

Zirkuläre Sanierung

Projektbericht

Autor:innen

Digital Findet Stadt GmbH

Michaela Gebetsroither

Dipl. Ing. Wilhelm Sedlak GmbH

Simone Grassauer

Nino Ivic

Gefördert durch:

WieNeu+ Grätzförderung – Förderung für innovative Stadterneuerungsprojekte

INHALT

1 Projektskizze und Motivation 5

2 Hintergrund: „Zirkuläre Sanierung“ 6

3 Aktuelle Baupraxis - Sanierung 13

4 Kreislauffähige Sanierung 15

5 Fazit 33

6 Glossar 34

7 Quellenverzeichnis 35

1 Projektskizze und Motivation

Der enorme Ressourcenverbrauch im Bauwesen muss auf ein nachhaltiges Maß reduziert werden. Dies erfordert einen Paradigmenwechsel im Bauen – vom intensiven Rohstoffverbrauch zu einer zirkulären Betrachtung und Ressourcennutzung. Hierfür reicht die Berücksichtigung der Neubauten nicht aus. Ein wesentlicher Bestandteil des Paradigmenwechsels wird sein, Bestandssanierungen kreislauffähig abzuwickeln.

Das Stadterneuerungsprogramm WieNeu+ setzt sich zum Ziel, ausgewählte Grätzln zukunftsfit zu machen, indem der Bestand nachhaltig, ressourcenschonend und klimaangepasst gestaltet wird. Die drei Themenfelder von WieNeu+ umfassen folgende Punkte:

- Interventionen im Öffentlichen Raum
- Bereich Energie und Sanierungen
- Soziale Nachbarschaften

Das vorliegende Konzept ist dem Themengebiet der nachhaltigen Gebäudesanierung und der Etablierung der Kreislaufwirtschaft zuzuordnen.

Ziel des Projektes „Zirkuläre Sanierung“ war die Erarbeitung eines Konzeptes zur Identifizierung der wichtigsten Aspekte für die Durchführung einer kreislaufwirtschaftlichen Sanierungstätigkeit. Ausgehend von den regulatorischen Rahmenbedingungen der EU-Taxonomie und dem Anforderungskatalog für das Umweltziel „Kreislaufwirtschaft für Renovierung von bestehenden Gebäuden“ wurden Grundlagen für die Umsetzung bei einem Pilotprojekt im WieNeu+ Gebiet erarbeitet.

Einige der wichtigsten Anforderungen bei der Konzeption und Planung war der Fokus auf wirtschaftliche, skalierbare und mit moderatem Aufwand umsetzbare Lösungen. Darüber hinaus wurde die zirkuläre Sanierungslösung integral im Sinne ihrer drei wichtigsten Bestandteile erarbeitet: Mensch - Prozesse - Technologien. Die Inhalte umfassen die entstehenden Anforderungen an das Datenmanagement für die Materialwieder/-aufbereitung, neue Rollenbilder, notwendige Änderungen im Sanierungsprozess im Vergleich zur klassischen Abwicklung, sowie die entstehenden Anforderungen an die konstruktive Ausführungsqualität.

2 Hintergrund: „Zirkuläre Sanierung“

Gewinn und Verwertung von Rohstoffen sind mit erheblichen Auswirkungen auf unser Klima und unsere Umwelt verbunden. Hier kommt eine besondere Verantwortung dem Bau- und Immobiliensektor zu, welcher für 38% des CO₂-Ausstoßes und für 35% des gesamten Abfallaufkommens in der EU verantwortlich ist. [1], [2]

Diese Entwicklungen sind Auswirkungen einer konventionellen linearen Wirtschaft, in welcher auf leicht zugängliche Materialien und Energie gesetzt wird, um Produkte für eine begrenzte Nutzungsdauer herzustellen. Nach dem Prinzip

Take > Make > Use > Waste

werden wertvolle Ressourcen verschwendet und deponiert. Um diesen Entwicklungen entgegenzuwirken, wurde 2018 der EU-Aktionsplan für Nachhaltige Finanzierung beschlossen. Mit der sogenannten Taxonomie-Verordnung wurden Kriterien definiert, ab wann eine Wirtschaftstätigkeit als ökologisch anzusehen ist. Beispielsweise gilt eine Immobilieninvestition als nachhaltig, wenn sie wesentlich zur Verwirklichung eines oder mehrerer der sechs formulierten Umweltziele aus der EU-Taxonomie beiträgt.

Ein für die Baubranche besonders relevantes Umsetzungsziel ist der Übergang zu einer Kreislaufwirtschaft. In einer Kreislaufwirtschaft ist die Wirtschaftstätigkeit vom Verbrauch endlicher Ressourcen entkoppelt und konzentriert sich auf restaurative oder regenerative Prozesse. Hierbei wird versucht, den höchsten Wert der verwendeten Ressourcen so lange wie möglich zu erhalten. Der entstandene „Abfall“ wird als Ressource für die Herstellung neuer Materialien und Produkte verstanden. Ein wichtiger Hebel zur Minimierung des Ressourcenverbrauches bzw. der CO₂-Einsparung liegt im Bereich der Sanierung. Im Moment sind 75% der gesamten Bestandsgebäude in der gesamten EU als nicht energieeffizient einzustufen, gleichzeitig ist der Immobiliensektor für 36% der durch den Energieverbrauch bedingten Treibhausgasemissionen verantwortlich. Jährlich werden lediglich 1% des Gebäudebestands in der EU durch Renovierungen auf den neusten Stand gebracht. Notwendige Sanierungen des Gebäudebestandes müssen somit den Prinzipien der Kreislaufwirtschaft entsprechen, um die Übernutzung von Ressourcen bis 2050 auf ein Minimum zu reduzieren. [3], [4], [5]

