

Studie

„Nachhaltige Baustoffwende“

Auftraggeber:
Holcim Deutschland GmbH
22529 Hamburg

Auftragnehmer:
Butterfly Effect Consulting GmbH
22354 Hamburg

In Kooperation mit:
Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH
42103 Wuppertal

Veröffentlichung: April 2025



Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----------|
| EXECUTIVE SUMMARY | 4 |
| EINLEITUNG..... | 6 |
| KAPITEL 1: RESSOURCENSCHONUNG IM DEUTSCHEN BAUSEKTOR: ROLLE, BEDEUTUNG UND PERSPEKTIVEN | 7 |
| 1.1. STATUS QUO DER BAUINDUSTRIE: RESSOURCENBEDARF UND ÖKOLOGISCHE AUSWIRKUNGEN | 7 |
| 1.2. POLITISCHE UND RECHTLICHE RAHMENBEDINGUNGEN | 8 |
| 1.3. ZUSÄTZLICHE HERAUSFORDERUNGEN: TECHNIK, ÖKONOMIE UND KULTUR..... | 11 |
| 1.3.1. <i>Technologische Herausforderungen</i> | 11 |
| 1.3.2. <i>Ökonomische Herausforderungen</i> | 11 |
| 1.3.3. <i>Kulturelle Herausforderungen</i> | 12 |
| KAPITEL 2: DIE KREISLAUFWIRTSCHAFT ALS ZENTRALER HEBEL EINER RESSOURCENSCHONENDEN STRATEGIE DER BAUWIRTSCHAFT | 14 |
| 2.1. ZIRKULÄRES BAUEN UND URBAN MINING | 16 |
| 2.2. DIGITALISIERUNG UND BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)..... | 18 |
| 2.3. BIOBASIERTE BAUSTOFFE UND NACHHALTIGE MATERIALINNOVATIONEN | 18 |
| 2.4. NACHHALTIGE ZERTIFIZIERUNGSSYSTEME UND LEBENSZYKLUSBEWERTUNGEN..... | 18 |
| 2.5. WIRTSCHAFTLICHE CHANCEN DER BAUSTOFFWENDE | 19 |
| KAPITEL 3: DIE RELEVANZ DER ÖFFENTLICHEN VERGABE ZUR SYSTEMISCHEN TRANSFORMATION DES SEKTORS | 21 |
| 3.1. NACHFRAGE IM TIEFBAU..... | 21 |
| 3.1.1. <i>Straßen- und Wegebau, Ingenieurbauwerke</i> | 23 |
| 3.1.2. <i>Schieneninfrastruktur</i> | 25 |
| 3.1.3. <i>Wasser- und Luftverkehrsinfrastruktur</i> | 25 |
| 3.1.4. <i>Leitungsnetze: Strom, Gas und Wärme</i> | 25 |
| 3.1.5. <i>Wasserversorgung und Abwasser</i> | 26 |
| 3.1.6. <i>Zusammenfassung Tiefbau</i> | 26 |
| 3.2. NACHFRAGE IM HOCHBAU..... | 27 |
| 3.2.1. <i>Wohngebäude</i> | 28 |
| 3.2.2. <i>Nichtwohngebäude</i> | 28 |
| 3.2.3. <i>Zusammenfassung der Nachfrage im Hochbau</i> | 31 |
| 3.3. ZUSAMMENFASSUNG DER NACHFRAGEMENGEN | 31 |
| KAPITEL 4: OPTIMIERTER BETON- UND ZEMENTEINSATZ ALS KERNFAKTOR EINER NACHHALTIGEN BAUSTOFFWENDE | 33 |
| 4.1. DIE VERÄNDERUNG DES ZEMENT-PORTFOLIO | 33 |
| 4.3. RESSOURCENEFFIZIENTES BAUEN UND NEUE BETONE..... | 35 |

| | |
|---|-----------|
| 4.4. RECYCLING VON BETON | 36 |
| 4.5. AUFKOMMEN VON ALTBETON UND RECYCLINGWEGE | 37 |
| KAPITEL 5: HANDLUNGSFELDER UND EMPFEHLUNGEN ZUR ETABLIERUNG EINER NACHHALTIGEN BAUSTOFFWENDE | 41 |
| 5.1. HANDLUNGSFELD 1: VERBINDLICHE REZYKLATQUOTEN UND MATERIALVORGABEN | 41 |
| 5.2. HANDLUNGSFELD 2: LEBENSZYKLUSBASIERTE ÖKOBILANZIERUNG IM BAUWESEN | 41 |
| 5.3. HANDLUNGSFELD 3: NUTZUNG DES VERGABERECHTS ALS TRANSFORMATIONSHEBEL | 42 |
| 5.4. HANDLUNGSFELD 4: FINANZIELLE ANREIZE UND INVESTITIONSPROGRAMME | 42 |
| 5.5. HANDLUNGSFELD 5: ETABLIERUNG VON DIGITALER INFRASTRUKTUR UND TRANSPARENZ | 42 |
| 5.6. HANDLUNGSFELD 6: STÄRKUNG VON WISSEN, QUALIFIKATION UND KULTURWANDEL | 43 |
| 5.7. HANDLUNGSFELD 7: ENTWICKLUNG UND UMSETZUNG EINER URBAN MINING STRATEGIE | 43 |
| 5.8. HANDLUNGSFELD 8: KLARE DEFINITION VON ABFALLEND-EIGENSCHAFTEN | 43 |
| FAZIT | 44 |
| LITERATURVERZEICHNIS | 45 |
| ABBILDUNGSVERZEICHNIS | 48 |
| TABELLENVERZEICHNIS | 48 |
| IMPRESSUM | 49 |

Executive Summary

Die Transformation des Bauwesens hin zu einer klima- und ressourcenschonenden Branche ist eine strategische Notwendigkeit, um die Ziele des Pariser Klimaabkommens, des EU-Green Deal, der Nationalen Kreislaufwirtschaftsstrategie (NKWS) sowie des Klimaschutzgesetzes zu erreichen.

Mit einem Anteil von rund 40 % am Rohstoffverbrauch und erheblichen CO₂-Emissionen ist der Bausektor einer der zentralen Hebel für eine erfolgreiche Transformation. Die öffentliche Hand spielt dabei eine Schlüsselrolle: Sie vergibt jährlich Bauaufträge im Umfang von über 500 Milliarden Euro – eine marktprägende Kraft, die zur Umsetzung von Nachhaltigkeitsstandards und zur Etablierung zirkulärer Baupraktiken genutzt werden muss.

Eine nachhaltige Baustoffwende – verstanden als Zusammenspiel aus zirkulären Bauweisen, digitaler Planungsintelligenz und innovativen Materialien – bietet nicht nur ökologische Vorteile, sondern auch wirtschaftliches Potenzial: Sie erhöht die Rohstoffsouveränität, reduziert Kosten über den Lebenszyklus, stärkt regionale Wertschöpfung und schafft neue Märkte entlang der Wertschöpfungskette.

Die vorliegende Studie, erstellt im Auftrag der Holcim Deutschland GmbH in Zusammenarbeit mit Butterfly Effect Consulting und dem Wuppertal Institut, zeigt: Die Baustoffwende ist technisch möglich, wirtschaftlich sinnvoll und politisch steuerbar. Voraussetzung ist ein koordiniertes Handeln auf allen Ebenen.

Dazu identifiziert die Studie acht zentrale Handlungsfelder:

1. **Verbindliche Rezyklatquoten und Materialvorgaben:** Etablierung klarer Mindestanteile für Sekundärrohstoffe in Bauprojekten, insbesondere im öffentlichen Bereich.
2. **Lebenszyklusbasierte Ökobilanzierung im Bauwesen:** Einführung verbindlicher Lebenszyklusanalysen bei Planung, Ausschreibung und Genehmigung von Bauvorhaben.
3. **Nutzung des Vergaberechts als Transformationshebel:** Integration von Nachhaltigkeitskriterien in öffentliche Ausschreibungen – nicht nur als Option, sondern als Standard.
4. **Finanzielle Anreize und Investitionsprogramme:** Schaffung ökonomischer Rahmenbedingungen, die Investitionen in zirkuläre Produktionsprozesse, Baustoffe und Bauweisen fördern.
5. **Digitale Infrastruktur und Transparenz:** Aufbau von Materialpässen, Gebäudekatastern und Urban Mining-Datenbanken zur besseren Planbarkeit und Steuerung des zirkulären Bauens.
6. **Wissen, Qualifikation und Kulturwandel:** Förderung von Fachstudium, Weiterbildungsangeboten, Normenverständnis und Planungsinstrumenten für alle Akteursgruppen.
7. **Strategie für Urban Mining:** Systematische Erfassung, Bewertung und Aktivierung anthropogener Lager als Ressource der Zukunft.

8. **Klare Definition von Abfallende-Eigenschaften:** Rechtssicherheit für Sekundärmaterialien durch bundeseinheitliche Regelungen und vereinfachte Zulassungsverfahren für zirkuläre Produkte bzw. Recyclingprodukte.

Die Studie versteht sich als Impulsgeber für politische Entscheidungsträger:innen, öffentliche Beschaffungsstellen und die Bauwirtschaft. Sie fordert eine zügige, koordinierte Umsetzung konkreter Maßnahmen – regulatorisch, technologisch und institutional. Nur so kann die Baustoffwende als Schlüsselinstrument der deutschen Nachhaltigkeitspolitik wirksam gestaltet werden.

Einleitung

Die vorliegende Studie „Nachhaltige Baustoffwende“ wurde im Oktober 2024 von Holcim Deutschland GmbH an die Projektpartner Butterfly Effect Consulting GmbH und Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH vergeben. Die inhaltliche Federführung für dieses Projekt wurde dabei zu gleichen Teilen von beiden Projektpartner übernommen.

Die Holcim Deutschland GmbH verfolgt mit der Durchführung dieser Studie das Ziel, einen zusammenfassenden und gleichzeitig übergreifenden Blick auf die Umsetzung einer nachhaltigen Baustoffwende zu erhalten. Dabei stehen zwei Aspekte maßgeblich im Vordergrund:

1. Die Bedeutung des Bausektors im Hinblick auf Ressourcenschonung im Einklang mit der Nationalen Kreislaufwirtschaftsstrategie Deutschlands (NKWS)
2. Die Relevanz der öffentlichen Bauträger und deren Vergabepraktiken zur systemischen Transformation des Bausektors.

Auf Grundlage der Untersuchung wurden schließlich Handlungsfelder zur Realisierung einer nachhaltigen Baustoffwende unter Einbeziehung nachhaltiger Zemente und verbindlicher Rezyklat-Quoten oder Recyclingbeton-Quoten erarbeitet. Ergänzt wurde dieses Modell um konkrete Handlungsempfehlungen zur Umsetzung vor dem Hintergrund der deutschen Kreislaufwirtschaftsstrategie sowie dem Ziel der Klimaneutralität in Deutschland bis zum Jahr 2045.

Kapitel 1: Ressourcenschonung im deutschen Bausektor: Rolle, Bedeutung und Perspektiven

1.1. Status Quo der Bauindustrie: Ressourcenbedarf und ökologische Auswirkungen

Die Bauwirtschaft zählt weltweit zu den ressourcenintensivsten Sektoren und ist für beinahe die Hälfte des globalen Rohstoffabbaus verantwortlich. Zugleich entstehen bei Bau, Umbau und Abriss von Gebäuden erhebliche Abfallmengen, die z.B. in der EU rund 36% des gesamten Abfallaufkommens ausmachen.

In Deutschland stellt der Bausektor einen der wichtigsten Wirtschaftszweige dar. Dies geht einher mit einem hohen Ressourcenverbrauch, der ca. 40% des gesamtdeutschen Rohstoffverbrauchs beträgt. Neben mineralischen Rohstoffen wie Sand, Kies und Naturstein kommen Metalle (Stahl, Aluminium, Kupfer) sowie biogene Materialien (Holz, Naturfasern) zum Einsatz. Ausgehend von einem Gesamtbestand im anthropogenen Lager Deutschlands (Stand 2010) von ca. 51,7 Milliarden Tonnen Material entfällt der weitaus größte Teil des anthropogenen Lagers dabei auf den Bausektor. Allein 55% der Lagermassen sind in Wohn- und Nichtwohngebäuden gebunden. In Summe umfassen die deutschen Wohn- und Nichtwohngebäude ca. 20,8 Milliarden Tonnen Baumaterial (Stand 2022 lt. IÖR Materialkataster Deutschland).

Durch den hohen Bedarf an Primärrohstoffen und die energieintensive Herstellung bestimmter Baustoffe (z. B. Zement, Stahl) entstehen erhebliche Umweltwirkungen, die sich in der Nutzungsphase durch den Bedarf an Energie für Heizung, Kühlung und Beleuchtung fortsetzen.¹ Allein die Herstellung, Verarbeitung und Entsorgung von Baustoffen für Gebäude verursachen bereits 8% der deutschen CO2-Emissionen und etwa 30 bis 40% des weltweiten Biodiversitätsverlusts ist dem Ressourcenverbrauch durch die Baubranche zuzuordnen.²

Während der bei weitem größte Teil der Gebäude genutzt wird, fallen jährlich rund 220 Millionen Tonnen an Bau- und Abbruchabfällen an, die ca. 55% des gesamten deutschen Abfallaufkommens ausmachen.³ Zwar werden mineralische Abfälle zu ca. 90% wieder als Material in den Wirtschaftskreislauf zurückgeführt (z.B. als Frostschutz- und Tragschicht im Straßenbau), aber das Potenzial für eine höhere oder hochwertigere Verwertung dieser Sekundärrohstoffe wird nicht im gebotenen Maße ausgeschöpft.⁴ Gleichzeitig sinken Deponiekapazitäten und Entsorgungskosten erhöhen den

¹ Umweltbundesamt (2022): Ressourceneinsatz und Umweltauswirkungen des deutschen Bausektors. Online verfügbar unter: www.umweltbundesamt.de.

² NABU, 2020: Wirtschaften im Einklang mit der Natur. Handlungswege zur Sicherung der Biodiversität, <https://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/biodiv/200923-nabu-bcg-studie-biodiv2.pdf>

³ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) (2022): Bauabfallstatistik und Informationen zur Kreislaufwirtschaft. Online verfügbar unter: www.bmuv.de.

⁴ Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (2021): Ressourceneffizienz im Bauwesen. Online verfügbar unter: www.bbsr.bund.de.

Handlungsdruck für alle Marktteilnehmer.⁵ Bis 2045 können durch ambitionierte Maßnahmen der Kreislaufwirtschaft im Hoch- und Tiefbau 60 Millionen Tonnen CO2-Äquivalente vermieden, 66 Millionen Tonnen Ressourcen (einschließlich Rohstoffrucksäcke) eingespart und 1 Million Hektar weniger Land verbraucht werden.⁶

Angesichts dieser Dimensionen, einer steigenden globalen Ressourcenverknappung, sowie zunehmenden Lieferengpässe kommt dem Bausektor damit eine Schlüsselrolle in Politik, Wirtschaft und Gesellschaft zu, wenn es um die Erreichung von Klimaschutzz Zielen und die Umsetzung von zirkulären Geschäftsmodellen und der Ressourcenschonung geht. Das gemeinsame Interesse aller Stakeholder aus Politik, Wirtschaft und Gesellschaft muss daher eine Transformation des Bausektors mit dem Ziel einer nachhaltigen Baustoffwende sein, die von der Planung und Herstellung über die Nutzung und Instandhaltung bis hin zum Rückbau und Recycling reicht.

Vor dem Hintergrund der Nationalen Kreislaufwirtschaftsstrategie kommt dabei nicht den privaten, sondern insbesondere den öffentlichen Bauherren eine wesentliche Bedeutung zu, wenn es um die Verwendung von Sekundärrohstoffen und die Etablierung einer nachhaltigen Baustoffwende mit Hilfe von öffentlichen Ausschreibungen und Vergabeentscheidungen geht.

1.2. Politische und rechtliche Rahmenbedingungen

Die politischen und rechtlichen Weichen für eine ressourcenschonende Transformation des Bausektors sind in den letzten Jahren auf europäischer und nationaler Ebene verstärkt gestellt worden. Ein zentrales Element bildet dabei der Europäische Green Deal, der mit seinem Ziel der Klimaneutralität bis 2050 neue Maßstäbe für alle Wirtschaftsbereiche setzt. Ergänzend gibt der 2020 eingeführte Circular Economy Action Plan (CEAP)⁷ wichtige Impulse, um geschlossene Materialkreisläufe zu etablieren und den Einsatz von Primärrohstoffen zu reduzieren. Er legt den Grundstein für verschiedene Maßnahmen, die die Kreislaufwirtschaft in der gesamten EU stärken sollen. Speziell im Bauwesen zielt die Richtlinie über Abfälle (2008/98/EG) darauf ab, Abfallmengen zu reduzieren und die Wiederverwendung sowie das Recycling von Bau- und Abbruchabfällen zu fördern.⁸ Insgesamt sind in der EU somit eine Reihe an Richtlinien, Verordnungen und Gesetze zur Regulatorik erlassen worden, die schlussendlich im Januar 2025 noch um die neue EU-Bauproduktenverordnung ergänzt wurde, um den Fokus auf nachhaltiges Bauen noch weiter zu verstärken (vgl. Abbildung 1).

⁵ Nationale Kreislaufwirtschaftsstrategie (NKWS) 2024, S. 105. Online verfügbar unter: www.bmuv.de/download/nationale-kreislaufwirtschaftsstrategie-nkws.

⁶ WWF und Öko-Institut, 2023: Machbarkeitsstudie „Modell Deutschland Circular Economy“ unter: <https://www.wwf.de/nachhaltiges-wirtschaften/circular-economy/modell-deutschland-circular-economy>.

⁷ Europäische Kommission (2020): A new Circular Economy Action Plan – For a cleaner and more competitive Europe (COM(2020)), online abrufbar unter: <https://www.eu2020.de/resource/blob/2429166/156d2d98b66b2ff28b6990161eed91e9/12-17-kreislaufwirtschaftsaktionsplan-bericht-de-data.pdf>.

⁸ Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena). Geschäftsmodelle für zirkuläres Bauen und Sanieren. Berlin, 2023. S. 10.

