme gab, dass ihr eure Ziegelproduktion aufgrund von Holzangel stoppen musetet? Gibt es da eigentlich keine Probleme?

Speaker 1: Bisher gab es keine Probleme mit der Holzversorgung für unsere Ziegelpro-duction. Wir beziehen das Holz von verschiedenen regionalen Anbietern und konnten unseren Bedarf problemlos decken. Natürlich legen wir Wert darauf, dass das Holz aus nachhaltiger Forstwirtschaft stammt und umweltfreundlich verarbeitet wird. Es ist wich-tig, dass wir eine zuverlässige und stabile Versorgung mit qualitativ hochwertigem Holz haben, um unsere Ziegel herzustellen. Bisher gab es keine Engpässe oder Schwierig-keiten in diesem Bereich.

Speaker 1: Von daher ist der Preis eigentlich nie das Hauptthema gewesen, ja, er ist teurer geworden, das stimmt. Letztes Jahr ist er gestiegen, aber mittlerweile hat er sich schon wieder normalisiert, also...

Speaker 2: Ja.

Speaker 1: Im Vergleich zum letzten Jahr sind die Schwankungen jetzt nicht mehr so extrem.

Speaker 2: Verstehe.

Speaker 1: Der Preis ist insgesamt teilweise um 50 Prozent gestiegen, aber jetzt liegt er sogar unter dem Niveau vor dem Preisanstieg. Es gibt keine Lieferprobleme, was auch unser Glück ist, da wir alle Losen kaufen.

Speaker 2: Verstehe.

Speaker 1: Ja.

Speaker 2: Das ist gut, also es bietet auch einen großen Vorteil, wenn es keine Probleme bei der Rohstoffbeschaffung gibt. Glauben Sie, dass es in Zukunft Probleme geben könnte, wenn die Technologie weiter skaliert wird, oder ist das noch nicht absehbar?

Speaker 1: Wir sind nicht so sehr von weltweiten Verflechtungen abhängig. Das ist das Gute daran. Es kommt nicht alles nur aus Deutschland, aber wir wissen, woher es kommt. Wir sind nicht abhängig von Schiffen, die irgendwoher kommen. Holz ist verfügbar, und es ist sogar günstiger, Holz von Europa nach Amerika zu schiffen, als es dort heimisch zu kaufen. Die Wege sind also nicht so lang. Es ist kein großes Thema für uns.

Speaker 2: Das klingt gut. Sie können also den Rohstoff selbst liefern, wenn es nötig wäre. Das ist beruhigend.

Speaker 1: Genau, wir sind in einer guten Situation. Wir können den Rohstoff selbst liefern, wenn es sein muss, aber das war bisher nicht notwendig.

Speaker 2: Verstehe. Ich glaube, das wären dann schon meine Fragen. Falls ich weitere Informationen benötige, schaue ich gerne auf Ihrer Webseite nach.

Speaker 1: Ja.

Speaker 2: Aber vielen Dank, dass Sie sich die Zeit genommen haben. Ich kann die Informationen auf jeden Fall gut nutzen. Ihnen auch vielen Dank und einen schönen Tag noch!

Speaker 1: Gern geschehen. Ihnen ebenfalls vielen Dank und einen schönen Tag!