Rahmenbedingungen und Anforderungen nach EU – 2.1 Taxonomie für Sanierungen

Ein wichtiger Hebel zur Reduktion der CO₂-Emissionen und Eindämmung des Ressourcenverbrauches ist die Maximierung von wiederverwertbaren Rohstoffen. Es wurden bereits mehrere Vorschläge und EU-Regulatorien entwickelt, um den Übergang zu einer Kreislaufwirtschaft zu unterstützen. Hierzu zählen insbesondere die Level(s)-Indikatoren sowie das Protokoll zur Bewirtschaftung von Bau- und Abbruchabfällen. Zusätzlich wurde bereits ein erster Anforderungskatalog für konkrete Grenzwerte bei der Renovierung von Büro- und Wohngebäuden gemäß dem Entwurf der TSC (Technical Screening Criteria Part B) vom Juni 2023

definiert (vgl. Tabelle 1). Mit Erfüllung dieser Grenzwerte und Regulatorien sind unter anderem Dokumentationen und Nachweispflichten, sowie konkrete Maßnahmen auf der Baustelle erforderlich, die im Moment nicht die gängige Baupraxis abbilden.

Die bestehenden Regulatorien und Anforderung der EU-Taxonomie sind Ausgangspunkt für die Erarbeitung des vorliegenden zirkulären Sanierungskonzepts:

1. CDW (Construction and Demolition Waste) Protokoll
2. ÖNorm B 2110 und die Werksvertragsnorm B 2251 „Abbrucharbeiten“, welche automatisch vertraglich relevant wird, wenn die ÖNorm B 2110 vereinbart ist
3. TSCA (Technical Screening Criteria) Annex B
4. Level(s)-Indikator 1.2: Globales Erderwärmungspotenzial (GWP) entlang des Lebenszyklus
5. Level(s)-Indikator 2.1: Leistungsverzeichnisse, Materialien und Lebensdauern
6. Level(s)-Indikator 2.2: Bau- und Abbruchabfälle und -materialien
7. Level(s)-Indikator 2.3: Entwurf für Anpassungsfähigkeit und Umbau

2.2 Anforderungskatalog EU – Taxonomie: Umweltziel Kreislaufwirtschaft

Renovierungen von existierenden Gebäuden

Umweltziel: Kreislaufwirtschaft Annex II – Aktueller Stand zum 13.6.2023 [6]

Substanzieller Beitrag zum Übergang zur Kreislaufwirtschaft – Punkt 3.2 Renovierung von existierenden Gebäuden

Anforderung	Beschreibung	Maßeinheit
50% des Originalgebäudes müssen erhalten bleiben	Diese Berechnung erfolgt auf der Grundlage der Bruttogeschosßfläche des ursprünglichen Gebäudes unter Anwendung der geltenden nationalen oder regionalen Messverfahren, alternativ unter Verwendung der Definition von "IPMS 1" in den internationalen Standards für die Messung von Immobilien106. [7]	Fläche (m ²)

Anforderung	Beschreibung	Maßeinheit
<p>Der Einsatz von Primärrohstoffen bei der Renovierung des Gebäudes wird durch den Einsatz von Sekundärrohstoffen minimiert.</p> <p>Wenn die Informationen über den Rezyklat Gehalt des Bauprodukts nicht verfügbar sind, ist es als zu 100% aus Primärrohstoffen bestehend einzustufen.</p> <p>Um der Abfallhierarchie zu folgen, wird die Wiederverwendung von Bauprodukten gegenüber dem Recycling vorgezogen.[8] Einschließlich solcher Bauprodukte, welche an Ort und Stelle wiederaufbereitet werden. Diese gelten als Baustoffe, die keine Primärstoffe enthalten. Die Einhaltung dieses Kriteriums wird nachgewiesen durch die Berichterstattung gemäß dem Level(s) Indikator 2.1.</p>	<p>Das mit der Aktivität betraute Unternehmen stellt sicher, dass die drei schwersten Materialkategorien, die bei der Renovierung des Gebäudes neu hinzugefügt wurden, gemessen an der Masse in Kilogramm, den folgenden Grenzwerten, hinsichtlich der Menge des verwendeten Primärrohstoffs entsprechen:</p> <p>(a) bei Beton (exkl. Stahlbewehrung), Naturstein oder gebrochenem Gestein dürfen höchstens 85% des Materials aus Primärrohstoffen stammen; [9]</p> <p>(b) bei Ziegeln, Fliesen, Keramik dürfen insgesamt höchstens 85% des Materials aus primären Rohstoffen stammen;</p> <p>(c) bei biobasierten Materialien dürfen höchstens 90% des Materials aus Primärrohstoffen Rohstoff stammen. Beispiel für biobasierte Materialien: (Holz, Kork, Naturkautschuk, Papier, Textilien, Holz Baumaterialien, biobasierte Kunststoffe)[10]</p> <p>(d) bei Glas, und mineralischen Dämmstoffen dürfen insgesamt höchstens 85% des Materials aus Primärrohstoffen stammen;</p> <p>(e) bei nicht-biobasierten Kunststoffen dürfen höchstens 75% des Materials aus Primärrohstoffen stammen;</p> <p>(f) bei Metallen dürfen höchstens 65% des Materials aus Primärrohstoffen stammen;</p> <p>(g) bei Gips dürfen maximal 83% des Materials aus Primärrohstoffen stammen</p>	<p>Masse (kg)</p> <p>Berechnung Schwellenwerte:</p> <p>Die Schwellenwerte werden berechnet, indem der Sekundärrohstoff von der Gesamtmenge der jeweilig verwendeten Materialkategorie, gemessen in Kilogramm, abgezogen wird.</p>