Abbildung 1: Richtlinie über Abfälle (2008/98/EG)



Quelle: In Anlehnung an Wealthcap / JLL (2023)

Dabei kommt der EU-Taxonomie eine bedeutende Rolle zu, da sie als Klassifizierungssystem dient, um festzulegen, welche Wirtschaftstätigkeiten als nachhaltig gelten, um somit Unternehmen, Investoren und Stakeholdern Orientierung in Bezug auf nachhaltiges Wirtschaften und nachhaltige Investitionen zu liefern.

Auf deutscher Ebene hat die Bundesregierung im Dezember 2024 die Nationale Kreislaufwirtschaftsstrategie (NKWS) verabschiedet und damit den politischen Rahmen für die Senkung des primären Rohstoffverbrauchs geschaffen. Gleichzeitig bietet die NKWS die notwendige Orientierung für Wirtschaft und Gesellschaft für die Transformation hin zur zirkulären Wirtschaft und den schonenden Umgang mit Ressourcen.

Konkret für die Bauwirtschaft (hier Tiefbau) relevant ist die Mantelverordnung, die seit 2023 geltende Standards für mineralische Ersatzbaustoffe und damit für Recyclingbeton festlegt.⁹ Sie schafft erstmals bundeseinheitliche Anforderungen, was die Akzeptanz und Anwendung rezyklierter Materialien verbessern kann. Dadurch soll die Verwendung von Sekundärrohstoffen sicherer und einfacher werden, um Primärressourcen wie Sand und Kies zu schonen und gleichzeitig die Kreislaufwirtschaft im Bauwesen zu stärken.

Für den Einsatz von Recyclingbeton und Recyclingzement liegt bereits ein weitgehend ausgearbeitetes normatives Regelwerk vor, das die Grundlage für qualitativ hochwertige Anwendungen schafft. Wichtige Regelwerke sind hier die DAFStb-Richtlinie (2010-09) für die Verwendung von Beton mit rezyklierten Gesteinskörnungen gemäß DIN EN 206-1 und DIN 1045-2, sowie die DIN 4226-101 und -102 (2017-08), die Typen, gefährliche Substanzen sowie die Typprüfung und Produktionskontrolle rezyklierter Gesteinskörnungen definieren. Ergänzend regelt die DIN EN 197-6 (2023-12) die

⁹ Mantelverordnung: Verordnung zur Einführung einer Ersatzbaustoffverordnung, zur Neufassung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung u. a. (BGBl. I S. 1690 vom 25.06.2021), in Kraft seit 01.08.2023, online abrufbar unter: <https://www.bmuv.de/gesetz/verordnung-zur-einfuehrung-einer-ersatzbaustoffverordnung-zur-neufassung-der-bundes-bodenschutz-und-altlastenverordnung-und-zur-aenderung-der-deponieverordnung-und-der-gewerbeabfallverordnung>.

Verwendung von rezyklierten Baustoffen im Zement. Damit bestehen bereits heute belastbare Rahmenbedingungen für den Einsatz zirkulärer Baustoffe. Entscheidend für eine breite Marktdurchdringung ist jedoch, dass insbesondere die öffentliche Hand ihre Nachfrage anpasst und in Ausschreibungen gezielt den Einsatz solcher normgerecht geregelter Recyclingmaterialien einfordert.

Übergeordnete Klimaschutzziele werden durch das Klimaschutzgesetz und spezifische Programme wie das Deutsche Ressourceneffizienzprogramm (ProgRess) flankiert, die ebenfalls den Handlungsdruck auf den Bausektor erhöhen und diesen als Schlüsselsektor hervorheben. Zu den Zielen zählen dabei die Reduktion des Primärstoffverbrauchs, die Etablierung ressourceneffizienter Bauweisen sowie die verstärkte Verwendung von Sekundärrohstoffen.¹⁰

Allerdings zeigen sich in der Praxis noch Defizite und Hemmnisse, die den Einsatz nachhaltiger Baustoffe bremsen. Zwar gibt es erste Ansätze einer ökologisch orientierten Vergabepraxis im öffentlichen Sektor, diese sind jedoch oft nicht verpflichtend oder einheitlich geregelt. Häufig führt der Fokus auf Anschaffungskosten statt Lebenszykluskosten dazu, dass kostengünstige, aber ressourcenintensive Materialien bevorzugt werden. Zudem bleiben die bauordnungsrechtlichen Vorgaben vielerorts stark auf konventionelle Baustoffe ausgerichtet, was es neuen, teils biobasierten oder rezyklierten Materialien erschwert, Marktreife und Akzeptanz zu gewinnen. Um die Baustoffwende voranzutreiben, braucht es daher verbindlichere Regelungen, wie z.B.

- Mindestquoten oder Anreizsysteme für Rezyklate in öffentlichen und privaten Bauvorhaben.
- Steuerliche Anreize, die den Einsatz ressourcenschonender Alternativen beschleunigen.
- Flexiblere Zulassungsverfahren für neuartige Baustoffe.
- Breiteres Angebot an Forschungs- und Förderprogrammen.
- Schulungen für Planer und Handwerk, damit innovative Konzepte in der Breite ankommen.

In Kombination mit klaren politischen Vorgaben – etwa über eine verpflichtende Berücksichtigung von Nachhaltigkeitskriterien bei Ausschreibungen – lässt sich der Hebel der Bauwirtschaft nutzen, um Ressourcen zu schützen und gleichzeitig den Klimaschutzz Zielen näherzukommen.

Aufbauend auf diesen rechtlichen und politischen Rahmenbedingungen zeigt sich, dass ein durchgängiger Kreislaufgedanke im Bauwesen nur gelingt, wenn die Synergien zwischen Gesetzen, Standards und finanziellen Anreizen konsequent genutzt werden. Ob Mantelverordnung, Recyclingprodukt-Normen, NKWS oder EU-weite Richtlinien: Entscheidend ist, dass sie ineinander greifen, verlässliche Planungssicherheit schaffen und verstärkt konkrete Vorgaben für die Praxis enthalten. So kann die notwendige Geschwindigkeit erreicht werden, um den Bausektor zum Treiber einer nachhaltigen Baustoffwende zu machen.

¹⁰ BMUV (2020): Deutsches Ressourceneffizienzprogramm (ProgRess III). Online verfügbar unter: www.bmuv.de.

1.3. Zusätzliche Herausforderungen: Technik, Ökonomie und Kultur

Eine konsequente Neuausrichtung des Bausektors hin zu einer nachhaltigen Baustoffwende setzt voraus, dass nicht nur technische Lösungen und rechtliche Grundlagen vorhanden sind, sondern auch alle beteiligten Akteure die neuen Ansätze in die Praxis überführen. Dabei zeigt sich in Deutschland wie auch europaweit eine Reihe von ökonomischen, technischen und auch gesellschaftlichen Herausforderungen und Hemmnissen, die diese Transformation verlangsamen oder gar blockieren können.

1.3.1. Technologische Herausforderungen

Ein zentrales Problem bildet die unzureichende Integration von Aspekten der Kreislaufwirtschaft in Planung, Ausführung, Nutzung und Rückbau. Zwar wächst das Interesse an ganzheitlichen Lebenszyklusbetrachtungen, doch sind entsprechende Methoden wie Building Information Modeling (BIM) oder digitale Materialpässe in vielen Planungsbüros nach wie vor nicht fest etabliert. Darüber hinaus herrscht oft Unsicherheit darüber, wie wiederverwendbare oder recycelte Baustoffe verlässlich zu spezifizieren und zu kalkulieren sind.¹¹ Fehlende Standards und unklare Haftungs- bzw. rechtliche Fragen erschweren den Einsatz zirkulärer Baumaterialien und hemmen die Nachfrageentwicklung. In der Folge greifen viele Entscheider lieber auf konventionelle, etablierte Materialien zurück, da diese in Ausschreibungen und Leistungsverzeichnissen bereits standardisiert vorliegen.

Hinzu kommt die fehlende Daten- und Informationsgrundlage. Aktuelle Normen und Zulassungsverfahren sind oftmals noch auf klassisch-lineare Bauprozesse ausgelegt, sodass neue Bauprodukte nur mit erheblichem Aufwand zugelassen werden können.¹² Dies betrifft insbesondere biobasierte Alternativen oder innovative Werkstoffe, die aufgrund hoher Test- und Dokumentationsanforderungen selten den schnellen Marktdurchbruch schaffen. Zudem mangelt es an öffentlich zugänglichen Datenbanken, in denen die Qualitäten und Eigenschaften von Sekundärrohstoffen übersichtlich aufgeführt sind. Diese Intransparenz erschwert das Matching zwischen Angebot und Nachfrage auf dem noch jungen Markt für wiederverwendbare Baustoffe und Bauteile.

1.3.2. Ökonomische Herausforderungen

Auch wenn sich nachhaltige Bau- und Sanierungsmaßnahmen langfristig oft rechnen, fokussieren viele Investoren und Bauherren auf kurzfristige Baukosten. In vielen Fällen fehlen wirtschaftliche Anreize für Grünes Gebäude-Design, während öffentliche Ausschreibungen oft Kosten- und Effizienzkriterien priorisieren. Dies ist nachteilig für zirkuläre Bauprozesse und führt dazu, dass eine nachhaltige Baustoffwende nicht ausreichend berücksichtigt und gefördert wird. Ebenso werden Architekturleistungen in Verbindung mit den Kosten von Bauprojekten bezahlt, was keine Anreize für Ressourcenschonung setzt.

¹¹ Vgl. Hauptverband der Deutschen Bauindustrie (2021): Ressourcenschonendes Bauen – Herausforderungen in der Praxis. Online verfügbar unter: <https://www.bauindustrie.de>.

¹² Vgl. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (2022): Zulassungsverfahren für innovative Baustoffe im Vergleich. Online verfügbar unter: <https://www.bbsr.bund.de>.

Externe Kosten wie Ressourcenverbrauch und CO₂-Emissionen werden selten vollständig in die Kalkulation einbezogen.¹³ Steuerliche Erleichterungen oder Förderprogramme könnten hier entgegenwirken, sind jedoch häufig entweder zu niedrig bemessen, an Auflagen geknüpft, oder in der Beantragung so komplex, dass sie nur schwer zum Tragen kommen. Zudem fehlt es an Regelungen für verbindliche Rezyklat-Quoten, welche die Nachfrage nach Sekundärrohstoffen stabilisieren würden. Gerade kleinere und mittelständische Unternehmen zögern, in modernen Recyclinganlagen oder alternative Bauverfahren zu investieren, wenn keine klare Planungssicherheit hinsichtlich der Absatzmärkte besteht.¹⁴

1.3.3. Kulturelle Herausforderungen

Neben ökonomischen und technischen Aspekten spielen auch gesellschaftliche und kulturelle Faktoren eine Rolle. Die Baubranche umfasst viele verschiedene Stakeholder wie Architektur- und Ingenieurbüros, Bauunternehmen, Lieferanten und Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümer. Am Bau sind zahlreiche Gewerke mit über Jahrzehnte gewachsenen Routinen beteiligt. Häufig wird auf bekannte Vorgehensweisen gesetzt, da die entsprechenden Kompetenzen vorhanden sind und man Unsicherheiten vermeiden möchte.¹⁵ Um hier ein Umdenken zu bewirken, braucht es verstärkte Kommunikation und Weiterbildungsangebote aller beteiligten Stakeholder, um fragmentiertes Wissen in Bezug auf Aspekte der Kreislaufwirtschaft sowie Material- und Abfallmanagement zu konsolidieren. Zudem ist ein Mentalitätswandel bei Architekten, Bauleitern und Investoren nötig, um bereits in der Entwurfsphase ressourcenschonende Materialien und Konstruktionsprinzipien zu berücksichtigen.

Gerade bei öffentlichen Aufträgen liegt ein großes Potenzial, das bislang zu wenig ausgeschöpft wird. Zwar existieren nachhaltige Beschaffungsleitfäden und ökologische Kriterienkataloge, doch sind sie oft nicht verbindlich oder zu vage formuliert. Häufig wird lediglich ein Mindeststandard abgefragt, der keine echte Lenkungswirkung entfaltet. Auch trotz der Mantelverordnung oder der Normen bleiben in der Praxis Hürden bei der Verwendung recycelter Materialien bestehen, da z.B. uneinheitliche Genehmigungsverfahren und Zulassungsvorschriften auf Landesebene den Einsatz erschweren. Erst verbindliche Vorgaben, etwa im Hinblick auf die Wiederverwendbarkeit von Bauteilen oder den Einsatz bestimmter Rezyklatanteile, könnten den Markt nachhaltig verändern und zu skalierbaren Lösungen beitragen.¹⁶

¹³ Vgl. Umweltbundesamt (2021): Ökonomische Instrumente für den Klimaschutz im Bausektor. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de>.

¹⁴ Vgl. BDE Bundesverband der Deutschen Entsorgungs-, Wasser- und Kreislaufwirtschaft e.V. (2022): Studie zum Markt für Sekundärbaustoffe. Online verfügbar unter <https://www.bde.de>.

¹⁵ Vgl. Hegger, M. et al. (2017): Grundlagen des nachhaltigen Bauens, Verlag Birkhäuser.

¹⁶ Vgl. Wissenschaftlicher Dienst des Deutschen Bundestages (2020): Ökologische Kriterien in der öffentlichen Beschaffung, WD 7 – 3000 – 041/20. Online verfügbar unter: <https://www.bundestag.de/wissen/analysen>.

Insgesamt ist festzustellen, dass neben technischen Innovationen und rechtlichen Anpassungen vor allem eine kultur- und strukturverändernde Dynamik erforderlich ist, um eine nachhaltige Baustoffwende rascher voranzutreiben. Diese Veränderung muss über alle Wertschöpfungsstufen hinweg erfolgen – von der Rohstoffgewinnung über die Planung und Bauausführung bis hin zum Rückbau und Recycling. Gelingt es, die genannten Hemmnisse Schritt für Schritt abzubauen und eine verlässliche Basis für Investitionen sowie Planungssicherheit zu schaffen, kann der Bausektor seine Schlüsselrolle für den Klimaschutz und die Ressourcenschonung wesentlich effektiver ausüben.

Kapitel 2: Die Kreislaufwirtschaft als zentraler Hebel einer ressourcenschonenden Strategie der Bauwirtschaft

Mit der Verabschiedung der Nationalen Kreislaufwirtschaftsstrategie (NKWS) hat sich Deutschland zum Ziel gesetzt, Wirtschaftsprozesse zirkulärer und ressourcenschonender zu gestalten und von einem linearen Ansatz des Wachstums und einer Prämisse des Ressourcenüberflusses, Abstand zu nehmen. Die Kreislaufwirtschaft eröffnet, neben der Erreichung von Klima- und Umweltzielen, einen Paradigmenwechsel hin zu einem nachhaltigeren, regenerativen Wirtschaftssystem, welches den Verbrauch neuer (primärer) Rohstoffe verringert, Stoffkreisläufe schiebt, die Unabhängigkeit von Rohstoffimporten stärkt und Abfall vermeidet. Gleichzeitig bieten sich durch die Kreislaufwirtschaft Chancen für Innovationen, Wachstum, Beschäftigung und Wettbewerbsfähigkeit.¹⁷

So hat die Modell Deutschland Circular Economy Studie (MDCE) des WWF nachgewiesen, dass sich mit der Umsetzung der Maßnahmen einer Kreislaufwirtschaftsstrategie in Deutschland ca. 147 Mrd. Euro an Klimaschadenskosten vermeiden lassen, während die ökologische Transformation ein relevanter Wirtschafts- und Beschäftigungsfaktor geworden ist: So betrug der Umsatz mit Umweltschutzgütern und -leistungen im Jahr 2020 (letzte verfügbare Daten) rund 80 Mrd. Euro, Tendenz steigend. Die mit den Investitionen zur energetischen Sanierung im Gebäudebestand verbundene Beschäftigung lag im Jahr 2020 bei rund 540.800 Personen. Im Jahr 2021 waren allein im Bereich der Erneuerbaren Energien rund 350.000 Personen beschäftigt.¹⁸

Die Voraussetzung für eine erfolgreiche Umsetzung im Bausektor erfordert in der Ableitung aus der NKWS eine verlässliche Planbarkeit für die Unternehmen und die richtigen politischen wie rechtlichen Rahmenbedingungen, um Grundlagen für Investitionen und langfristige Wettbewerbsfähigkeit zu schaffen. Denn der Bausektor bietet ein erhebliches Potenzial, Stoffkreisläufe zu schließen und Ressourcen zu schonen. Vor allem Städte, als Zentren enormer Materialflüsse, könnten einen Wandel vom Ressourcenfresser zum Ressourcenlager erfahren und somit zur nachhaltigen Baustoffwende maßgeblich beitragen. Die Möglichkeiten sind umfangreich und beinhalten u.a.:

- Sanierung oder Umnutzung von Gebäuden,
- Verwendung von langlebigeren Materialien,
- Wiederverwendung von Bauteilen,
- Nutzung von Bau- und Dämmstoffen aus Recyclingmaterial

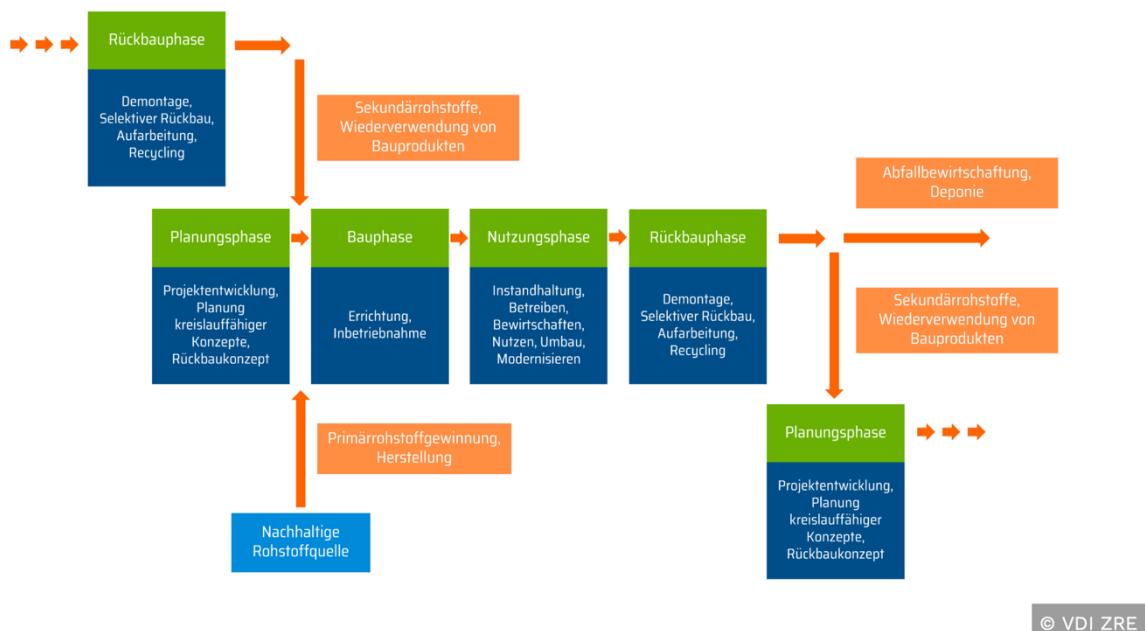
¹⁷ Nationale Kreislaufwirtschaftsstrategie (NKWS) 2024, S. 6. Online verfügbar unter: www.bmuv.de/download/nationale-kreislaufwirtschaftsstrategie-nkws.

¹⁸ BMWK: Wohlstand klimaneutral erneuern Werkstattbericht des Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK). Online verfügbar unter: https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Wirtschaft/werkstattbericht-des-bmwk.pdf?__blob=publicationFile&v=8.

- Nutzung von zerstörungsfrei trennbaren Verbindungsformen.

Gleichzeitig gilt es veraltete Bauordnungen, komplizierte Normen und nicht eingepreiste Umweltfolgen zu überarbeiten und an die NKWS anzupassen, damit sich ressourcenschonende Bauweisen durchsetzen können. Ergänzend muss berücksichtigt werden, dass immer noch zu günstige Deponiepreise, ein mangelnder Vollzug bei der Getrennthaltung von Abfällen und zu geringe ökologische Anforderungen bei der Errichtung öffentlicher Gebäude die Umsetzung einer Kreislaufwirtschaft erschweren. Zur erfolgreichen Transformation des Bausektors ist hier die die öffentliche Hand gefordert mit gutem Beispiel voranzugehen und besonders hohe Standards an das klimazielkonforme und ressourcenschonende Sanieren und Bauen festzulegen.¹⁹

Abbildung 2: Kreislaufgerechtes Bauen²⁰



Kreislaufgerechtes Bauen erfordert den Blick auf den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes und darüber hinaus.

Denn der öffentlichen Beschaffung kommt aufgrund ihrer Größe eine strategische Schlüsselrolle zu. Deutschland verfügt über einen der größten öffentlichen Beschaffungsmärkte in Europa. Dieser umfasst ca. 500 Milliarden Euro jährlich und macht ca. 15% des Bruttoinlandsprodukts aus. Davon entfallen fast 80% auf den Einflussbereich

¹⁹ DUH: Kreislaufwirtschaft am Bau. Online verfügbar unter <https://www.duh.de/informieren/ressourcen-und-abfall/kreislaufwirtschaft-am-bau/>.

²⁰ VDI Zentrum Ressourceneffizienz: Kreislaufgerechtes Bauen. Online verfügbar unter: <https://www.resource-deutschland.de/themen/bauwesen/kreislaufgerechtes-bauen/>.

der Länder und Kommunen.²¹ Die öffentliche Hand besitzt somit ein einzigartiges Potenzial, den Markt für umwelt- und ressourcenschonendes Bauen entscheidend zu beeinflussen und kann durch ihre Lenkungswirkung weitreichende Veränderungen anstreben.

Trotz dieser erheblichen Hebelwirkung und des enormen Einflusses wurden laut Vergabestatistik im Jahr 2021 durchschnittlich nur etwa 13% der öffentlichen Bauaufträge unter Berücksichtigung von Nachhaltigkeitskriterien vergeben.²² Es ist daher von zentraler Bedeutung, dass die öffentliche Hand ihrer Lenkungsrolle gerecht wird und – sowohl aus ökologischer wie auch ökonomischer Sicht – entsprechende Standards setzt, um eine nachhaltige Transformation im Bausektor voranzutreiben und den Ressourcenverbrauch und das Abfallaufkommen nachhaltig zu senken. Gleichzeitig ist es so möglich, einen erheblichen Beitrag zum Klimaschutz und den deutschen Klimazielen zu leisten. Die Zusammenführung von Forschung, Praxis und Politik in diesem Bereich ist entscheidend, um neue Lösungen zu entwickeln und zu skalieren. Eine engere Kooperation zwischen Planern, Bauunternehmen, Herstellern von Baustoffen, Rückbau- und Recyclingbetrieben sowie kommunalen und staatlichen Institutionen schafft die Basis, um Kreislaufprozesse noch effektiver zu gestalten und langfristig zu etablieren.

Es ist daher von zentraler Bedeutung, dass die öffentliche Hand ihrer Lenkungsrolle gerecht wird und entsprechende Standards setzt, um eine nachhaltige Transformation im Bausektor voranzutreiben. Entscheidend ist hierbei anhand welcher Kriterien Kreislaufwirtschaft bei der öffentlichen Ausschreibung von Bauleistungen berücksichtigt und in verbindliche Vorgaben überführt werden kann. Dabei gilt es die Transformation des Bausektors wo möglich durch dynamische Regularien zu unterstützen und die Innovationskraft der Kreislaufwirtschaft zu nutzen.

Das Ziel aller am Prozess Beteiligten muss es daher sein, Baumaßnahmen so zu entwerfen, zu planen und umzusetzen, dass die eingesetzten Materialien am Lebenszyklusende wiederverwendet oder hochwertig recycelt werden können. Um diese Potenziale auszuschöpfen, bedarf es eines systemischen Ansatzes, der alle Phasen des Gebäudelebenslaufs einbezieht. Vier Grundpfeiler sind dabei essenziell.

2.1. Zirkuläres Bauen und Urban Mining

Ein wesentlicher Hebel für die Transformation des Bauwesens liegt im sogenannten zirkulären Bauen, bei dem Baustoffe so eingesetzt werden, dass sie nach Nutzungsende möglichst vollständig und hochwertig in den Kreislauf zurückgeführt werden können. Bereits in der Planungsphase wird berücksichtigt, wie Bauteile sortenrein

²¹ Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD), 2019: Öffentliche Vergabe in Deutschland. Strategische Ansatzpunkte zum Wohl der Menschen und für wirtschaftliches Wachstum. Verfügbar unter: https://www.oecd.org/de/publications/2019/08/public-procurement-in-germany_2e617775.htm.

²² Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, 2023: Vergabestatistik. Bericht für das zweite Halbjahr 2021 und Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, 2022: Vergabestatistik. Bericht für das erste Halbjahr 2021. Verfügbar unter: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Dossier/oefentliche-auftraege-und-vergabe.html>.

rückgebaut, wiederverwendet oder recycelt werden können. Damit wird nicht nur der Verbrauch natürlicher Ressourcen reduziert, sondern es entstehen auch neue Chancen für Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft.²³

Ein zentraler Baustein des zirkulären Bauens ist „Urban Mining“ – die vorausschauende Nutzung und strategische Bewirtschaftung des sogenannten anthropogenen Lagers. Darunter fallen alle langlebigen Güter wie Gebäude, Infrastrukturen, Industrieanlagen oder Deponien, in denen über Jahrzehnte große Mengen an Baumineralien und Metallen gebunden wurden. Im Unterschied zur klassischen Abfallwirtschaft verfolgt Urban Mining einen proaktiven Ansatz: Statt auf anfallende Abfälle zu reagieren, werden potenzielle Rückbaumaterialien frühzeitig erfasst, bilanziert und für zukünftige Stoffkreisläufe strategisch eingeplant. Erste Pilotprojekte setzen gezielt auf Rückbaukonzepte und Materialpässe, die Informationen über Baustoffe, deren Herkunft und Wiederverwertungspotenzial dokumentieren.²⁴ Auf diese Weise können Treibhausgas-Emissionen, das mögliche Verwertungsszenario, der aktuelle Materialwert und weitere Kennzahlen jedem Bauteil zugewiesen werden. Die Informationen ermöglichen zukünftig eine effizientere Planung von Um- oder Rückbaumaßnahmen. Zusätzlich kann der Immobilienwert jederzeit unter Berücksichtigung der aktuellen Materialwerte ermittelt werden.²⁵

Voraussetzung für eine erfolgreiche Umsetzung des „Urban Minings“ ist eine verlässliche Wissens- und Datenbasis. Dafür sind digitale Instrumente wie Materialpässe, Gebäudekataster und Urban Mining Informationssysteme essenziell. Erste Pilotprojekte – z. B. im Rahmen des Urban Mining Index oder digitaler Rückbau-Tools – zeigen, wie die systematische Erfassung von Materialbeständen zur vorausschauenden Planung von Sanierungs- und Rückbauprojekten beitragen kann.²⁶

Forschungsinitiativen wie das NEST-Projekt der EMPA in der Schweiz oder vom Fraunhofer-Institut in Deutschland zeigen, dass sich durch „Design for Deconstruction“-Ansätze, also eine bereits in der Planungsphase bedachte Rückbaubarkeit, die Wiederverwendung ganzer Bauteile erheblich erleichtern lässt. So kommt eine Untersuchung der ETH Zürich (2021) zu dem Schluss, dass modulare und rückbaubare Bauweisen bis zu 30% an Materialeinsparungen ermöglichen können.

Damit Urban Mining seine Wirkung voll entfalten kann, bedarf es einer nationalen Strategie zur Erfassung, Bewertung und Aktivierung anthropogener Lager. Diese sollte in die Kreislaufwirtschaftsstrategie Deutschlands integriert werden und mit Raumplanung, Vergabapraxis und Rückbauverpflichtungen verzahnt sein.

²³ Umweltbundesamt (2024): Urban Mining als Strategie der Kreislaufwirtschaft, Positionspapier.

²⁴ Wuppertal Institut (2021): Urban Mining und Zirkuläres Bauen – Konzepte und Fallbeispiele. Online verfügbar unter: www.wupperinst.org.

²⁵ Madaster Germany GmbH: Forderungen an einen digitalen Gebäuderessourcenpass. Online verfügbar unter <https://madaster.de/neuigkeiten/gebaeuderessourcenpass/>.

²⁶ Umweltbundesamt (2024): Urban Mining als Strategie der Kreislaufwirtschaft, Positionspapier, S. 11.

2.2. Digitalisierung und Building Information Modeling (BIM)

Die Digitalisierung ist essenziell für eine erfolgreiche Umsetzung der Kreislaufwirtschaft, auch im Bausektor. Mit „Building Information Modeling“ (BIM) lassen sich Bauvorhaben von Anfang an virtuell planen, Daten zu Baustoffen und deren Eigenschaften erfassen sowie Rückbau- und Wartungsszenarien simulieren.²⁷

Diese ganzheitliche Datenerfassung erlaubt es, bereits bei der Planung den Lebenszyklus eines Gebäudes zu berücksichtigen. So kann vorab bestimmt werden, welche Bauteile in Zukunft recycelt oder wiederverwendet werden können. Zugleich erleichtern digitale Tools die Koordination aller Projektbeteiligten und führen zu einer höheren Transparenz hinsichtlich Materialqualitäten, Kosten und Zeitplänen.²⁸

2.3. Biobasierte Baustoffe und nachhaltige Materialinnovationen

Die Entwicklung nachhaltiger Materialinnovationen bildet einen weiteren Grundpfeiler zirkulärer Bauweisen. Hierzu zählen:

- Biobasierte Zusatzstoffe wie Hanffasern, Flachs oder Stroh in Dämmstoffen und Betonkonstruktionen, die sowohl die CO₂-Bilanz verbessern als auch für ein gesundes Raumklima sorgen.
- Alternative Bindemittel für Beton, die auf reduziertem Klinkeranteil beruhen und deutlich weniger Prozessenergie benötigen.
- Holz-Hybridbauweisen, bei denen mehrere Baustoffe kombiniert werden, um Tragfähigkeit, Schall- und Brandschutz zu gewährleisten und dennoch einen hohen Anteil nachwachsender Rohstoffe einzusetzen.

Diese Innovationen erzielen neben ökologischen Effekten auch ökonomische Vorteile, da sich Baustoffe oft schneller verbauen lassen und ihre Wiederverwendung einfacher ist. Weitere biobasierte Materialinnovationen (z. B. Hanf- und Stroh-Dämmstoffe, Myzel-basierte Baustoffe) sind Gegenstand zahlreicher Forschungsprojekte und gewinnen sukzessive an Marktrelevanz.²⁹ Zusätzlich verschieben sich Wertschöpfungsanteile in Richtung regionaler Wirtschaftskreisläufe (z. B. bei der Produktion von Holzbau-elementen), was die regionale Wertschöpfung stärkt.

2.4. Nachhaltige Zertifizierungssysteme und Lebenszyklusbewertungen

Zertifizierungs- und Bewertungssysteme wie DGNB, BNB, LEED oder BREEAM haben die Anforderungen an nachhaltiges Bauen kontinuierlich weiterentwickelt. Neben klassischen Kriterien wie Energieeffizienz und Schadstoffarmut werden zunehmend auch

²⁷ Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (2023): Digitalisierung und BIM im Kontext der Kreislaufwirtschaft. Bonn.

²⁸ BBSR (2022): Digitalisierung im Bauwesen – Potenziale von BIM. Online verfügbar unter: www.bbsr.bund.de.

²⁹ Fraunhofer-Institut für Holzforschung (WKI) (2022): Biobasierte Baustoffe – aktuelle Entwicklungen und Perspektiven. Online verfügbar unter: www.wki.fraunhofer.de.

Aspekte der Kreislaufwirtschaft, Ressourceneffizienz und Rückbaufähigkeit berücksichtigt. Begleitend dazu etabliert sich die Lebenszyklusanalyse (Life Cycle Assessment - LCA), oder das „Cradle to Cradle“ Konzept als Entscheidungshilfe für Planungsprozesse und geschlossene Kreisläufe.

Insbesondere die Lebenszyklusanalyse wurde schon von einigen Bundesländern (wie z.B. Berlin, Brandenburg, Rheinland-Pfalz und NRW) über die BNB verpflichtend in die Beschaffungsanforderungen integriert. Durch eine ganzheitliche Bewertung können somit ökologische, ökonomische und soziale Faktoren besser in Einklang gebracht, als auch langfristige Umwelt- und Kostenfolgen verschiedener Bauweisen miteinander verglichen werden.³⁰ Entscheidend ist es hierbei, die Kreislauffähigkeit von Bauwerken als essenziellen Planungsparameter zu verstehen, um den enormen Ressourcenverbrauch des Bausektors zu reduzieren.

Auch das Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude (QNG) spielt in diesem Zusammenhang eine zunehmend wichtige Rolle. Es definiert klare Anforderungen an nachhaltige Bauweisen und ist Voraussetzung für bestimmte Förderprogramme, etwa im Rahmen der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG). Im Rahmen des QNG-Standards – beispielsweise bei der Stufe QNG-Plus für Nichtwohngebäude – wird unter anderem gefordert, dass mindestens 30% der Masse des neu eingebauten Betons, der Erdbaustoffe und Pflanzsubstrate einen erheblichen Recyclinganteil aufweisen. Damit setzt das QNG ein starkes Signal für den Einsatz kreislauffähiger Materialien wie Recyclingbeton und fördert deren Marktdurchdringung.

2.5. Wirtschaftliche Chancen der Baustoffwende

Neben den ökologischen Zielsetzungen ist die Baustoffwende auch aus industrie- und wirtschaftspolitischer Perspektive von hoher Relevanz. Eine strategisch angelegte Transformation hin zu zirkulärem Bauen, Urban Mining und ressourcenschonender Materialnutzung eröffnet nicht nur neue Märkte, sondern reduziert Kostenrisiken, stärkt die Wettbewerbsfähigkeit deutscher Bauunternehmen, schafft regionale Wertschöpfung und stärkt die Innovationskraft des Sektors. Die Kreislaufwirtschaft bietet somit für die Bauwirtschaft einen umfassenden Lösungsansatz, um ökologische und ökonomische Ziele zugleich zu erreichen.

Zudem stärkt einer auf der Kreislaufwirtschaft beruhende nachhaltige Baustoffwende die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen: Wer heute bereits auf klimafreundliche Materialien, Lebenszyklusanalysen (LCA) und digitale Gebäudepässe setzt, positioniert sich vorteilhaft im öffentlichen Vergabewettbewerb. In Bundesländern wie Berlin oder Nordrhein-Westfalen ist die Bewertung von CO₂-Emissionen über den Lebenszyklus hinweg bereits fester Bestandteil der Ausschreibungspraxis. Gleichzeitig verbessern zirkuläre Bauansätze das ESG-Rating und ermöglichen den Zugang zu grünen

³⁰ Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) (2022): Nachhaltigkeitszertifizierung in der Baupraxis. Online verfügbar unter: www.dgnb.de.

Finanzierungen und Fördermitteln – ein zunehmend relevanter Aspekt in der Kapitalbeschaffung.

Ein zentrales Argument aus politischer Sicht ist auch die Rohstoffsouveränität: Durch Urban Mining und die Nutzung inländischer Sekundärrohstoffe verringert sich die Abhängigkeit von internationalen Märkten. Gerade bei versorgungskritischen Metallen und Baustoffen kann dies zur Stabilisierung von Preisen und zur Absicherung industrieller Wertschöpfung beitragen.³¹

Die Bauwirtschaft steht vor der Aufgabe, Strukturen, Normen und Geschäftsmodelle weiterzuentwickeln. Hierzu ist es unerlässlich ein abgestimmtes Zusammenspiel von Politik, Wirtschaft und Zivilgesellschaft zu etablieren, um die erforderliche Dynamik zur Transformation zu erzeugen. Notwendig sind hierzu auch gesetzgeberische Maßnahmen und Standards wie verbindliche Rezyklat-Quoten, steuerliche Anreize und eine verstärkte Förderung von Pilotprojekten und Forschungsvorhaben.