Anforderung	Beschreibung	Maßeinheit
<p>70% aller anfallenden Bau- & Abbruchabfälle nach Gewicht ...</p> <p>Das mit der Aktivität betreute Unternehmen weist die Einhaltung des Schwellenwerts von 70% durch die Berichterstattung über den/die Level-Indikator(en) 2.2 nach, unter Verwendung des Level-2- für die verschiedenen Abfallströme.[11]</p>	<p>...werden in Übereinstimmung mit den Abfallvorschriften der Union behandelt und anhand der vollständigen Checkliste des EU-Protokolls über die Bewirtschaftung von Bau- und Abbruchabfällen. Insbesondere wird dies mit Hilfe der Einrichtung von Sortiersystemen und Audits vor dem Abbruch erreicht.</p> <p>Die Vorbereitung zur Wiederverwendung oder zum Recycling der auf der Baustelle anfallenden nicht gefährlichen Bau- und Abbruchabfälle auf der Baustelle beträgt mindestens 70% (nach Masse in Kilogramm), ausgenommen Verfüllung. [12], [13], [14]</p> <p>Ausgeschlossen hiervon sind: Natürlich vorkommende Materialien der Kategorie 17 05 04 im Europäischen Abfallverzeichnis (Entscheidung 2000/532/EC)</p>	Masse (kg)
Konstruktionsdesign	Konstruktionsdesigns und -techniken unterstützen die Kreislaufwirtschaft durch die Einbeziehung von Konzepten für Anpassungsfähigkeit und Rückbau, wie in den Indikatoren 2.3 und 2.4 beschrieben. Der Unternehmer dieser Aktivität weist die Einhaltung dieser Anforderung nach, indem er Berichterstattung über die Indikatoren der Ebenen 2.3 und 2.4 auf Ebene 2 durchführt	
GWP (Global Warming Potential)	Die Datenauswahl, die Definition der Szenarien und die Berechnungen werden in Übereinstimmung mit der Norm EN 15978 (BS EN15978:2011. Nachhaltigkeit von Bauwerken. Bewertung der Umweltleistung von Gebäuden. Berechnungsmethode) durchgeführt. Der Anwendungsbereich von Gebäudeelementen und technischen Anlagen wurde im EU Rahmenwerk Level(s) 1.2 definiert. Gibt es ein nationales Berechnungsinstrument oder ist diese für	kgCO ₂ e/m ² GWP – numerischer Indikator für jedes Lebenszyklusstadium (der Nutzfläche), gemittelt für ein Jahr eines Referenzzeitraums von 50 Jahren.

Anforderung	Beschreibung	Maßeinheit
	die Offenlegung oder für die Erteilung von Baugenehmigungen erforderlich, kann das entsprechende Instrument verwendet werden, um die erforderlichen Angaben zu machen. Andere Berechnungsinstrumente können verwendet werden, wenn sie die Mindestkriterien erfüllen, welche durch den Level(s)-Indikator 1.2 : Lebenszyklus-Globales Erwärmungspotenzial (GWP) beschrieben werden. [15]	
Beschreibung des Gebäudes „as built“ anhand elektronischer Hilfsmittel	Der Unternehmer/Betreiber verwendet elektronische Hilfsmittel, um die Merkmale des Gebäudes, einschließlich der verwendeten Materialien und Komponenten, für die Zwecke der künftigen Instandhaltung, Verwertung und Wiederverwendung zu beschreiben, zum Beispiel mit Hilfe der EN ISO22057:2022, zur Bereitstellung der Umweltproduktdeklarationen. [16], [17] Die Informationen werden in einem digitalen Format gespeichert und Investoren und Kunden auf Anfrage zur Verfügung gestellt. Darüber hinaus stellt der Betreiber der Tätigkeit die langfristige Aufbewahrung dieser Informationen über die Nutzungsdauer des Gebäudes hinaus sicher, indem er die Informationsverwaltungssysteme nutzt, die durch nationale Instrumente wie Kataster oder öffentliche Register bestehen.	„As built“ als Zentraler Datenspeicher für relevante Gebäudeinformation

Tabelle 1: Technische Prüfkriterien

Do no significant harm ("DNSH")	
Kriterium	Beschreibung
(1) Klimawandel Abschwächung	Das Gebäude ist nicht für die Gewinnung, Lagerung, den Transport oder die Herstellung von fossilen Brennstoffen gewidmet.
(2) Klimawandel Anpassung	Die Tätigkeit erfüllt die in Anlage A des Anhangs zur EU-Taxonomie VO aufgeführten Kriterien. [18]

Do no significant harm ("DNSH')

Kriterium	Beschreibung
(3) Nachhaltige Nutzung und Schutz von Wasser- und Meeresressourcen	<p>Bei Installationen im Rahmen von Renovierungsarbeiten, (ausgenommen bei Renovierungsarbeiten in Wohngebäuden) muss folgenden Wasserverbrauch bei Geräten durch Produktdatenblätter, einer Gebäudezertifizierung oder ein bestehendes Produktetikett nachgewiesen werden.</p> <p>(a) Handwaschbeckenarmaturen und Küchenarmaturen haben einen maximalen Wasserdurchfluss von 6 l/min; (b) Duschen haben einen maximalen Wasserdurchfluss von 8 Litern/Min; (c) WCs, einschließlich Garnituren, Becken und Spülkästen, haben eine volle Spülmenge von maximal 6 Litern und eine maximale durchschnittliche Spülmenge von 3,5 Litern; (d) Urinale verbrauchen höchstens 2 Liter/Schüssel/Stunde. Spülbare Urinale haben ein maximales Vollspülvolumen von 1 Liter.</p>
(5) Verschmutzung Prävention und Kontrolle	<p>Die für den Bau verwendeten Bauteile und Materialien entsprechen den in Anlage C des Anhangs zur EU-TaxonomieVO festgelegten Kriterien. Die beim Bau verwendeten Bauteile und Baustoffe, die mit den Nutzern in Kontakt kommen können, emittieren weniger als 0,06 mg Formaldehyd pro m³ Prüfkammerluft bei der Prüfung gemäß den Bedingungen in Anhang XVII der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 und weniger als 0,001mg anderer flüchtiger organischer Verbindungen der Kategorien 1A und 1B krebserregende flüchtige organische Verbindungen pro m³ Prüfkammerluft, bei der Prüfung gemäß EN 16516 oder ISO 16000-3:2011113 oder andere gleichwertige genormte Prüfbedingungen und Bestimmungsmethoden Methoden. [19]</p> <p>Es werden Maßnahmen ergriffen, um die Lärm-, Staub- und Schadstoffemissionen während Bau- oder Wartungsarbeiten zu reduzieren.</p>
(6) Schutz und Wiederherstellung der biologischen Vielfalt und Ökosysteme	N/A