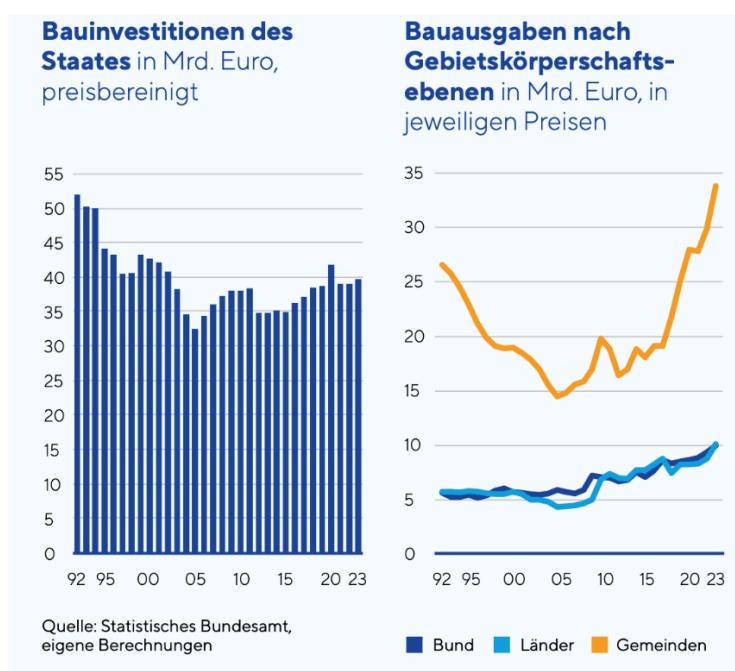
³¹ Umweltbundesamt (2024): Urban Mining als Strategie der Kreislaufwirtschaft, S. 9–11.

Kapitel 3: Die Relevanz der öffentlichen Vergabe zur systemischen Transformation des Sektors

Dieses Kapitel analysiert, welche Mengen Zement bzw. Zement-beinhaltende Bauprodukte wie Beton durch die öffentliche Hand nachgefragt werden und zeigt darüber die Relevanz der öffentlichen Vergabe auf. Nach einer allgemeinen Übersicht zu Bauinvestitionen des Staates wird zunächst der Tiefbau und dann der Hochbau behandelt. Sofern möglich, wird benannt, welche Bereiche der öffentlichen Hand (Kommunen, Länder, Bund) die Nachfrage induzieren.

Die Bauinvestitionen des Staates lagen in den Nach-Wendejahren bei über 50 Mrd. € und schwanken seitdem zwischen 35 und 45 Mrd. €, mit rund 40 Mrd. € in 2022. Die höchsten Ausgaben verzeichnen die Kommunen mit knapp 30 Mrd. € (siehe Abbildung 3).

Abbildung 3: Bauinvestitionen des Staates und Bauausgaben nach Gebietskörperschaftsebene³²



3.1. Nachfrage im Tiefbau

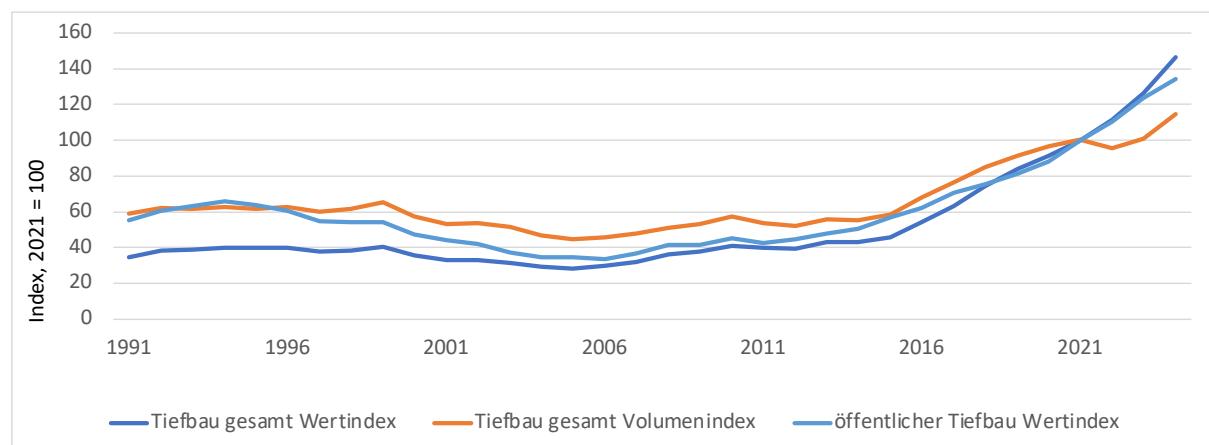
Der Tiefbau umfasst eine Vielzahl von materialintensiven Bereichen, darunter den Straßen- und Wegebau, die Schieneninfrastrukturen und die Wasserversorgung sowie

³² Kraus, P. (2023). Bauwirtschaft im Zahlenbild. Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e. V. https://www.bauindustrie.de/fileadmin/bauindustrie.de/Zahlen_Fakten/Bauwirtschaft-im-Zahlenbild/230509_Bauwirtschaft-im-Zahlenbild-2023-WEB.pdf.

Entsorgung. Im Folgenden werden alle Bereiche berücksichtigt, deren Bau und Instandhaltung entweder direkt von der öffentlichen Hand gebaut bzw. in Auftrag gegeben werden oder mittelbar über Unternehmen, die (überwiegend) im staatlichen Besitz sind.

Die Bautätigkeit im Tiefbau steigt seit etwa zehn Jahren, nachdem nach der Wende bzw. nach der Jahrtausendwende viele Jahre wenig investiert wurde. Dies gilt sowohl für den Tiefbau insgesamt als auch für den öffentlichen Tiefbau. Im Zuge des Angriffskrieges Russlands gegen die Ukraine zogen die Preise stark an, was sich in dem Auseinanderdriften des Wert- und (preisbereinigten) Volumenindizes zeigt.

Abbildung 4: Entwicklung des Auftragsbestandes im Bauhauptgewerbe³³



Erstmalig wurden die Rohstoffmengen, die in Deutschland im Tiefbau verbaut sind und jährlich für neue Bauten bzw. für Erhaltungs- und Ertüchtigungsmaßnahmen aufgewendet werden, im Projekt MaRess untersucht. Die Daten beziehen sich auf die Zeit bis ca. 2009.³⁴ In den Folgejahren wurden weitere Studien in Auftrag gegeben: Das Forschungsprojekt Kartierung Anthropogener Lager im Auftrag des Umweltbundesamtes läuft seit mehr als 12 Jahren. Das Projekt ist in fünf aufeinander aufbauende Forschungsprojekte unterteilt, mit dem Ziel, alle anthropogenen Bestände sowie Zu- und Abflüsse regelmäßig monitoren und strategisch mit einer Urban Mining Strategie steuern zu können. Das aktuelle Teilprojekt KartAL V, in dem eine Aktualisierung der Bestands- und Flussgrößen vorgenommen wurde und die Urban Mining Strategie erarbeitet wird, ist noch nicht veröffentlicht. Das Forschungsprojekt Substitution von Primärrohstoffen im Straßen- und Wegebau im Auftrag des UBA aktualisierte die Informationen zum Bestand sowie Bedarfsabschätzungen für 2030 für den Bereich Straßen- und

³³ Destatis (2024): Abfallentsorgung 2022, EVAS-Nummer 32111; sowie Destatis. (2025). Auftragsbestand (Wert-, Volumenindex) im Bauhauptgewerbe: Deutschland, Jahre, Bauar-ten. https://www-genesis.destatis.de/datenbank/online/statistic/44141*/table/44141-0001.

³⁴ Steger et al., 2011, Steger, S., Fekkak, M., & Bringezu, D. S. (2011). Materialbestand und Materialflüsse in Infrastrukturen.

Wegebau.³⁵ In der zeitgleich durchgeföhrten Studie für den VDI-ZRE wurden Erneuerungsbedarfe sowie Ressourceneffizienz-potenziale quantifiziert.³⁶

3.1.1. Straßen- und Wegebau, Ingenieurbauwerke

Beton wird im Straßen- und Wegebau in der Deckschicht in Form von Ort beton oder von Betonwaren (Bordsteine, Pflastersteine) verbaut. In Ingenieurbauwerken wie Brücken und Tunnel ist Beton zentral unter anderem für Fundamente, Tragelemente oder Abstützungen. Beton- und Betonbausteine werden zudem für Straßenzubehör, wie Fundamente oder Maste für Verkehrsanlagen, oder für Hangabstützungen im Umfeld von Straßen genutzt.

Bergmann et al. (2015) quantifizieren für Erhaltungsmaßnahmen einen jährlichen Bedarf an Beton in Höhe von 8,7 Mio. Tonnen und 0,82 Mio. Tonnen Pflaster (Siehe Tabelle 1). Für den Neu- und Ausbau wird ein jährlicher Bedarf von 1,4 Mio. Tonnen Beton angenommen (Siehe Tabelle 2).

Tabelle 1: Jährlicher Bedarf an Beton und Pflaster im Straßen- und Wegebau zur Erneuerung³⁷

| | Beton | Pflaster |
|------------------|---------------------|-------------|
| Bundesautobahnen | 5.453.621 t/a | 8.973 t/a |
| Bundesstraßen | 119.619 t/a | 19.408 t/a |
| Landstraßen | 92.314 t/a | 4.540 t/a |
| Kreisstraßen | 687.043 t/a | 58.974 t/a |
| Gemeindestraßen | 1.142.114 t/a | 731.093 t/a |
| Brücken | 1.081.183 t/a | |
| Tunnel | 123.491 t/a | |
| Straßenzubehör | Nicht quantifiziert | |
| Summe | 8.699.385 t/a | 822.987 t/a |

³⁵ Knappe, F., Reinhardt, J., Bergmann, T., & Mottschall, M. (2015). Substitution von Primärrohstoffen im Straßen- und Wegebau durch mineralische Abfälle und Bodenaushub; Stoffströme und Potenziale unter Berücksichtigung von Neu-, Aus- und Rückbau sowie der Instandsetzung.

³⁶ Deilmann, C., Reichenbach, J., Krauß, N., & Gruhler, K. (2017). Zukunft Bauen Forschung für die Praxis | Band 06 Materialströme im Hochbau. https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/zukunft-bauen-fp/2017/band-06-dl.pdf;jsessionid=C3696112EAA141BD5749559D3F773AC4.live11293?__blob=publicationFile&v=1.

³⁷ Bergmann, T., Bleher, D., & Jenseit, W. (2015). Ressourceneffizienzpotenziale im Tiefbau Materialaufwendungen und technische Lösungen. VDI-ZRE. https://www.ressource-deutschland.de/fileadmin/user_upload/1_Themen/h_Publikationen/Studien/Studie_Ressourceneffizienzpotenziale_im_Tiefbau_1_.pdf.

Tabelle 2: Jährlicher Bedarf an Beton und Pflaster im Straßen- und Wegebau im Neu- & Ausbau³⁸

| | Beton | Pflaster |
|----------------|---------------------|---------------------|
| Straßen | 939.000 t/a | Nicht angegeben |
| Brücken | 408.000 t/a | Nicht angegeben |
| Tunnel | 45.000 t/a | Nicht angegeben |
| Straßenzubehör | Nicht quantifiziert | Nicht quantifiziert |
| Summe | 1.392.000 t/a | |

Knappe et al. (2015) quantifizieren die zukünftigen Bedarfe und unterscheiden verschiedene Szenarien, von denen das mittlere Referenz-Szenario sowie das Szenario mit den niedrigsten und höchsten Mengenflüssen hier aufgeführt werden:

- ein Referenz-Szenario mit mittleren Planzahlen, einer mittleren Siedlungsflächenentwicklung von 30 ha/Tag und mittleren Rückführungsmengen und Erneuerungszyklen,
- ein unteres Szenario, in dem die Flächenneuversiegelung auf Null zurückgeht und ausschließlich Erneuerungsaufwände anfallen
- ein oberes Szenario, in dem zwar weniger Zubau, jedoch hohe Erneuerungsaufwände anfallen, um den Sanierungsstau aufzulösen.

Die errechneten Baustoffbedarfe zeigt Tabelle 3. Der Unterschied zwischen dem niedrigen und dem hohen Szenario liegt bei insg. 3,66 Mio. Tonnen Beton bzw. 0,67 Mio. Tonnen Pflaster.

Tabelle 3: Baustoffbedarfe in Tsd. Tonnen/a in 2030 (Wegebau, Ingenieurbauwerke)³⁹

| | Unteres Szenario | Referenz | Oberes Szenario |
|---------------------------------|------------------|----------|-----------------|
| Beton | 11.157 | 11.766 | 14.819 |
| ...Straßen | 8.795 | 9.513 | 10.909 |
| ...Ingenieurbauwerke | 2.362 | 2.253 | 3.910 |
| Hydraulisch gebundene Schichten | 903 | 686 | 1.084 |
| Pflaster | 858 | 1.157 | 1.730 |

Die gegenwärtigen und zukünftigen Erneuerungsaufwände für den Straßen- und Wegebau liegen bei Bergmann et al. (2015) und Knappe et al. In einer ähnlichen

³⁸ Bergmann, T., Bleher, D., & Jenseit, W. (2015). Ressourceneffizienzpotenziale im Tiefbau Materialaufwendungen und technische Lösungen. VDI-ZRE. https://www.ressource-deutschland.de/fileadmin/user_upload/1_Themen/h_Publikationen/Studien/Studie_Ressourceneffizienzpotenziale_im_Tiefbau_1_.pdf.

³⁹ Knappe, F., Reinhardt, J., Bergmann, T., & Mottschall, M. (2015). Substitution von Primärrohstoffen im Straßen- und Wegebau durch mineralische Abfälle und Bodenaushub; Stoffströme und Potenziale unter Berücksichtigung von Neu-, Aus- und Rückbau sowie der Instandsetzung.

Größenordnung. Der Bedarf für Ingenieursbauwerke wird von Knappe et al. (2015) deutlich höher eingeschätzt.

Die obigen Berechnungen leiten sich überwiegend anhand der technischen Lebensdauer der Infrastrukturen ab. Aufgrund der begrenzten öffentlichen Mittel werden Straßen und Ingenieursbauwerke jedoch oftmals nicht rechtzeitig ertüchtigt. Der Bundesrechnungshof schätzt beispielsweise, dass Anfang 2023 mehr als 5000 Teilbauwerke an Brücken im Autobahnnetz zu modernisieren waren (insgesamt gibt es knapp 29.000 Teilbauwerke). Das Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) hat das Ziel, ab 2026 jährlich 400 Teilbauwerke zu sanieren. Dies ist jedoch nach Einschätzung des Bundesrechnungshofes nicht hinreichend, um bis 2032 den Sanierungsrückstau aufzuhalten zu können.⁴⁰

3.1.2. Schieneninfrastruktur

In der Schieneninfrastruktur wird Beton insbesondere für Schwellen gebraucht. Weitere Anwendungen sind Schienenübergänge, Bahnhöfe und Bauwerke sowie Fundamente und Masten für Signale. Die Aufwendungen wurden zum einen von Steger⁴¹ et al. (2011) im oben bereits erwähnten Projekt MaRess und darüber hinaus in der Studie von Bergmann et al. (2015) quantifiziert.

Laut Steger et al. (2011) liegt der jährlicher Materialbedarf für Neu- und Ausbauten der Schieneninfrastruktur für Beton bei 1.461.000 Tonnen. Zusätzlich werden 2.517.000 Tonnen Beton für die Instandhaltung benötigt, wenn der Bedarf über die technische Lebensdauer abgeleitet wird. Bergmann et al. (2015) quantifizieren den Bedarf an Beton insgesamt etwas niedriger auf 2.734.222 Tonnen pro Jahr.

3.1.3. Wasser- und Luftverkehrsinfrastruktur

Beton wird für Kanalbrücken, Schleusen, für Kanäle und für Uferbefestigungen in der Wasserverkehrsinfrastruktur genutzt. Die Aufwendungen für Neu- und Ausbau und Sanierungen wurden von Steger et al. (2011) anhand der Berechnung der Aufwendungen für konkrete Neubauwerke auf 1,1 Mio. Tonnen pro Jahr geschätzt. Bergmann et al. (2015) berücksichtigen nur die technischen Erneuerungsaufwände, die sie mit 778.358 Tonnen pro Jahr quantifizieren.

In der Luftverkehrsinfrastruktur wird Beton insbesondere für Start- und Landebahnen, Vorfelder und Rollfeldern gebraucht. Bergmann et al. (2015) quantifizieren den jährlichen Bedarf auf 1.250.425 Tonnen Beton.

3.1.4. Leitungsnetze: Strom, Gas und Wärme

Im Stromnetz wird Beton im Bereich der Freileitungen beispielsweise für Masten gebraucht. Hinzu kommen Gebäude und Zuwegungen für Umspannungswerke, die jedoch aufgrund der geringen Mengenrelevanz in den Abschätzungen vernachlässigt

⁴⁰ Bundesrechnungshof. (2024). Brückenmodernisierungsprogramm des Bundes für Autobahnbrücken.

⁴¹ Steger, S., Fekkak, M., & Bringezu, D. S. (2011). Materialbestand und Materialflüsse in Infrastrukturen.

wurden. Steger et al. (2011) quantifiziert den Bedarf anhand des Jahres 2008 für den Aus- und Neubau sowie Erneuerungen auf 140.582 Tonnen Beton jährlich, laut Bergmann et al. (2015), der den Bedarf für das Jahr 2012 abgeschätzt hat, liegt der jährliche Bedarf an Beton bei 164.246 t.

Das Gasnetz unterteilt sich in ein Fernleitungs- und ein Regional- bzw. Ortsnetz. Steger et al (2011) quantifiziert den Bedarf an Beton auf insgesamt 72.622 Tonnen pro Jahr. Laut Bergmann liegt der jährliche Bedarf für den Erneuerungsaufwand bei 62.724 Tonnen für Betonmantelrohre und 407.709 Tonnen Zement.

Das Wärmenetz ist statistisch nicht vollständig erfasst. Im Wärmenetz werden für die Erneuerung laut Steger et al. (2011) im Wesentlichen Kunststoffe verbaut. Bergmann et al. (2015) quantifizieren den jährlichen Bedarf anhand der technischen Lebensdauer auf 501.587 Tonnen Beton und 440 Tonnen Zement. Dies stellt eine Näherung dar, angesichts des Ausbaus der Wärmenetze im Zuge der Energiewende ist davon auszugehen, dass der Bedarf deutlich steigen wird.

3.1.5. Wasserversorgung und Abwasser

Zur Wasserversorgung gehören Rohrleitungen, Brunnen bzw. Quellwasserfassungen sowie Talsperren. Der jährliche Erneuerungsbedarf für Brunnen, Rohrleitungen und Talsperren liegt bei insgesamt 108.010 Tonnen Beton und 9.288 Tonnen Zementmörtel (Bergmann et al. 2015). Im MaRess-Projekt wurden aus Gründen der Relevanz nicht alle Infrastrukturen erfasst. Für Neubau, Instandhaltung und Netzerneuerung wurden insgesamt 73.000 Tonnen Beton und 37.000 Tonnen Zementmörtel pro Jahr angegeben.⁴²

Die Abwasserentsorgung umfasst Rohrleitungen einschließlich Schächte, Klärwerke sowie Regenentlastungsanlagen. Das öffentliche Kanalnetz betrug laut Bergmann et al. (2015) rund 562 Tsd. km, private Kanalnetze werden auf zusätzlich rund 900 Tsd. km geschätzt. Bergmann et al. (2015) schätzen den jährlichen Bedarf auf insgesamt 2.423.897 Tonnen Beton, 3.039.796 Tonnen Stahl-/Spannbeton und 147.774 Tonnen Zementmörtel. Steger et al. (2011) berechnen für Neubau und Instandhaltung jährliche Aufwendungen von 3.763.000 Tonnen Beton und 11.000 Tonnen Zementmörtel.

3.1.6. Zusammenfassung Tiefbau

Die durchschnittlichen Nachfragemengen pro Jahr im Tiefbau basierend auf den oben aufgeführten Abschätzungen zeigt die folgende Tabelle.

⁴² Steger, S., Fekkak, M., & Bringezu, D. S. (2011). Materialbestand und Materialflüsse in Infrastrukturen.

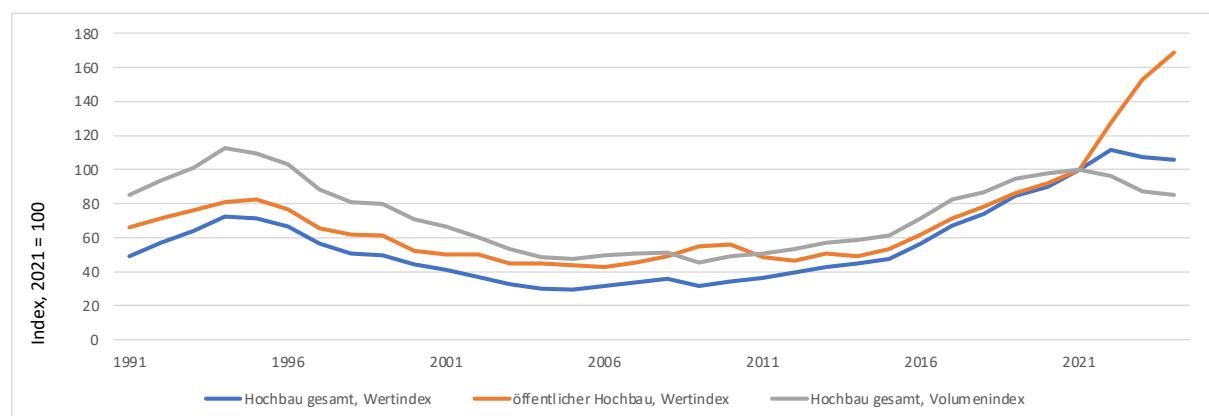
Tabelle 4: Durchschnittliche jährliche Nachfragemengen im Tiefbau in Tsd. Tonnen⁴³

| | Minimale Nachfragemenge | Maximale Nachfragemenge |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Beton | 17.117 | 20.090 |
| Zement | 456 | 565 |
| Sonstige Zementprodukte | 5624 | 6.677 |

3.2. Nachfrage im Hochbau

Der Hochbau beinhaltet Wohn- und Nichtwohngebäude. Die Investitionen der öffentlichen Hand in den Hochbau zeigen zwischen 1991 und 2021 ähnliche konjunkturelle Entwicklungen wie der Hochbau insgesamt. Durch den Anstieg der Preise in 2022 driftet der Wert- und der (preisbereinigte) Volumenindex auseinander. Der Wertindex des Auftragsbestandes im öffentlichen Hochbau stieg, während der Hochbau insgesamt stagnierte.

Abbildung 5: Entwicklung des Auftragsbestandes im Hochbau⁴⁴



In 2023 machte der Anteil der öffentlichen Bauinvestitionen in den öffentlichen Hochbau nur 4,2% der gesamten Bauinvestitionen aus, das sind rd. 20 Mrd. €.⁴⁵. Insgesamt wurden 2023 in Deutschland 96.000 Wohngebäude und 22.000 Nichtwohngebäude errichtet.⁴⁶

⁴³ Nach eigenen Berechnungen.

⁴⁴ Eigene Darstellung auf Basis von Destatis. (2025). Auftragsbestand (Wert-, Volumenindex) im Bauhauptgewerbe: Deutschland, Jahre, Bauarten. https://www-genesis.destatis.de/datenbank/online/statistic/44141*/table/44141-0001

Bemerkung: ein Volumenindex für den öffentlichen Hochbau ist nicht angegeben.

⁴⁵ Kraus, P. (2023). Bauwirtschaft im Zahlenbild. Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e. V. https://www.bauindustrie.de/fileadmin/bauindustrie.de/Zahlen_Fakten/Bauwirtschaft-im-Zahlenbild/230509_Bauwirtschaft-im-Zahlenbild-2023-WEBSITE.pdf.

⁴⁶ Statistisches Bundesamt. (2024). Anzahl der Baufertigstellungen von Wohn- und Nichtwohngebäuden in Deutschland in den Jahren 2002 bis 2023 (in 1.000) [Dataset].

3.2.1. Wohngebäude

Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes (2022) wurden 2021 (aktuell möglichstes Jahr) 616 Gebäude mit insgesamt 10.251 Wohnungen durch die öffentliche Hand fertiggestellt. Zum Vergleich: Private Haushalte stellten insgesamt fast 80.000 Gebäude mit 118 Tausend Wohnungen fertig. Die durchschnittlichen Wohneinheiten pro Gebäude lag mit 16,6 im öffentlichen Wohnungsbau sehr hoch, die Wohnfläche je Wohnung mit 52,3 m² sehr niedrig.

Anhand typischer Durchschnittswerte für Materialkennzahlen in Gebäuden können die Beton- und Zementmengen im Hochbau abgeschätzt werden. Nach Heinrich (2019)⁴⁷ beträgt die

- Stoffliche Zusammensetzung von Einfamilienhäusern im Bestand nach 2011:
 - Putz, Estrich, Mörtel: 65 kg/m³ BRI
 - Beton: 190 kg/m³ BRI
- Stoffliche Zusammensetzung von Mehrfamilienhäusern im Bestand nach 2011:
 - Putz, Estrich, Mörtel: 75 kg/m³ BRI
 - Beton: 225 kg/m³ BRI.

Wird nun unterstellt, dass die öffentlichen Bauherren ausschließlich Mehrfamilienhäuser bauen, so liegt die nachgefragte Menge in 2021 für

- Putz, Estrich, Mörtel bei 212.250.000 kg/Jahr = 42.450 Tonnen Zement/Jahr (Bei Zementanteil von 20%)
- Beton: 636.750.000 kg/ Jahr = 127.350 Tonnen Zement/Jahr (Bei Zementanteil von 20%).

Zusätzlich erfordern Sanierungen, basierend auf einer Sanierungsrate von 2,5%⁴⁸ und der Anzahl der Wohnungen, die in öffentlicher Hand sind, rund 1,8 Tsd. Tonnen Zement für Putz, Estrich, Mörtel und 27,2 Tsd. Tonnen Beton, jeweils pro Jahr.

3.2.2. Nichtwohngebäude

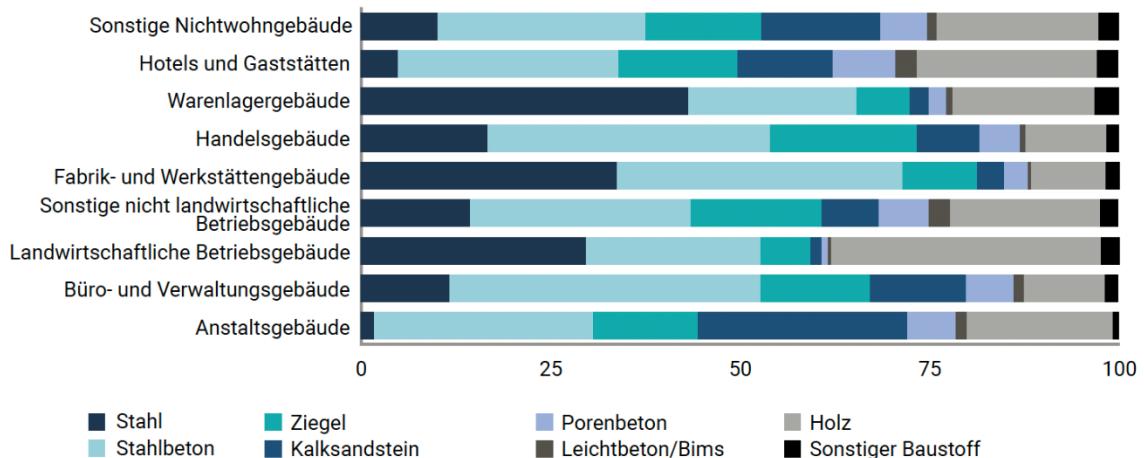
Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes (2022) wurden 2021 (aktuell möglichstes Jahr) 2.031 Gebäude mit einer Nutzfläche von insg. 2.089 Tsd. m² durch die öffentliche Hand fertiggestellt. Das sind 9% aller Nichtwohngebäude. Im Zeitvergleich sind die Bautätigkeiten der öffentlichen Hand in den letzten drei Jahrzehnten leicht zurückgegangen.

⁴⁷ Heinrich, M. A. (2019). Erfassung und Steuerung von Stoffströmen im urbanen Wohnungsbau—Am Beispiel der Wohnungswirtschaft in München-Freiham. <https://media.tum.de/doc/1453693/870797.pdf>.

⁴⁸ Deilmann, C., Reichenbach, J., Krauß, N., & Gruhler, K. (2017). Zukunft Bauen Forschung für die Praxis | Band 06 Materialströme im Hochbau. https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/zukunft-bauen-fp/2017/band-06-dl.pdf;jsessionid=C3696112EAA141BD5749559D3F773AC4.live11293?__blob=publicationFile&v=1.

Die stoffliche Zusammensetzung von Nichtwohngebäuden unterscheidet sich sehr stark nach der Nutzungsform. Das folgende Schaubild zeigt die vorwiegend verwendeten Baustoffe nach Nutzung in 2022.

Abbildung 6: Fertiggestellte öffentliche und private Nichtwohngebäude nach vorwiegend verwendetem Baustoff und Nutzungsart 2022 in %



Quelle: (dena, 2023⁴⁹) basierend auf Destatis, 2023

Die öffentliche Hand baut u.a. Büro- und Verwaltungsgebäude, Anstaltsgebäude, sonstige nicht landwirtschaftliche Betriebsgebäude sowie sonstige Nichtwohngebäude. Da die Materialzusammensetzung sehr variiert, wird im Folgenden ein Gebäudetyp mit minimalem und eines mit maximalem Zementanteil basierend auf Heinrich (2019) genutzt, um die Spannweite aufzuzeigen.

- Materialzusammensetzung beim Neubau eines Hauses: (**Minimalabschätzung**)⁵⁰
 - Putz, Estrich, Mörtel: 20 kg/ m³ BRI = 255.420 Tonnen/Jahr
 - Beton: 40 kg/ m³ BRI = 510.840 Tonnen/Jahr
- Materialzusammensetzung beim Neubau eines massiven Bürobaus: (**Maximalabschätzung**)⁵¹
 - Putz, Estrich, Mörtel: 35 kg/ m³ BRI = 446.985 Tonnen/Jahr
 - Beton: 290 kg/ m³ BRI = 3.703.590 Tonnen/Jahr

⁴⁹ dena. (2023). dena-GEBÄUDEREPORT 2024. Zahlen, Daten, Fakten zum Klimaschutz im Gebäudebestand. Deutsche EnergieAgentur (Hrsg.). <https://www.dena.de/infocenter/dena-gebaudereport-2024/>.

⁵⁰ Heinrich, M. A. (2019). Erfassung und Steuerung von Stoffströmen im urbanen Wohnungsbau—Am Beispiel der Wohnungswirtschaft in München-Freimann. <https://media.tum.ub.tum.de/doc/1453693/870797.pdf>.

⁵¹ Heinrich, M. A. (2019). Erfassung und Steuerung von Stoffströmen im urbanen Wohnungsbau—Am Beispiel der Wohnungswirtschaft in München-Freimann. <https://media.tum.ub.tum.de/doc/1453693/870797.pdf>.

Deilmann et. al. (2017) nennt eine Sanierungsrate für Wohngebäudeähnliche Nichtwohngebäude (bspw. Büro- und Verwaltungsgebäude, Handels- und Dienstleistungsgebäude) von 2% und für die übrigen Nichtwohngebäude (Gebäude des Gesundheitswesens, Bildungsgebäude, Sportgebäude) von 0,5%. Der Materialinput liegt bei 5,5% bei Wohngebäudeähnlichen Nichtwohngebäude und bei 3% bei allen übrigen Nichtwohngebäude.⁵²

Wird der NWG nach Nutzung und rechtlichem Eigentümer⁵³ anhand des Nichtwohngebäudebestand (dena, 2023) anteilig berechnet, so ergibt sich eine Größenordnung von 35,8% aller NWG bzw. 716 Tsd. Gebäude, die in öffentlicher Hand sind. Davon sind rund 94 Tsd. öffentliche Gebäude wohngebäudeähnlich.

Um die Größenordnungen für die Sanierungen von wohngebäudeähnlichen Nichtwohngebäude aufzuzeigen, wird eine Maximal- und eine Minimalabschätzung vorgenommen (maximale Sanierungsrate mit maximalen Zementanteil ahnähnlich eines massiven Bürobaus bzw. minimale Sanierungsrate mit Gebäude mit minimalen Zementanteil):

Minimalabschätzung⁵⁴:

- Putz, Estrich, Mörtel: 1,1 kg/ m³ BRI = 3.251 Tonnen/Jahr
- Beton: 2,2 kg/ m³ BRI = 6.502 Tonnen/Jahr

Maximalabschätzung:

- Putz, Estrich, Mörtel: 1,93 kg/ m³ BRI = 22.815 Tonnen/Jahr
- Beton: 15,95 kg/ m³ BRI = 188.551 Tonnen/Jahr

Auch für die Sanierungen von nicht-wohngebäudeähnlichen Nichtwohngebäuden wird eine Maximal- und eine Minimalabschätzung vorgenommen:

Minimalabschätzung:

- Putz, Estrich, Mörtel: 0,6 kg/ m³ BRI = 11.733 Tonnen/Jahr
- Beton: 1,2 kg/ m³ BRI = 23.467 Tonnen /Jahr

Maximalabschätzung:

- Putz, Estrich, Mörtel: 1,05 kg/ m³ BRI = 20.533 Tonnen/Jahr
- Beton: 8,7 kg/ m³ BRI = 170.134 Tonnen /Jahr

Es ist davon auszugehen, dass neben den oben genannten durchschnittlichen Bedarfen weitere hinzukommen. So besteht ein erheblicher Sanierungsstau unter anderem

⁵² Deilmann, C., Reichenbach, J., Krauß, N., & Gruhler, K. (2017). Zukunft Bauen Forschung für die Praxis | Band 06 Materialströme im Hochbau. https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/zukunft-bauen-fp/2017/band-06-dl.pdf;jsessionid=C3696112EAA141BD5749559D3F773AC4.live11293?__blob=publicationFile&v=1.

⁵³ IWU, I. W. und U. G. (2023). Wissenschaftlicher Jahresbericht 2022.

⁵⁴ Alle Minimal- und Maximalabschätzungen beziehen sich auf: Heinrich, M. A. (2019). Erfassung und Steuerung von Stoffströmen im urbanen Wohnungsbau—Am Beispiel der Wohnungswirtschaft in München-Freimham. Von <https://mediatum.ub.tum.de/doc/1453693/870797.pdf> abgerufen.

bei Schulen und Krankenhäusern. Rund 30% der Flächen öffentlicher Gebäude auf kommunaler Ebene sind Schulen. Salzberg & Brand (2022) beziffern den Investitionsrückstand bei Schulen in 2022 auf 45 Mrd. Euro⁵⁵. 55% aller Kommunen melden einen Sanierungsrückstand bei Schulgebäude, 17% sogar einen gravierenden Rückstand, der die kommunale Aufgabenwahrnehmung einschränkt. Das Institut Arbeit und Qualifikation der Universität Duisburg-Essen den Investitionsrückstand bei Krankenhäusern auf 30 Mrd. Euro, bezogen auf das Jahr 2020.⁵⁶

3.2.3. Zusammenfassung der Nachfrage im Hochbau

Die folgende Tabelle zeigt die nachgefragten jährlichen Mengen im Hochbau basierend auf den zuvor ausgeführten Abschätzungen.