Tabelle 2: Do no significant harm Kriterien – EU-Taxonomie: Kreislaufwirtschaft

Anmerkung: Lt. geltenden technischen Leitlinien für die Anwendung des Grundsatzes der „Vermeidung erheblicher Beeinträchtigungen“ im Rahmen der Verordnung zur Einrichtung einer Aufbau- und Resilienzfähigkeit gilt: „Ein Massenanteil von mindestens 70 % der auf der Baustelle anfallenden nicht gefährlichen Bau- und Abbruchabfälle (ausgenommen natürlich vorkommende Materialien, die in Kategorie 17 05 04 des mit der Entscheidung 2000/532/EG der Kommission festgelegten europäischen Abfallverzeichnisses fallen) wird gemäß der Abfallhierarchie und gemäß dem EU-Protokoll über die Bewirtschaftung von Bau- und Abbruchabfällen für die Wiederverwendung, das Recycling und eine sonstige stoffliche Verwertung, einschließlich Auffüllarbeiten, bei denen Abfälle als Ersatz für andere Materialien zum Einsatz kommen, vorbereitet“ [20]

2.3 Protokoll über die Bewirtschaftung von Bau- und Abbruchabfällen (CDW)

Das Protokoll über die Bewirtschaftung von Bau- und Abbruchabfällen ist ein wichtiger Bestandteil des von der EU kürzlich vorgestellten Kreislaufwirtschafts-Paketes und beinhaltet Gesetzgebungsvorschläge für den Umgang mit „Abfall“. Kernbereich einer Kreislaufwirtschaft ist die Wiederverwendung von Rohstoffen im technischen Kreislauf. Aktuell fehlt es in der Praxis jedoch oft noch an Vertrauen in die Qualität von aufbereiteten Rohstoffen, was ein Hindernis für deren Wiederverwendung darstellt. Übergeordnetes Ziel dieses Protokolls ist es, das Vertrauen in das Verfahren der Bewirtschaftung von Bau- und Abbruchabfällen zu erhöhen. Im Geltungsumfang des Protokolls befinden sich Bau-, Umbau- und Abbrucharbeiten – nicht eingeschlossen ist hierbei die Konstruktionsphase sowie Aushub und „Nassbaggerungserde“. [21]

Laut den Vorgaben des Anforderungskatalogs müssen alle anfallenden Bau- und Abbruchabfälle gemäß der Checkliste des EU-Protokolls für Abbruch- und Bauabfälle behandelt werden. Hierbei sind mindestens 70% des „Abfalles“ (kg, nach Gewicht) zu berücksichtigen. Grundsätzlich gelten alle „Abfälle“ als Bau- und Abbruchabfälle, welche bei Tätigkeiten von Unternehmen der Baubranche anfallen und unter die Kategorie 17 des europäischen Abfallverzeichnisses (siehe Tabelle 2) fallen. Betroffen sind hier alle Materialien, die auf der Baustelle oder dem Abbruchgelände voneinander getrennt, gesammelt werden können. Einbezogen werden hier alle „Abfallströme“ respektive Ressourcenströme, welche gefährlich und nicht gefährlich, inert, organisch und anorganisch sind und bei Bau-, Umbau- und Abbruchtätigkeiten entstehen. Um sicherzustellen, dass die Daten über Bau und Abbruchabfälle in der gesamten Europäischen Union kompatibel sind, wird empfohlen, das Europäische Abfallverzeichnis (siehe Tabelle 3) bei der Registrierung von Bau- und Abbruchabfällen zu verwenden. [22]

Nummer	Bezeichnung
17 01	Beton, Ziegel, Fliesen und Keramik
17 02	Holz, Glas und Kunststoff
17 03	Bitumengemische, Kohlenteer und teerhaltige Produkte
17 04	Metalle (einschließlich Legierungen)
(17 05)	<i>BODEN (einschließlich Aushub von verunreinigten Standorten), Steine und Baggergut</i>
17 06	Dämmmaterial und asbesthaltige Baustoffe
17 08	Baustoffe auf Gipsbasis
17 09	Sonstige Bau- und Abbruchabfälle

Tabelle 3: Abfallschlüssel nach Abfallverzeichnis [23]

”

Ein wichtiger Hebel zur Reduktion der CO₂-Emissionen und Eindämmung des Ressourcenverbrauches ist die Maximierung von wiederverwertbaren Rohstoffen.