Tabelle 5: Durchschnittliche jährliche Nachfrage im Hochbau in Tsd. Tonnen⁵⁷

| | Minimale Abschätzung | Maximale Abschätzung |
|-------------------------|----------------------|----------------------|
| Beton | 1.178 | 4.699 |
| Zement | - | - |
| Sonstige Zementprodukte | 482 | 1.080 |

3.3. Zusammenfassung der Nachfragemengen

Die Bauaktivitäten der öffentlichen Hand sind umfangreich und abhängig von den möglichen Ausgaben. Die in den Kapiteln Tief- und Hochbau aufgeführten jährlichen Nachfragemengen nach Beton und Zement sind durchschnittliche Werte. Insgesamt summieren sie sich

- ⇒ Für Beton auf 17,1 – 20,1 Mio. Tonnen im Tief- und 1,2 – 4,7 Mio. Tonnen im Hochbau
- ⇒ Für Zement (ohne Beton und zementhaltige Produkte) auf 0,5-0,6 Mio. Tonnen im Tiefbau
- ⇒ Für sonstige zementhaltige Produkte auf 5,6 – 6,7 Mio. Tonnen im Tiefbau und 0,5 – 0,7 Mio. Tonnen im Hochbau

jährlich. Werden die Zementinhalte abgeschätzt und mit der Produktionsmenge von Zement verglichen, so fragt die öffentliche Hand größtenteils 20 – 25% der jährlichen Produktionsmenge nach.

⁵⁵ Salzgeber, J., & Brand, S. (2022). Kosten steigen schneller als die Investitionen: Bedarfe für Schulen weiter hoch. KfW Research. <https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-Fokus-Volkswirtschaft/Fokus-2022/Fokus-Nr.-401-September-2022-Update-Schulen.pdf>.

⁵⁶ IAQ, I. A. und Q. der U. D.-E. (2023). Krankenhäuser und Betten nach Trägerschaft 2002—2023. https://www.sozialpolitik-aktuell.de/files/sozialpolitik-aktuell/_Politikfelder/Gesundheitswesen/Daten-sammlung/PDF-Dateien/abbVI32b.pdf.

⁵⁷ Eigene Berechnungen.

Angesichts der Ankündigung der neuen Regierung, einen Infrastrukturfond in Milliardenhöhe aufzusetzen, ist davon auszugehen, dass der Reformstau in den kommenden Jahren gemildert oder aufgelöst werden könnte. In dem Zuge ist von einer überdurchschnittlich hohen Nachfrage nach Zement und Beton auszugehen.⁵⁸

⁵⁸ Weitere Quellen:

dena. (2022). DENA GEBÄUDEREPORT 2023 ZAHLEN, DATEN, FAKTEN zum Klimaschutz im Gebäudebestand. Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena). https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2022/dena_Gebaeudereport_2023.pdf.

dena. (2023). dena-GEBÄUDEREPORT 2024. Zahlen, Daten, Fakten zum Klimaschutz im Gebäudebestand. Deutsche EnergieAgentur (Hrsg.). <https://www.dena.de/infocenter/dena-gebaeudereport-2024/>.

Destatis. (2025). Auftragsbestand (Wert-, Volumenindex) im Bauhauptgewerbe: Deutschland, Jahre, Bauarten. https://www-genesis.destatis.de/datenbank/online/statistic/44141*/table/44141-0001.

Kapitel 4: Optimierter Beton- und Zementeinsatz als Kernfaktor einer nachhaltigen Baustoffwende

In diesem Kapitel werden die Möglichkeiten einer nachhaltigen Baustoffwende entlang der Wertschöpfungskette von Zement und Beton skizziert. Damit geht es in diesem Kapitel nicht darum, wie Zement oder Beton durch andere Baumaterialien substituiert werden können (siehe hierzu Kapitel 2), sondern vielmehr um die Optimierung des Einsatzes von Zement und Beton selbst. Allerdings werden die Aspekte der möglichst klimaneutralen Zementherstellung (Einsatz von Ersatzbrennstoffen, CCS/CCU, technologische Effizienz in der Klinkerherstellung) hier nicht diskutiert. Die Themen des Carbon Management in der Zementherstellung sind in anderen Studien ausführlich diskutiert.

4.1. Die Veränderung des Zement-Portfolio

Die deutsche Zementindustrie hat in den letzten Jahren ihre Umweltwirkung stark reduziert. Unter anderem dadurch, dass die durchschnittliche Klinkerquote⁵⁹ von rund 87% im Jahr 1995 auf aktuell rund 70% gesenkt werden konnte. Der zukünftige Wegfall von Hüttensand im Rahmen der Transformation der Stahlindustrie wird aber dafür sorgen, dass der Klinkeranteil am deutschen Zementmix nur noch leicht zurück gehen wird. In der VDZ-Studie Dekarbonisierung von Zement und Beton (2020)⁶⁰ werden in den beiden Szenarien „ambitioniertes Referenzszenario“ und „Szenario Klimaneutralität“ die unterschiedlichen Zementportfolien mit den entsprechenden Zementgruppen und deren durchschnittlichem Klinkeranteil dargestellt. Im Szenario Klimaneutralität sinkt der Anteil der Portland-Zemente (CEM I) mit einem Klinkeranteil von über 95%, die heute noch 21% des Inlandversandes ausmachen, auf rund 15% bis zum Jahr 2050. Im Projekt SCI4climate.NRW⁶¹ sinkt dieser Anteil sogar auf nur noch rund 5% bis zum Jahr 2045 und wird perspektivisch nur noch bei Spezialanwendungen im Tiefbau zum Einsatz kommen. Portlandhüttenzement (CEM II/S) oder Hochofenzement (CEM III) werden aufgrund des Wegfalls von Hüttensand (und auch Flugaschen) langfristig stark an Bedeutung für das Zementportfolio der deutschen Zement-Industrie verlieren. Andere Zementsorten wie Portland-Komposit-Zemente (CEM II-C), Komposit-Zemente (CEM VI), Puzzolan-Zement (CEM IV) oder auch Portland-Kalksteinzement (CEM II/LL) werden dagegen in ihrer Bedeutung zunehmen. Diese enthalten jedoch relevante Klinkeranteile, so dass der Klinkeranteil am Gesamtversand von Zement nur noch geringfügig zurückgehen wird. Das Szenario in SCI4climate.NRW (2023) erwartet im Jahr 2045 einen durchschnittlichen Klinkeranteil von 63%, während die VDZ-Szenarien von durchschnittlichen Klinkeranteilen im Jahr 2060 von 63% (ambitioniertes Referenzszenario) bzw. 53% (Szenario Klimaneutralität) ausgehen.

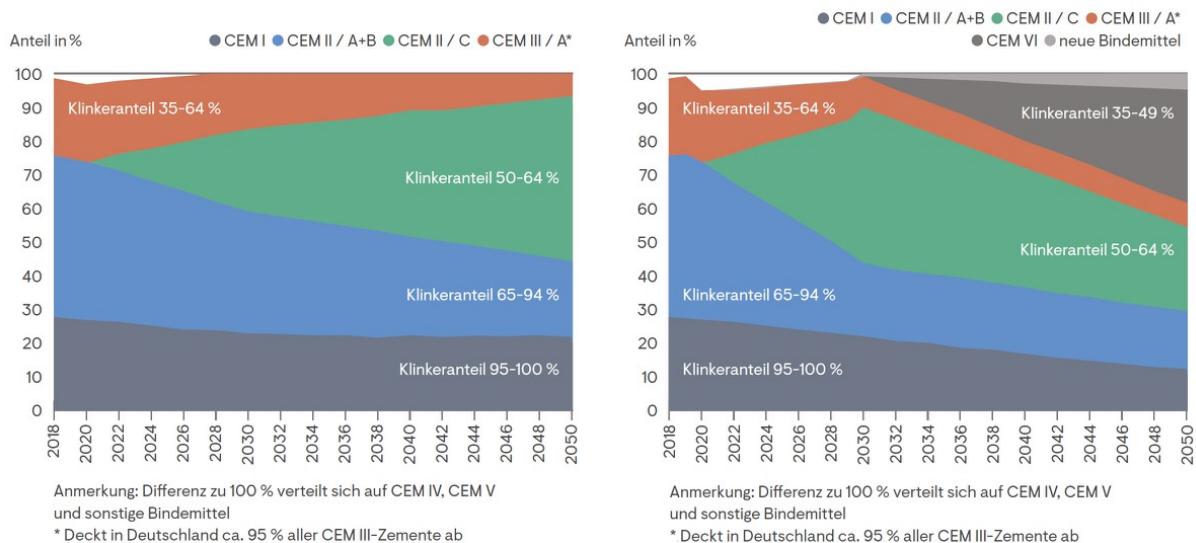
⁵⁹ Anteil des Klinkers an fertigen Zementen.

⁶⁰ VDZ (2020): Dekarbonisierung von Zement und Beton – Minderungspfade und Handlungsstrategien. Eine CO₂-Roadmap für die deutsche Zementindustrie.

⁶¹ SCI4climate.NRW (2023): Treibhausgasneutrales Energie- und Industriesystem für Deutschland bis 2045.

Es wird parallel viel an alternativen Bindemitteln geforscht, denen hohe Potentialen bei der Reduktion von spezifischen unvermeidbaren Emissionen zugeschrieben werden. Hier werden z.B. sogenannte Alkaliaktivierte-Bindemittel, Belite-Ye'elimit-Ferrite-Zemente, Calcium-Sulfo-Aluminat-Zement (CSA) oder auch Calciumhydrosilicate-Zemente (CHS) genannt. Allerdings sind die Markt- und Skalierungspotentiale dieser alternativen Bindemittel unklar. Sowohl im VDZ-Szenario Klimaneutralität wie auch im SCI4climate.NRW-Szenario wird für diese neuen Bindemittel daher auch nur ein geringer Marktanteil von 5% im Jahr 2045 erwartet.

Abbildung 7: Entwicklung des Zement-Portfolio laut den beiden VDZ-Szenarien „Ambitioniertes Referenzszenario“ (links) und „Szenario Klimaneutralität“ (rechts)⁶²



4.2. Verringerung des Zementanteils im Beton

Neben der Veränderung des Zementportfolio, der zumindest geringen Reduzierungen des Klinkeranteils ermöglichen wird, kann aber auch die Zusammensetzung von Beton weiterhin optimieren werden, mit dem Ziel den Zementanteil im Beton weiter zu reduzieren. So könnten z.B. notwendige spezifische Bauteileigenschaften viel stärker als bisher bei der Festlegung des Betonzusammensetzung Beachtung finden. Vorproduzierte Betonfertigteile sind dabei ein möglicher Weg die konkreten Bauteileigenschaften von vornherein bei der Auswahl geeigneter Betone zu berücksichtigen.

Daneben sind weitere Verbesserungen durch den Einsatz geeigneter Betonzusatzmittel und optimierter Korngrößenverteilungen möglich, um die Verarbeitungseigenschaften von Transport- und Fertigteilbetonen zu verbessern. Allerdings betont die VDZ-Studie (2020) die derzeit noch mit diesen neuen zementoptimierten Betonmischungen verbundenen Schwierigkeiten, die im Labormaßstab erprobten Betonmischungen auch in der täglichen Praxis mit unterschiedlichen Umgebungsbedingungen zuverlässig

⁶² VDZ (2020): Dekarbonisierung von Zement und Beton – Minderungspfade und Handlungsstrategien. Eine CO₂-Roadmap für die deutsche Zementindustrie.

verarbeiten zu können. Sollte diese Qualitätssicherung gelingen, sind laut VDZ (2020) zukünftig Einsparpotentiale von etwa 30% an CO₂ pro Kubikmeter Beton denkbar. Durch den Wegfall von Steinkohleflugaschen, die auch im Beton als Zusatzstoff eingesetzt werden, müssen perspektivisch ebenfalls angepasste Betonrezepturen mit alternativen Zusatzstoffen eingesetzt werden.

Das SCI4climate.NRW-Szenario (2023) beziffert die Einsparpotentiale an Zement bis zum Jahr 2045 durch die Verbesserungen der Betonrezepturen auf 14% im Hochbau und 9% im Tiefbau.⁶³

4.3. Ressourceneffizientes Bauen und neue Betone

Durch ressourceneffizientes Bauen sind aber zusätzliche Einsparpotentialen vorhanden mit denen die Nachfrage nach Beton gesenkt werden kann. Ganz unabhängig davon, ob ggf. der Anteil des Betons z.B. im Hochbau durch den verstärkten Einsatz anderer Baumaterialien wie Holz oder Hohlziegel sinken wird.

Eine Möglichkeit, um ressourceneffizienter zu bauen ist die verstärkte Nutzung von vorproduzierten Betonfertigteilen. Auf Grund der optimierten Herstellungsbedingungen sind vorproduzierte Bauteile in der Regel ressourceneffizienter herstellbar als die Verarbeitung von Ort beton auf der Baustelle. Zudem können bei Betonfertigteilen stärker hochfeste bzw. ultrahochfeste Betone verwendet werden, die schlankere Bauweise ermöglichen und damit ebenfalls die Gesamtbetonmenge senken. Auch der Anteil an Produktionsabfällen kann durch die Verwendung von Fertigteilen reduziert werden. Und schließlich gestatten Betonfertigteile schneller Bauprozesse und ermöglichen ein serielles Bauen. Beides kann die Baukosten senken. Auch die Möglichkeiten des Rückbaus und der Wiederverwendung können mit Fertigteil-Konstruktionen verbessert werden.

Bei der Verarbeitung von Frischbeton sind Bauweisen mit Hohldecken eine weitere Möglichkeit, um den Betonbedarf zu reduziert. Die VDZ-Roadmap zur Dekarbonisierung der Zement und Betonherstellung⁶⁴ schätzt, dass durch Hohldecken und Spannbeton-Fertigteildecken bis zu 50% Beton und 75% Stahl eingespart werden können gegenüber klassischen Konstruktionsweisen von Decken-Bauteilen.

Zusätzlich sind die neuartigen Leichtbeton-Bauweise wie z.B. mit Textil- oder Carbon-Beton vielversprechende Ansätze wie der Bedarf an Beton deutlich gesenkt werden kann. Die korrosionsbeständigen Bewehrungen benötigen deutlich weniger Betonabdeckung als herkömmliche Stahlbewehrung. Zudem können Textil- oder Carbon-Betone für flexible Bauweisen genutzt werden, wodurch sie sich z.B. auch für die Sanierung bzw. Verstärkung von Ingenieurbauwerken anbieten.

⁶³ SCI4climate.NRW (2023): Treibhausgasneutrales Energie- und Industriesystem für Deutschland bis 2045.

⁶⁴ VDZ (2020): Dekarbonisierung von Zement und Beton – Minderungspfade und Handlungsstrategien. Eine CO₂-Roadmap für die deutsche Zementindustrie.

Da im Gegensatz zu Stahlbeton die Bewehrung im Textil- und Carbon-Beton nicht korrodieren kann, haben diese Bauteile eine längere Lebensdauer und sind aktuell Gegenstand vielfältiger Forschung im Hinblick auf die Recyclingfähigkeit.

Inwieweit 3-D-Betondruck die Vorteile der individualisierten Gestaltung und Verarbeitung von Frischbeton auf der einen Seite und die geringeren Abfälle der Fertigteilherstellung auf der anderen Seite kombinieren kann, muss sich erst noch zeigen. 3-D-Betondruck steht erst am Anfang der Entwicklungsphase, aber erste Versuche mit 3-D-Betondruck zeigen, dass dies ein logistisch und technologisch sehr komplexer Vorgang ist.

Das SCI4climate.NRW-Szenario schätzt, dass durch Optimierung im Baubereich (Planung, Leichtbau, neuen Bewehrung) die Betonnachfrage im Hochbau um 18% und im Tiefbau um 9% bis 2045 gesenkt werden kann.⁶⁵

4.4. Recycling von Beton

Ein Recycling in der (Frisch-)Betonherstellung findet heute schon statt. Produktionsreste von Transportbeton u.ä. werden schon heute wieder verwendet. Die Produktionsabfälle bei der Herstellung von Fertigbauteilen ist im Vergleich zu Frisch- bzw. Transportbeton deutlich niedriger.

Beim Recycling von Altbeton wird dieser üblicherweise in Recyclinganlagen für Bau- und Abbruchabfällen aufbereitet, vorsortiert, in Brechmühlen zerkleinert und nach verschiedenen Kornfraktionen (RC-Körnungen und RC-Sand) sortiert. Dies ist mit hohem energetischem Aufwand verbunden. Laut einer ifeu-Studie⁶⁶ kann der energetische Aufwand der Aufbereitung von Altbeton sogar höher als der Energiebedarf für die Herstellung von Primärrohstoffen sein. In der energetischen Gesamtbetrachtung (auf Beton-Ebene) hängt das Ergebnis letztlich von den Transportaufwendungen ab und damit, ob die Abbaustelle von Primärmaterial oder die Recyclinganlage von Bau- und Abbruchabfällen näher am Betonwerk liegt. Da heutzutage vor allem der Zuschlagsstoff im Beton wiederverwendet wird und nicht der Zementstein, ist sogenannter RC-Beton aus der Perspektive der THG-Einsparung sehr stark von den Unterschieden der Transportwege abhängig. Da das Angebot an Bauabfälle und die Nachfrage nach Beton jedoch häufig in urbanen Zentren konzentriert sind, könnte der Einsatz von Recyclingbeton auch aus Sicht von THG-Einsparungen häufig sinnvoll sein.

Zudem kann durch die Verwendung von RC-Körnungen aus Altbeton die Primärrohstoffverwendung von Sand und Kies deutlich reduziert werden. Dadurch können auch andere Umweltwirkungen wie z.B. der Artenschutz positiv beeinflusst werden. Heute werden in der Regel in RC-Beton rund 25-30% der Primärkörnungen durch RC-Körnungen ersetzt. Bei einem Gewichtsanteil von rund 70% an üblichem Beton, kann das

⁶⁵ SCI4climate.NRW (2023): Treibhausgasneutrales Energie- und Industriesystem für Deutschland bis 2045.

⁶⁶ Ifeu (2016): Untersuchungs- und Demonstrationsvorhaben zur Intensivierung der Verwendung von aufbereitetem Bauschutt als Betonzuschlagsstoff. Im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg.

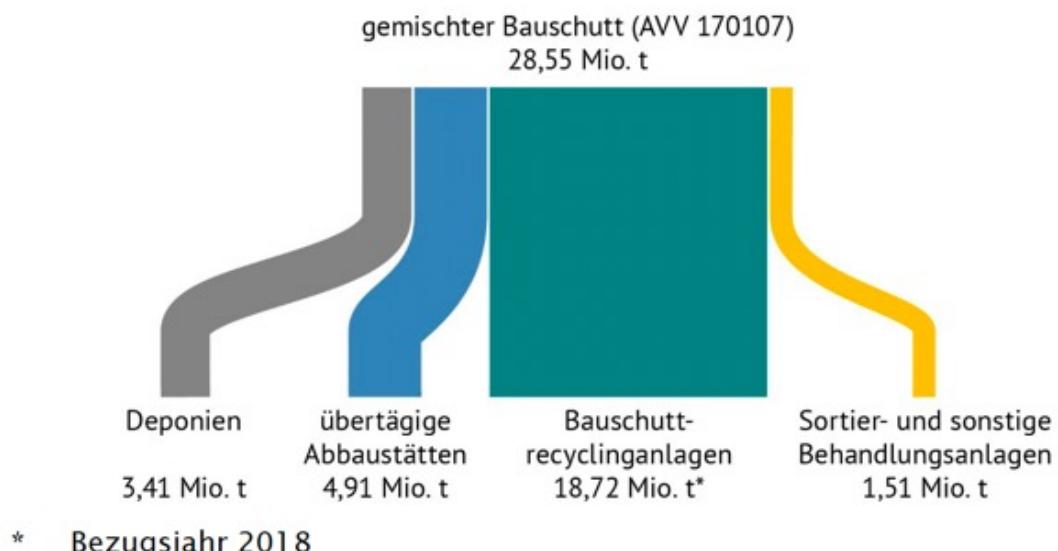
Substitutionspotential von Zuschlagsstoffen überschlägig mit 23,7 Mio. t abgeschätzt werden.⁶⁷

Der RC-Sand kann einerseits zu geringen Teilen in der Betonherstellung verwendet werden, aber auch als feingemahlene Recyclingmehl (RC-Mehl) in der Zementherstellung. Hierzu gibt es schon R-Zemente CEM II/C-M (S-F) und CEM II/A-F auf dem Markt, die bis zu 20 % RC-Mehl enthalten.

In Deutschland gibt es zudem erste Versuchsanlagen, bei denen die RC-Körnungen noch einer Rekarbonisierung unterzogen werden. Dabei werden die RC-Körnungen in einem Reaktor mit CO₂ bedampft. Sie reagieren mit dem CO₂ und bilden so in wenigen Stunden CaCO₃, womit dauerhaft CO₂ gespeichert wird und die THG-Bilanz des R-Betons verbessert werden kann.

4.5. Aufkommen von Altbeton und Recyclingwege

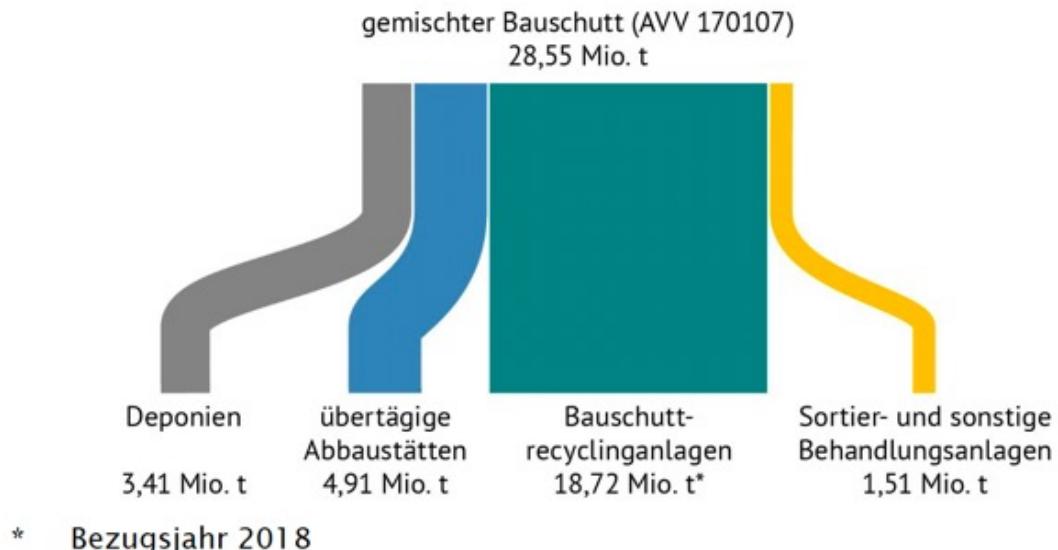
Im Jahr 2022 fielen in Deutschland rund 24,7 Mio. t Betonabfälle (AVV 170101) an. Der Bericht der Abfallentsorgung (Destatis 2024) weist weiterhin 26,0 Mio. t an gemischte Bauabfälle (AVV 170107) aus, die wiederum bis zu 80% Beton enthalten können. Damit fielen in Deutschland bis zu 45,5 Mio. t Betonabfälle an. Während die reinen Betonabfälle (AVV 170101) zu 95% in Bauschutt-Recyclinganlagen behandelt werden, sind es bei den gemischten Bauabfällen nur 65%. Relevante Anteile der gemischten Bauabfälle (rund 30%) werden deponiert oder übertätigig verfüllt. Aus den Anteilen für 2019 (Abbildung 8: Aufkommen und Entsorgung von gemischten Bauabfällen in Deutschland 2019



sind dies auf die Werte von 2022 bezogen rund 7,8 Mio. t Bauabfälle mit hohen Betonanteilen, die ohne weitere Aufbereitung auf Deponien oder überträgigen Abbaustätten entsorgt und damit einem Recycling entzogen werden.

⁶⁷ Annahmen: Durchschnittlicher Anteil an Zuschlagstoffen im Beton: 70%, Substitutionsquote an Zuschlagstoffen 30%, Betondichte: 2400 kg/m³, Nachgefragte Betonmenge in Deutschland: 47 Mio. m³

Abbildung 8: Aufkommen und Entsorgung von gemischten Bauabfällen in Deutschland 2019⁶⁸



Die aufbereiteten Recyclingbaustoffe werden heutzutage vor allem im Straßen- und Wegebau eingesetzt. Laut den Monitoringberichten der mineralischen Bauabfälle⁶⁹ wurden von den insgesamt 75,3 Mio. t Recyclingbaustoffen fast 20% (oder 14,5 Mio. t) in der Asphalt- und Betonherstellung eingesetzt (Abbildung 9). Diese Angaben sind insoweit etwas irreführend, da es sich bei dieser Verwendung der Recyclingbaustoffe fast ausschließlich um Asphaltzuschlag handelt. Laut Kehl/Riousett⁷⁰ waren es in 2018 gerade mal 0,5 Mio. t an Altbeton, die wieder zur Betonherstellung verwendet wurden. Die Studie des RWI für den Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden e.V.(bbs) kommt auf einen Wert von 0,8 Mio. t.⁷¹

⁶⁸ Kehl, C./Riousett, P. (2024): Strategien und Instrumente zur Verbesserung des Rezyklateinsatzes. TAB Arbeitsbericht Nr. 207.

⁶⁹ Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden e.V (2024): Mineralische Bauabfälle Monitoring 2022.

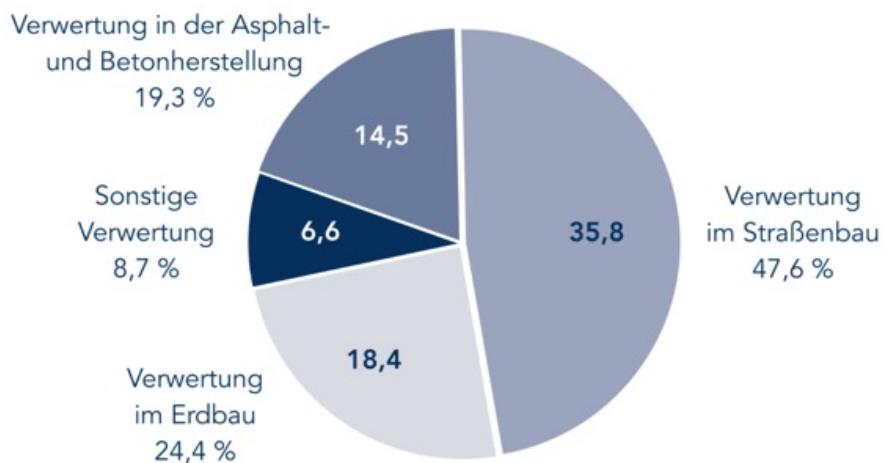
⁷⁰ Kehl, C./Riousett, P. (2024): Strategien und Instrumente zur Verbesserung des Rezyklateinsatzes. TAB Arbeitsbericht Nr. 207.

⁷¹ RWI (2025): Rohstoffnachfrage 2045 – Ressourcen sichern, Zukunft bauen. Studie im Auftrag Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden e.V.(bbs).

Abbildung 9: Verwertung von Recyclingbaustoffen⁷²

Verwertung der Recycling-Baustoffe 2022 (in Mio. t)

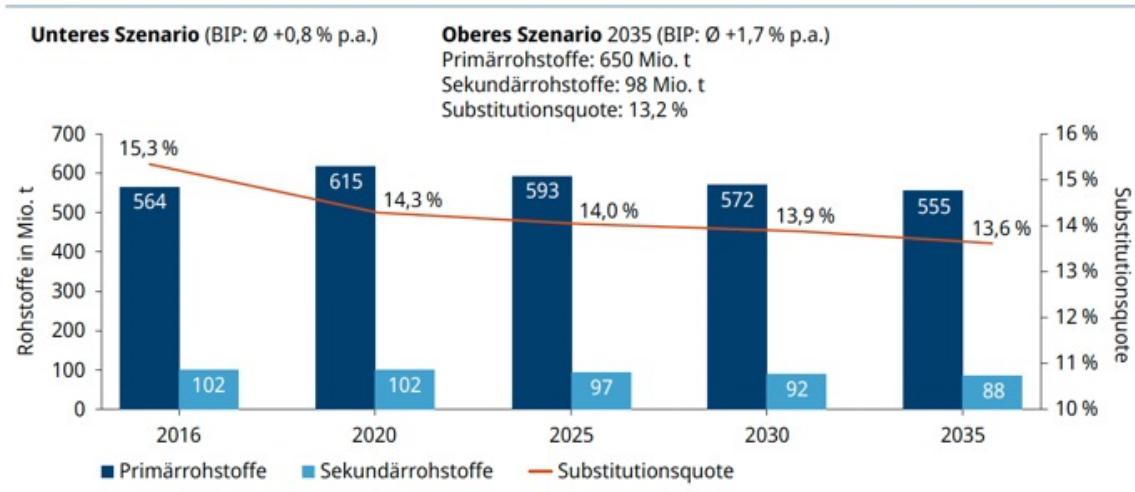
Recycling-Baustoffe insgesamt: 75,3 Mio. t



Sowohl die DENA-Dialogplattform Recyclingrohstoffe als auch die RWI-Studie zeigen in ihren BAU-Szenarien auf, dass bei einem fehlenden Gegensteuern die Nachfrage nach mineralischen Baustoffen auch in Zukunft sehr hoch sein wird. Gleichzeitig ist die Verfügbarkeit von Sekundärmaterialien aus Bau- und Abbruchabfällen deutlich niedriger als die prognostizierte Nachfrage nach Baumineralien bei einem weiter so wie bisher. Dadurch liegt die Substitutionsquote für mineralische Primärrohstoffe durch Sekundärmaterial derzeit nur bei etwa 13-14% und wird sich laut den Prognosen der DERA-Dialogplattform und des RWI auch in Zukunft nicht stark verbessern und ggf. sogar zurückgehen (Abbildung 10). Damit wird es auch in Zukunft, ohne eine eindeutige politische Intervention, ein starkes Auseinanderklaffen von Nachfrage nach mineralischen Rohstoffen und der Verfügbarkeit von Recyclingbaustoffen zu verzeichnen sein.

⁷² Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden e.V (2024): Mineralische Bauabfälle Monitoring 2022.

Abbildung 10: Verfügbarkeit von Recyclingbaustoffen⁷³



Gleichzeitig zeigen die Abfalldaten und die Angaben zum derzeitigen Anteil von aufbereitetem Altbeton zur Herstellung von RC-Beton, dass im Bereich Betonrecycling für RC-Beton noch viel ungenutztes Potential liegt. Durch die Verwendung der Grobfraktion von aufbereitetem Altbeton in RC-Beton kann der Anteil der Primärkörnung im Beton rein bautechnisch vollständig substituiert werden. Üblicherweise werden im RC-Beton aktuell rund 35% der Primärkörnung durch RC-Körnung ersetzt. Allerdings zeigen eine Reihe von Beispielen, dass auch Bauwerke mit 100% Recycling-Zuschlagstoffen möglich sind. Da dies jedoch noch nicht in entsprechenden Regelwerken verankert wurde, sind zurzeit solche Gebäude immer nur mit einer Einzelzulassung möglich, bei der der Bauherr bereit sein muss, diesen Mehraufwand an Planung und Unsicherheit einzugehen.

⁷³ DERA – Deutsche Rohstoffagentur in der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffen (2023): Abschlussbericht der Dialogplattform Recyclingrohstoffe. – DERA Rohstoffinformationen 58.

Kapitel 5: Handlungsfelder und Empfehlungen zur Etablierung einer nachhaltigen Baustoffwende

Die vorangegangenen Analysen haben deutlich gemacht: Eine erfolgreiche Baustoffwende ist kein technisches Detailprojekt, sondern eine strategische Zukunftsaufgabe mit hoher politischer Relevanz. Sie berührt zentrale Politikfelder – von Klimaschutz über Ressourcensicherheit bis zur Innovations- und Industriepolitik – und verlangt nach klaren Prioritäten, institutioneller Verbindlichkeit und konsequenter Umsetzung. Vor dem Hintergrund des EU-Green Deal hat sich Deutschland mit der Nationalen Kreislaufwirtschaftsstrategie und dem Klimaschutzgesetz ambitionierte Ziele gesetzt. Doch diese Ziele bleiben ohne konkrete Maßnahmen im Bau- und Infrastruktursektor unerreichbar. Der Bausektor ist nicht nur einer der größten CO₂-Emittenten und Rohstoffverbraucher – er ist zugleich ein strategischer Hebel für Dekarbonisierung, Kreislaufwirtschaft und regionale Wertschöpfung.

Vor diesem Hintergrund definiert dieses Kapitel zentrale politische Handlungsfelder, die über den Rahmen freiwilliger Maßnahmen hinausgehen und gezielt auf strukturelle Veränderung zielen. Es benennt konkrete Empfehlungen, mit denen die Bundesregierung, Länder und Kommunen, aber auch öffentliche und private Auftraggeber die Transformation aktiv gestalten können.

Das Ziel ist klar: Der Bau muss zur Trägersäule einer klimaneutralen, ressourceneffizienten Wirtschaftsweise werden. Damit dies gelingt, braucht es jetzt entschlossenes politisches Handeln – mit einem klaren ordnungspolitischen Kompass, wirksamen Anreizstrukturen und einem förderlichen Innovationsklima.

5.1. Handlungsfeld 1: Verbindliche Rezyklatquoten und Materialvorgaben

Empfehlung: Einführung bundesweit verbindlicher Mindestquoten für den Einsatz von Recyclingmaterialien in öffentlichen Hoch- und Tiefbaumaßnahmen (z.B. sollte ein eingesetzter Beton mindestens 25% und Zement 15% Recyclinganteil haben – soweit technisch möglich) – insbesondere für Beton, Zement und Gesteinskörnungen; ggf. – wenn nicht anders umsetzbar – unter Differenzierung der Quoten nach regionaler Verfügbarkeit, Bauart und Nutzungskategorie.

Begründung: Nur über verpflichtende Vorgaben kann die Marktakzeptanz für Recyclingbaustoffe strukturell erhöht werden. Recyclingprodukte müssen von der Ausnahme zur Norm werden – und zwar gesteuert über klare politische Leitplanken. Die öffentliche Hand sollte mit ambitionierten Quoten vorangehen und Innovationsspielräume durch Pilotprojekte nutzen.

5.2. Handlungsfeld 2: Lebenszyklusbasierte Ökobilanzierung im Bauwesen

Empfehlung: Verpflichtende Integration von Lebenszyklusanalysen (LCA) und Treibhausgas-Gesamtemissionen in die Planung, Ausschreibung und Genehmigung öffentlicher Bauprojekte. Einführung von Grenzwerten für THG-Emissionen je Nutzungseinheit.

Begründung: Die reine Betrachtung von Anschaffungskosten verkennt die langfristigen Klima- und Ressourcenkosten von Gebäuden. Politisch-strategisches Ziel muss sein, THG-Emissionen und weitere Umweltwirkungen über den gesamten Lebenszyklus zu steuern und zu reduzieren. Hierfür braucht es eine Harmonisierung bestehender Bewertungs- und Zertifizierungssysteme sowie eine gesetzliche Verankerung auf Bundes- und Landesebene.

5.3. Handlungsfeld 3: Nutzung des Vergaberechts als Transformationshebel

Empfehlung: Überarbeitung des Vergaberechts mit Fokus auf Nachhaltigkeitskriterien. R-Baustoffe und ressourceneffiziente Bauweisen müssen verpflichtender und rechtsverbindlicher Bestandteil von Ausschreibungen sein, die bei Nichtberücksichtigung rechtliche Konsequenzen nach sich ziehen.

Begründung: Die öffentliche Beschaffung ist mit 15 % des BIP der größte Einzelmarkt in Deutschland – und damit ein zentraler Hebel für die Markttransformation. Die Vergabopraxis muss systematisch auf ökologische Wirkungen ausgerichtet werden. Politisch braucht es hierfür klare Definitionen, Anrechenbarkeiten und Kontrollmechanismen.

5.4. Handlungsfeld 4: Finanzielle Anreize und Investitionsprogramme

Empfehlung: Über die verpflichtende Quote für den Rezyklateinsatz hinaus braucht es gezielte Förderinstrumente für die Entwicklung und Anwendung ressourcenschonender Baustoffe. Einführung steuerlicher Anreize (z. B. Investitionsabzugsbeträge, Sonderabschreibungen) für den Einsatz von Rezyklaten und nachhaltigen Baumaterialien.

Begründung: Markakteure benötigen wirtschaftliche Sicherheit, um in neue Verfahren, Anlagen oder Baustoffe zu investieren. Politisch-strategisch müssen öffentliche Fördermittel gezielt als Katalysator für nachhaltige Materialkreisläufe wirken – sowohl im Neubau als auch in der Sanierung.