“

Dokumentation bei Abbrucharbeiten

In Österreich muss bei großen Bauvorhaben mit einem abzubrechenden Gebäude von mehr als 3500m³ umbauten Raum sowie mehr als 750t Abbruchabfällen eine umfassende Störstofferkundung gem. ÖNORM EN ISO 16000-32 durch eine befugte Fachperson/Fachanstalt vor Beginn der Abbrucharbeiten durchgeführt werden. Bei kleinen Projekten mit weniger als 750t Bau- und Abbruchabfälle hingegen gelten keine Dokumentationspflichten für den Rückbau. Ein sortenreiner Rückbau für eine einfachere Trennung erfolgt in der Regel nicht. Die aktuelle Baupraxis nimmt in Bezug auf die Möglichkeit der Wiederverwendung von Rohstoffen bei Sanierungen im Moment derzeit nur bedingt Rücksicht. Grundsätzlich sind die Hauptbestandteile eines Bauwerks vor Ort voneinander zu trennen, sofern sie nicht gemeinsam zur Herstellung von Recyclingbaustoffen verwendet werden. Allerdings kann die Trennung in einer Sortier- und Aufbereitungsanlagen erfolgen, wenn diese am Anfallsort nicht möglich oder nur mit unverhältnismäßigen Kosten verbunden ist. Dies stellt auch den Regelfall dar: Entstehender Abfall auf der Baustelle landet in der Regel in Mixmulden und wird von den Abfallunternehmen in Folge sortiert. Eine Ausnahme bilden hier jedoch gefährliche Abfälle. Diese sind unbedingt von nicht gefährlichen Abfällen und Baustellenabfällen vor Ort zu trennen.

3 Aktuelle Baupraxis - Sanierungen

In der aktuellen Baupraxis kann der Sanierungsprozess wie folgt beschrieben werden:

1. Das Bauunternehmen erhält einen Auftrag zur Angebotslegung zur Sanierung und gibt eine Kalkulation zum erwarteten Ist-Stand ab.
2. Die Entrümpelung wird beauftragt, das Gebäude/die Wohnung wird von allen Fahrnissen geräumt, sämtliches Inventar wird gewöhnlich als Abfall/Sperrgut entsorgt.
3. Der Rückbau der sanierungsbedürftigen Bauteile wird durchgeführt (Bsp. Türen, Fenster, Bodenbeläge, Sanitärbereich, ...). Dabei werden immer wieder nicht vorhergesehene Materialien und Bauzustände sichtbar, die neue Anforderungen an die Sanierung stellen und ad hoc entschieden werden müssen. Dem Bauherrn entstehen dadurch im Regelfall Mehrkosten durch Änderungen in der Planung und zusätzlich notwendige Baumaßnahmen. Die sanierungsbedürftigen Bauteile werden als Abfall entsorgt und deponiert bzw. auf einem Sekundärmarkt weitergegeben (aktuell in Länder mit einer weniger entwickelten Wirtschaft, in der zB. gebrauchte Kunststofffenster wieder in Gebäude eingebaut werden). In Mixmulden wird der gesamte auf der Baustelle entstehende Müll gesammelt, aufgrund Platzmangels wird in den meisten Fällen auf getrennte Mulden verzichtet. Ein sortenreiner Rückbau für eine einfache Trennung erfolgt in der Regel nicht. Die Entsorgungsunternehmen übernehmen die Sortierung und Trennung nach gesetzlicher Vorgabe und dem vorhandenen Markt für die Weiterverwertung.
4. Der Rohbau wird durchgeführt, Gebäudetechnik, Dach, Fassade, Fenster werden aufgrund der Planung des Architekten ausgeführt.

Die zirkuläre Sanierung setzt wesentlich früher an, die Erhebung und Bewertung des Ist-Stands ist wesentlich für einen optimierten Bauablauf, im Rahmen dessen rückgebaute Bauteile wiederverwertet und recycelt werden.