5.5. Handlungsfeld 5: Etablierung von digitaler Infrastruktur und Transparenz

Empfehlung: Aufbau einer nationalen – idealerweise internationalen, sprich europäischen – Plattform für Baustoffdaten und Materialpässe, Integration von BIM-Standards in öffentliche Ausschreibungen und Planungsprozesse, Förderung von „Design for Disassembly“-Ansätzen.

Begründung: Der Wandel zur Kreislaufwirtschaft erfordert digitale Transparenz über Stoffströme, Qualitäten und Rückbaubarkeit. Politische Entscheidungsträger:innen sind gefordert, einen interoperablen Datenrahmen zu schaffen, der Planungssicherheit und Vertrauen in zirkuläre Materialien ermöglicht.

5.6. Handlungsfeld 6: Stärkung von Wissen, Qualifikation und Kulturwandel

Empfehlung: Ausbau von Qualifizierungsprogrammen für Planer:innen, Architekt:innen, Vergabestellen und Bauwirtschaft. Integration zirkulärer Prinzipien in Hochschulcurricula und Weiterbildungsangebote. Förderung von Best-Practice-Kommunikation.

Begründung: Nur mit den notwendigen Kompetenzen kann der Wandel in der Baupraxis, und somit die Baustoffwende, skaliert werden. Die Politik muss hier die Voraussetzungen schaffen (wie u.a. durch die „Union of Skills“-Initiative der EU), damit gezielte Qualifizierung und Investitionen in Menschen die nachhaltige Baustoffwende zum Innovationstreiber machen.

5.7. Handlungsfeld 7: Entwicklung und Umsetzung einer Urban Mining Strategie

Empfehlung: Entwicklung einer nationalen Urban Mining Strategie inklusive strategischen Zielen, eindeutigen Priorisierungen und einer Umsetzungsroadmap. Ergänzend dazu Aufbau eines bundesweiten Urban Mining-Katasters zur systematischen Erfassung und Bewertung anthropogener Rohstofflager in Gebäuden, Infrastrukturen und Deponien. Integration von Urban Mining in Rückbauplanung, öffentliche Vergabe und Raumordnung.

Begründung: Urban Mining ist ein strategischer Hebel zur Ressourcensicherung und Reduktion von Primärrohstoffabhängigkeiten. Eine vorausschauende Bewirtschaftung des anthropogenen Lagers steigert die Rohstoffeffizienz, stärkt regionale Wertschöpfung und reduziert Emissionen – insbesondere im urbanen Raum.

5.8. Handlungsfeld 8: Klare Definition von Abfallende-Eigenschaften

Empfehlung: Für möglichst alle Materialklassen im Bausektor sollten klare Kriterien entwickelt werden, wann diese nach hochwertigen Recyclingprozessen nicht mehr als Abfall klassifiziert werden, sondern als Sekundärrohstoffe vermarktet werden können.

Begründung: Durch einen klar geregelten Übergang vom Abfallregime (mit umfangreichen administrativen Vorgaben zur Behandlung, Transport, Lagerung etc.) in ein Produktregime soll ein neuer und nachhaltiger Absatzmarkt entstehen, die Vermarktung hochwertiger und qualitätsgesicherter Recyclingbaustoffe gefördert und damit Umweltschutz und Wirtschaftlichkeit im Baugewerbe gestärkt werden.

Fazit

Die Baustoffwende ist kein Nischenthema, sondern ein zentraler Baustein für die ökologische Modernisierung der deutschen Wirtschaft. Der Bausektor steht dabei im Mittelpunkt – nicht nur als Emittent und Ressourcenverbraucher, sondern auch als potenzieller Lösungsraum für mehr Klimaschutz, Ressourceneffizienz und regionale Wertschöpfung.

Die vorliegende Studie hat gezeigt, dass eine nachhaltige Baustoffwende möglich ist – technisch, wirtschaftlich und politisch. Sie macht deutlich:

- Die öffentliche Hand kann durch gezielte Vergabeentscheidungen und regulatorische Leitplanken eine Lenkungswirkung entfalten, die weit über den eigenen Bedarf hinausgeht.
- Es bestehen erhebliche Potenziale zur Einsparung von Ressourcen und Treibhausgasen – etwa 60 Mio. t CO₂-Äquivalente und 66 Mio. t Rohstoffe bis 2045.
- Die Verfügbarkeit alternativer Materialien, digitaler Planungsinstrumente und innovativer Rückbaustrategien ist gegeben – was fehlt, ist eine flächendeckende Umsetzung.

Die Herausforderung liegt nicht im Mangel an Lösungen, sondern im Mangel an Umsetzung. Die Transformation braucht Tempo, Verbindlichkeit und eine koordinierte politische Steuerung. Für die Baustoffwende heißt das:

- Rezyklate und Lebenszyklusanalysen dürfen keine Option, sondern müssen Standard werden.
- Das Vergaberecht muss zur Triebfeder einer neuen Baukultur werden.
- Wissen, Digitalisierung und Urban Mining sind die Infrastruktur einer ressourcenschonenden Zukunft.

Die Baustoffwende ist nicht nur möglich – sie ist notwendig. Jetzt ist der richtige Zeitpunkt, sie als strategisches Projekt mit Priorität zu behandeln.

Literaturverzeichnis

(BBSR), B. f.-S.-u. (2022). Zulassungsverfahren für innovative Baustoffe im Vergleich. Von www.bbsr.bund.de abgerufen

(DGNB), D. G. (2022). Nachhaltigkeitszertifizierung in der Baupraxis. Von www.dgnb.de abgerufen

(OECD), O. f. (2019). Öffentliche Vergabe in Deutschland. Strategische Ansatzpunkte zum Wohl der Menschen und für wirtschaftliches Wachstum. Von https://www.oecd.org/de/publications/2019/08/public-procurement-in-germany_2e617775.htm abgerufen

(WKI), F.-I. f. (2022). Biobasierte Baustoffe – aktuelle Entwicklungen und Perspektiven. Von www.wki.fraunhofer.de abgerufen

Bauindustrie, H. d. (2021). Ressourcenschonendes Bauen – Herausforderungen in der Praxis. Von www.bauindustrie.de abgerufen

BBSR. (2022). Digitalisierung im Bauwesen – Potenziale von BIM. . Von www.bbsr.bund.de abgerufen

BDE Bundesverband der Deutschen Entsorgungs-, W. u. (2022). Studie zum Markt für Sekundärbaustoffe. Von www.bde.de abgerufen

BMUV. (2020). Deutsches Ressourceneffizienzprogramm (ProgRess III). Von www.bmuv.de abgerufen

BMUV. (25. 06 2021). Mantelverordnung: Verordnung zur Einführung einer Ersatzbaustoffverordnung, zur Neufassung der Bundes- Bodenschutz- und Altlastenverordnung u.a. . Von BGBl. S1690: <https://www.bmuv.de/gesetz/verordnung-zur-einfuehrung-einer-ersatzbaustoffverordnung-zur-neufassung-der-bundes-bodenschutz-und-altlastenverordnung-und-zur-aenderung-der-deponieverordnung-und-der-gewerbeabfallverordnung> abgerufen

BMUV. (2024). Nationale Kreislaufwirtschaftsstrategie (NKWS), S. 6. Von www.bmuv.de/download/nationale-kreislaufwirtschaftsstrategie-nkws abgerufen

BMUV. (2024). Nationale Kreislaufwirtschaftsstrategie (NKWS), Seite 105. Von www.bmuv.de/download/nationale-kreislaufwirtschaftsstrategie-nkws abgerufen

BMWK. (kein Datum). Wohlstand klimaneutral erneuern Werkstattbericht des Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK). Von https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Wirtschaft/werkstattbericht-des-bmwk.pdf?__blob=publicationFile&v=8 abgerufen

Bundesamt, S. (2024). Anzahl der Baufertigstellungen von Wohn- und Nichtwohngebäuden in Deutschland in den Jahren 2002 bis 2023 (in 1.000).

Bundesinstitut für Bau-, S. u. (2021). Ressourceneffizienz im Bauwesen. Von www.bbsr.bund.de abgerufen

Bundesinstitut für Bau-, S. u. (2023). Digitalisierung und BIM im Kontext der Kreislaufwirtschaft.

Bundesministerium für Umwelt, N. n. (2022). Bauabfallstatistik und Informationen zur Kreislaufwirtschaft. Von www.bmuv.de abgerufen

Bundesrechnungshof. (2024). Brückenmodernisierungsprogramm des Bundes für Autobahnbrücken.

Bundestages, W. D. (2020). Ökologische Kriterien in der öffentlichen Beschaffung, WD 7 – 3000 – 041/20. Von <https://www.bundestag.de/wissen/analysen> abgerufen

Deilmann, C. R. (2017). Zukunft Bauen Forschung für die Praxis | Band 06 Materialströme im Hochbau. Von https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/zukunft-bauen-fp/2017/band-06-dl.pdf;jsessionid=C3696112EAA141BD5749559D3F773AC4.live11293?__blob=publicationFile&v=1 abgerufen

dena. (2022). DENA GEBÄUDEREPORT 2023 ZAHLEN, DATEN, FAKTEN zum Klimaschutz im Gebäudebestand. Von Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena): https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2022/dena_Gebaeude_report_2023.pdf abgerufen

dena. (2023). dena-GEBÄUDEREPORT 2024. Zahlen, Daten, Fakten zum Klimaschutz im Gebäudebestand. Deutsche EnergieAgentur (Hrsg.). Von <https://www.dena.de/infocenter/dena-gebaeudereport-2024/> abgerufen

dena. (2023). dena-GEBÄUDEREPORT 2024. Zahlen, Daten, Fakten zum Klimaschutz im Gebäudebestand. Deutsche EnergieAgentur (Hrsg.). Von <https://www.dena.de/infocenter/dena-gebaeudereport-2024/> abgerufen

Destatis. (2024). Abfallentsorgung 2022, EVAS-Nummer 32111.

Destatis. (2025). Auftragsbestand (Wert-, Volumenindex) im Bauhauptgewerbe: Deutschland, Jahre, Bauarten. Von https://www-genesis.destatis.de/datenbank/online/statistic/44141*/table/44141-0001 abgerufen

DUH. (kein Datum). Kreislaufwirtschaft am Bau. Von <https://www.duh.de/informieren/ressourcen-und-abfall/kreislaufwirtschaft-am-bau/> abgerufen

e.V, B. B.-S. (2024). Mineralische Bauabfälle Monitoring 2022.

GmbH, D. E. (2023). Geschäftsmodelle für zirkuläres Bauen und Sanieren.

GmbH, M. G. (kein Datum). Forderungen an einen digitalen Gebäuderessourcenpass. Von <https://madaster.de/neuigkeiten/gebaeuderessourcenpass/> abgerufen

Hegger, M. e. (2017). Grundlagen des nachhaltigen Bauens. Birkhäuser.

Heinrich, M. A. (2019). Erfassung und Steuerung von Stoffströmen im urbanen Wohnungsbau—Am Beispiel der Wohnungswirtschaft in München-Freimann. Von <https://mediatum.ub.tum.de/doc/1453693/870797.pdf> abgerufen

IAQ, I. A.-E. (2023). Krankenhäuser und Betten nach Trägerschaft 2002—2023. Von https://www.sozialpolitik-aktuell.de/files/sozialpolitik-aktuell/_Politikfelder/Gesundheitswesen/Datensammlung/PDF-Dateien/abbVI32b.pdf abgerufen

Ifeu. (2016). Untersuchungs- und Demonstrationsvorhaben zur Intensivierung der Verwendung von aufbereitetem Bauschutt als Betonzuschlagsstoff. Im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg.

Institut, W. (2021). Urban Mining und Zirkuläres Bauen – Konzepte und Fallbeispiele. Von www.wupperinst.org abgerufen

IWU, I. W. (2023). Wissenschaftlicher Jahresbericht 2022.

Kehl, C. P. (2024). Strategien und Instrumente zur Verbesserung des Rezyklateinsatzes. TAB Arbeitsbericht Nr. 207.

Klimaschutz, B. f. (2022). Vergabestatistik. Von Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz,: Verfügbar unter:
<https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Dossier/oeffentliche-auftraege-und-vergabe.html> abgerufen

Knappe, F. R. (2015). Substitution von Primärrohstoffen im Stra-ßen- und Wegebau durch mineralische Abfälle und Bodenaushub; Stoffströme und Potenziale unter Berücksichtigung von Neu-, Aus- und Rückbau sowie der Instandsetzung.

Kommission, E. (2020). A new circular economy action plan - for a cleaner and more competitive Europe. Von <https://www.eu2020.de/resource/blob/2429166/156d2d98b66b2ff28b6990161eed91e9/12-17-kreislaufwirtschaftsaktionsplan-bericht-de-data.pdf> abgerufen

Kraus, P. (2023). Bauwirtschaft im Zahlenbild. Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e. V. . Von Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e. V. : https://www.bauindustrie.de/fileadmin/bauindustrie.de/Zahlen_Fakten/Bauwirtschaft-im-Zahlenbild/230509_Bauwirtschaft-im-Zahlenbild-2023-WEB.pdf abgerufen

NABU. (2020). Wirtschaften im Einklang mit der Natur. Von Handlungswege zur Sicherung der Biodiversität:
<https://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/biodiv/200923-nabu-bcg-studie-biodiv2.pdf> abgerufen

Öko-Institut, W. u. (2023). Machbarkeitsstudie "Modell Deutschland Circular Economy". Von <https://www.wwf.de/nachhaltiges-wirtschaften/circular-economy/modell-deutschland-circular-economy> abgerufen

Ressourceneffizienz, V. Z. (kein Datum). Kreislaufgerechtes Bauen. Von <https://www.ressource-deutschland.de/themen/bauwesen/kreislaufgerechtes-bauen/> abgerufen

Rohstoffen, D. –D. (2023). Abschlussbericht der Dialogplattform Recyclingrohstoffe. – DERA Rohstoffinformationen 58.

RWI. (2025). Rohstoffnachfrage 2045 – Ressourcen sichern, Zukunft bauen. Studie im Auftrag Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden e.V.(bbs) .

Salzgeber, J. &. (2022). Kosten steigen schneller als die Investitionen: Bedarfe für Schulen weiter hoch. KfW Research. Von <https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-Fokus-Volkswirtschaft/Fokus-2022/Fokus-Nr.-401-September-2022-Update-Schulen.pdf> abgerufen

SCI4climate.NRW. (2023). Treibhausgasneutrales Energie- und Industriesystem für Deutschland bis 2045.

Steger et al., 2. S. (2011). Materialbestand und Materialflüsse in Infrastrukturen.

Steger, S. F. (2011). Materialbestand und Materialflüsse in Infrastrukturen.

Umweltbundesamt. (2021). Ökonomische Instrumente für den Klimaschutz im Bausektor. Von www.umweltbundesamt.de abgerufen

Umweltbundesamt. (2022). Ressourceneinatz und Umweltauswirkungen des deutschen Bausektors. Von <https://www.umweltbundesamt.de/themen/abfallressourcen/abfallwirtschaft/urban-mining/das-anthropogene-lager#status-quo-bestand-dynamik-und-eigenschaften> abgerufen

Umweltbundesamt. (2024). Urban Mining als Strategie der Kreislaufwirtschaft.

VDI. (2020). Ressourcenverbrauch im Bauwesen. Von Ressource Deutschland: <https://www.ressource->

deutschland.de/themen/bauwesen/ressourcenverbrauch-im-bauwesen/
abgerufen

VDZ. (2020). Dekarbonisierung von Zement und Beton – Minderungspfade und Handlungsstrategien. Eine CO2-Roadmap für die deutsche Zementindustrie.

Abbildungsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Abbildung 1: Richtlinie über Abfälle (2008/98/EG) | 9 |
| Abbildung 2: Kreislaufgerechtes Bauen..... | 15 |
| Abbildung 3: Bauinvestitionen des Staates und Bauausgaben nach Gebietskörperschaftsebene | 21 |
| Abbildung 4: Entwicklung des Auftragsbestandes im Bauhauptgewerbe | 22 |
| Abbildung 5: Entwicklung des Auftragsbestandes im Hochbau | 27 |
| Abbildung 6: Fertiggestellte öffentliche und private Nichtwohngebäude nach vorwiegend verwendetem Baustoff und Nutzungsart 2022 in % | 29 |
| Abbildung 7: Entwicklung des Zement-Portfolio laut den beiden VDZ Szenarien „Ambitioniertes Referenzszenario“ (links) und „Szenario Klimaneutralität“ (rechts) | 34 |
| Abbildung 8: Aufkommen und Entsorgung von gemischten Bauabfällen in Deutschland 2019..... | 38 |
| Abbildung 9: Verwertung von Recyclingbaustoffen | 39 |
| Abbildung 10: Verfügbarkeit von Recyclingbaustoffen | 40 |

Tabellenverzeichnis

| | |
|---|----|
| Tabelle 1: Jährlicher Bedarf an Beton und Pflaster im Straßen- und Wegebau zur Erneuerung | 23 |
| Tabelle 2: Jährlicher Bedarf an Beton und Pflaster im Straßen- und Wegebau im Neu- & Ausbau | 24 |
| Tabelle 3: Baustoffbedarfe in Tsd. Tonnen/a in 2030 (Wegebau, Ingenieursbauwerke) | 24 |
| Tabelle 4: Durchschnittliche jährliche Nachfragemengen im Tiefbau in Tsd. Tonnen ... | 27 |
| Tabelle 5: Durchschnittliche jährliche Nachfrage im Hochbau in Tsd. Tonnen..... | 31 |

Impressum

Herausgeber:

Holcim Deutschland GmbH
Tropowitzstraße 5
22529 Hamburg
www.holcim.de

Butterfly Effect Consulting GmbH
Hohe Bleichen 22
22354 Hamburg
www.b-fect.com

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH
Döppersberg 19
42103 Wuppertal
www.wupperinst.org

Redaktion: Monika Dittrich, Juliane Höfler, Sören Steger, Dr. Martin Bethke

Konzeption und Gestaltung: Butterfly Effect Consulting GmbH

Stand: April 2025

Bitte zitieren als:

Wuppertal Institut, Butterfly Effect Consulting 2025: „Nachhaltige Baustoffwende“. Alle Rechte sind vorbehalten.