3.1 Prozessdiagramm – Sanierung in der aktuellen Baupraxis

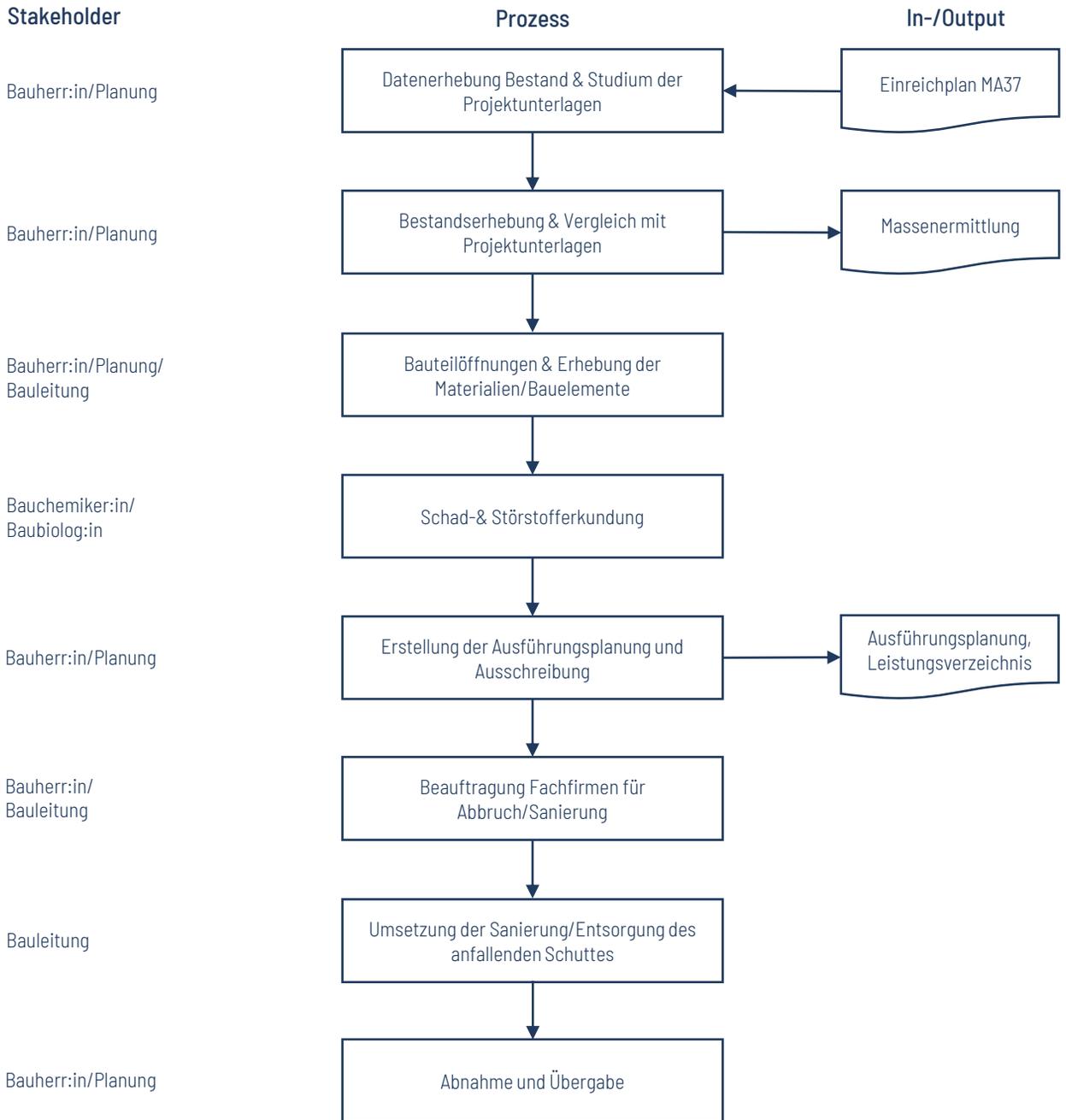


Abbildung 1: Prozessdiagramm Sanierung in der aktuellen Baupraxis, Quelle: SEDLAK

4 Kreislauffähige Sanierung

Eine kreislauffähige Sanierung stellt in der Praxis eine Vielzahl an Herausforderungen an die beteiligten Stakeholder. Neben konstruktiven Anforderungen und Lösungen müssen im Vorfeld der Sanierung genauere Analysen durchgeführt werden, um eine Beurteilung des tatsächlichen Gebäudebestandes zu ermöglichen. Eine notwendige Grundlage für eine kreislauffähige Sanierung besteht darin, das Wissen über verwertbare Baustoffe und Elemente zu erheben sowie schädliche Stoffe zu identifizieren, um Kontaminationen zu vermeiden. Zusätzliche entstehen Dokumentations- und Nachweispflichten im Zusammenhang mit der Wiederverwendung von Baustoffen, welche eine genaue Datenverfolgung erfordert. Bei der Durchführung einer kreislauffähigen Sanierung können digitale Tools wie z.B. BIM-Modelle, Material-Datenbanken und Gebäudepässe hilfreiche Unterstützung bieten, um relevante Informationen zwischen Stakeholdern zu teilen.

4.1 Herausforderung kreislauffähige Sanierung – Umsetzung Praxis

Herausforderungen in der praktischen Umsetzung:

1. Bei Bauprojekten unter 750 Tonnen und 3500m³ umbauten Raum werden üblicherweise keine Schadstoff- und Störstofferkundungen durchgeführt. Problematische Stoffe können so unentdeckt bleiben bzw. während der Umsetzungsphase zu unerwarteten Herausforderungen und Mehrkosten führen.
2. Die Erstellung eines Datenmodells (BIM) zur Durchführung von Simulationen und Bewertungen der Kreislauffähigkeit erfordert in der Anfangsphase einen erhöhten Aufwand bei Sanierungen, da oftmals keine valide Plangrundlage des Bestandes vorhanden sind. Jedoch können 3D Scanner hier eine erste Unterstützung bei der Bestandsaufnahme liefern. Diese Scans dienen als Grundlage für die Erstellung eines Digitalen Datenmodells durch Planer:innen und BIM Expert:innen.
3. Eine Bewusstseinsbildung bei Facharbeiter:innen über die Sinnhaftigkeit von sortenreiner Trennung und Wiederverwendung von Materialien auf der Baustelle ist notwendig, um kontaminierte Mulden zu vermeiden und eine effektive Abfalltrennung zu gewährleisten.
4. Für die Sortierung der Rohstoffe auf der Baustelle ist vorab die Planung von Flächen notwendig, um den erhöhten Platzbedarf für Mulden, Container (Wetterfeste Lagerung) für div. Bauelemente und BIG-Bags zu schaffen.
5. Die konstruktiven Anforderungen an Bauelemente ändern sich (siehe Tabelle 4).
6. Die Wiederaufbereitung von Handwerksprodukten und Bauteilen wie z.B. Kastenfenster ist kostenintensiv und erfordert qualifizierte Facharbeiter:innen.
7. Für die Beschreibung eines Gebäudes „as built“ muss auf ein parallel geführtes Datenmanagement geachtet werden, welches auf der Baustelle überwacht und durchgesetzt werden muss. Informationen über die konstruktive Ausführungsqualität, Zugänglichkeit zu wartungsrelevanten Gebäudeteilen, Produktdatenblätter sowie verwendeten Komponenten und Materialien müssen anhand elektronischer Hilfsmittel für den Zweck der künftigen Instandhaltung, Verwertung und Wiederverwendung zur Verfügung stehen.

8. Aufgrund fehlender Technologien oder Anwendungsmöglichkeiten können einige industriell hergestellte Produkte und Verbundwerkstoffe derzeit nicht wiederverwertet/wiederaufbereitet oder recycelt werden.
9. Für einige wiederverwertbare Baustoffe existieren noch keine etablierten Absatzmärkte und Plattformen für das Re-Use. Bestehende Bauteilbörsen können keine verlässlichen Produktgarantien bieten, weshalb es Bauunternehmen derzeit nicht möglich ist, diese Produkte zu verwenden. Dies liegt auch daran, dass die erforderlichen Mengen nicht verfügbar sind.
10. Der Zugang zu Recyclinganlagen und die Transportkosten für recycelte Materialien können je nach Region stark variieren und den Einsatz von recycelten Materialien unrentabel machen.
11. Die Nutzung von Recyclingmaterialien kann in einigen Fällen die Qualität und Haltbarkeit des Endprodukts beeinträchtigen, was zu Bedenken hinsichtlich der Sicherheit und Langlebigkeit der gebauten Strukturen führen kann.
12. Die fehlende Standardisierung und Zertifizierung alternativer Baustoffe können sich negativ auf die Akzeptanz und Verwendung von Re-Use Baustoffen und Materialien auswirken. Darüber hinaus erschweren die fehlenden Kennzeichnungen die Überprüfbarkeit und den Einsatz, wenn sie nicht den Anforderungen der ÖNORM entsprechen.
13. In einigen Fällen können die gestiegenen Kosten für die Umsetzung von Kreislaufwirtschaft im Baubereich die Rentabilität des Bauprojekts beeinträchtigen, insbesondere bei kleineren Projekten und für kleine Unternehmen.
14. Die Zusammenarbeit und Koordination zwischen den verschiedenen Akteuren in der Wertschöpfungskette, wie Planer:innen, Bauherr:innen, Lieferant:innen, Entsorgungsdienstleister:innen und Recyclingunternehmen, kann schwierig sein und eine gemeinsame Umsetzung erschweren.

4.2 Kreislauffähige Sanierung – Vorsondierung Architekt

Herausforderungen in der praktischen Umsetzung:

Sanierungsbedürftige Gebäude können zwischen 40 und >100 Jahre alt sein. Dementsprechend unterschiedlich stellen sich Substanz, Bauart, Baumaterialien und mögliche Kontaminationen dar. Gerade Gründerzeithäuser in Wien sind vielfach im Laufe der Jahrzehnte nur punktuell saniert worden – Heizungen wurden eingebaut, sanitäre Anlagen ergänzt, Wohnungen getrennt oder zusammengelegt, Fenster getauscht. Genaue Pläne über die vorgenommenen Änderungen fehlen vielfach.

Schritt 1:

Bauherr:in und/oder Architekt:in bewerten das Gebäude im ersten Schritt im Hinblick auf die grundsätzliche Möglichkeit einer wirtschaftlichen Sanierung. Eine Sanierung wird auch dann zwingend, wenn die Behörde einem Abbruch aus Gründen des Denkmalschutzes, Ortsbildschutz etc. nicht zustimmt. Die behördliche Abklärung ist daher vor allem im innerstädtischen Bereich ganz am Anfang notwendig. Ebenfalls abzuklären ist die Möglichkeit einer Aufstockung aufgrund der vorhandenen Materialität (im Hinblick auf Statik, etc.).

Schritt 2:

Bauherr:in/Architekt:in sichten und sammeln das vorhandene Planmaterial. Im Idealfall ist die Planung vollständig vorhanden, und es können daraus Massen, Baumaterialien, Baustoffe (unter Umständen auch aus heutiger Sicht gefährliche Stoffe) und Bauweise ermittelt werden. Wenn bekannt ist, wie das Gebäude in der Vergangenheit genutzt wurde, kann dies auch Hinweis auf mögliche Verunreinigungen geben. Je älter das Gebäude, desto unvollständiger sind wahrscheinlich die Pläne. Das Alter kann jedenfalls Aufschluss über die Art der verwendeten Materialien (Bsp. Vibrosteine, sog. Hohlblocksteine, in der Nachkriegszeit) oder gefährliche Stoffe und Materialien geben. Aus der Geschichte des Gebäudes lässt sich möglicherweise auch vorhandene Bodenkontamination ableiten (Bsp. Quecksilber durch industrielle Vornutzung).

Exkurs Gründerzeithaus:

Gründerzeithäuser wurden üblicherweise nach den gleichen Schemata gebaut (Ziegelaußenwände, Doppelbaumdecken als oberste Geschoßdecken, Holzbalken- oder Tram-Traversen-Decken, Holz-Kastenfenster, Türen und Fußböden in handwerklicher Qualität). Auch dieses Wissen liefert Hinweise auf die tatsächlich vorhandenen Materialien und ermöglicht eine erste Zusammenfassung der kreislauffähigen Bestandteile. Ein/e Fachplaner:in, die/der in der Lage ist, die Wiederaufbereitungsmöglichkeit der unterschiedlichen Bauteile zu bewerten, ist zu diesem Zeitpunkt bereits essenziell. Notwendig ist eine Studie, die das Potential darstellt und konkrete Vorschläge liefert, aufgrund derer die/der Bauherr:in Entscheidungen für oder gegen die geplanten Maßnahmen treffen kann.

4.3 Abhängigkeiten von Hauptakteuren bei Abbruch-, Umbau und Bauprojekten

Das Bauunternehmen stellt beim Rückbau eines Gebäudes eine wichtige Schnittstelle zur/zum Planer:in bzw. Abfallauditor:in dar. Beispielsweise könnte das Bauunternehmen zukünftig kollaborativ mit dem/der Bauherr:in für den Abfallbewirtschaftungsplan bzw. das Abfallmanagement auf der Baustellezuständig sein.

Gleichzeitig ist für die sortenreine Trennung der rückgebauten Baustoffe auf der Baustelle ist mit einem erhöhten Platzbedarf zu rechnen: Für das Bereitstellen dieser Flächen (auf oder neben der Straße) muss bei der Wiener Magistratsabteilung für Verkehrsorganisation und technische Verkehrsangelegenheiten (MA 46) der Antrag gestellt werden. Diese Flächen sind innerstädtisch oftmals mit wesentlichen Kosten verbunden. Hier könnten Anreize geschaffen werden, um diese Flächen für die Rückgewinnung von sortenreinen Baurestmassen zur Verfügung zu stellen.

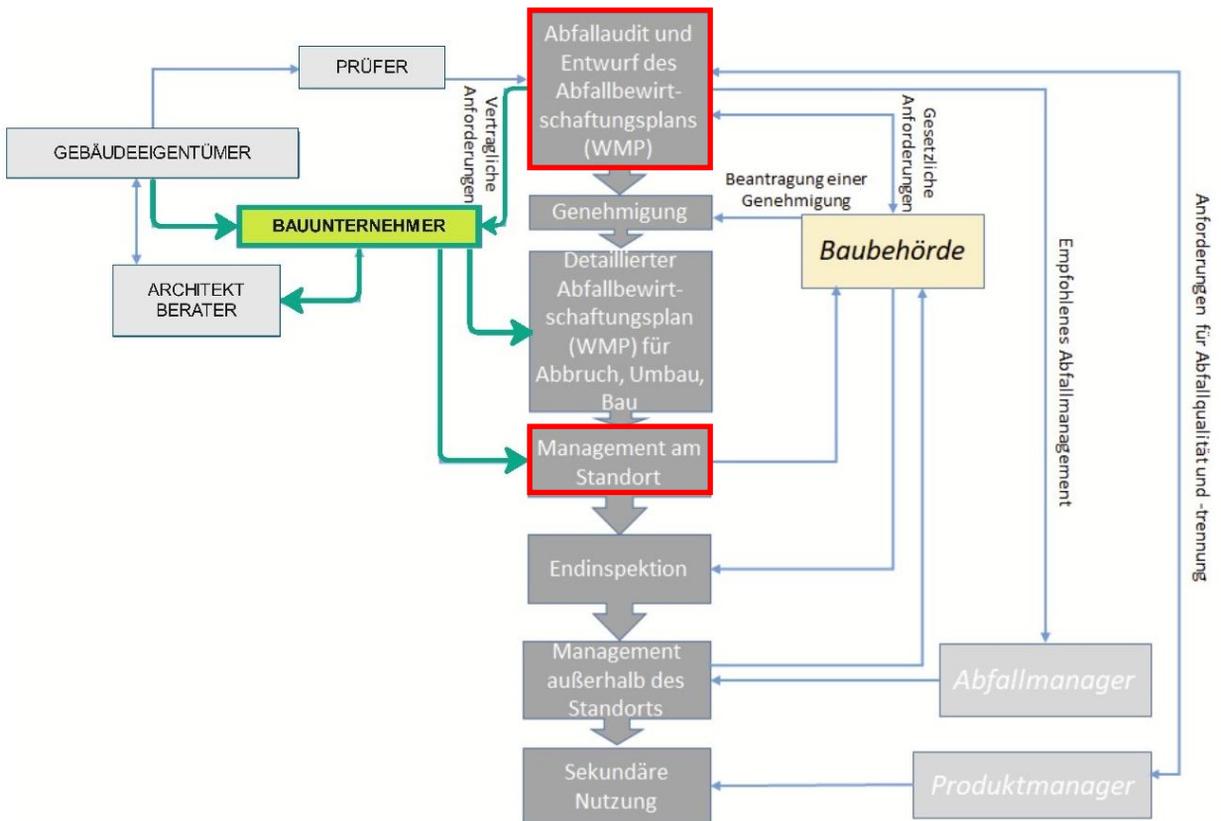


Abbildung 2: Überblick über Rollen und Verantwortlichkeiten in Bezug auf CDW in Bauprojekten [...], Quelle: Level(s) indicator 2.2: Construction and Demolition waste and materials, adap. Grafik

Entwurf Abfallbewirtschaftungsplan

Eine wesentliche Rolle bei der kreislauffähigen Sanierung wird künftig Abbruchspezialist:innen bei den Vorbereitungen zum Abfallwirtschaftsplan zukommen. Bereits jetzt trennen Abbruchunternehmen aufgrund gesetzlicher Vorgaben und vor allem für die weitere Verwertung von Materialien Baustellenabfälle. In Österreich können rückbaukundige Personen, welche über eine bautechnische und chemische Ausbildung verfügen, für Rückbauvorhaben bis 3.500 m³ umbauten Raumes eine Stör-/Schadstofferkundung durchführen, Rückbaukonzepte erstellen und Freigabeprotokolle für die/den Bauherr:in ausfertigen. [24] Für die Kreislaufwirtschaft wird es einer noch detaillierteren Sortierung bedürfen, die genau dokumentiert werden muss, um die Einhaltung der Vorgaben aus der EU-Taxonomie nachzuweisen. Der Entwurf eines Abfallbewirtschaftungsplans ist daher bereits in der Vorsondierungsphase vorgesehen. Dieser Plan wird dann in der Bestandserhebung und Bewertung vor Ort ergänzt und ausgeweitet. Selbstverständlich sind darin auch alle von der Behörde festgelegten Anforderungen für die Abbruchgenehmigung zu berücksichtigen. Bei der Erstellung von Abfallwirtschaftsplänen könnten digitale Tools unterstützen. Es sind bereits digitale Werkzeuge am Markt verfügbar, jedoch müssen diese anhand eines Sanierungsprozesses auf ihre Praktikabilität überprüft werden. [25]

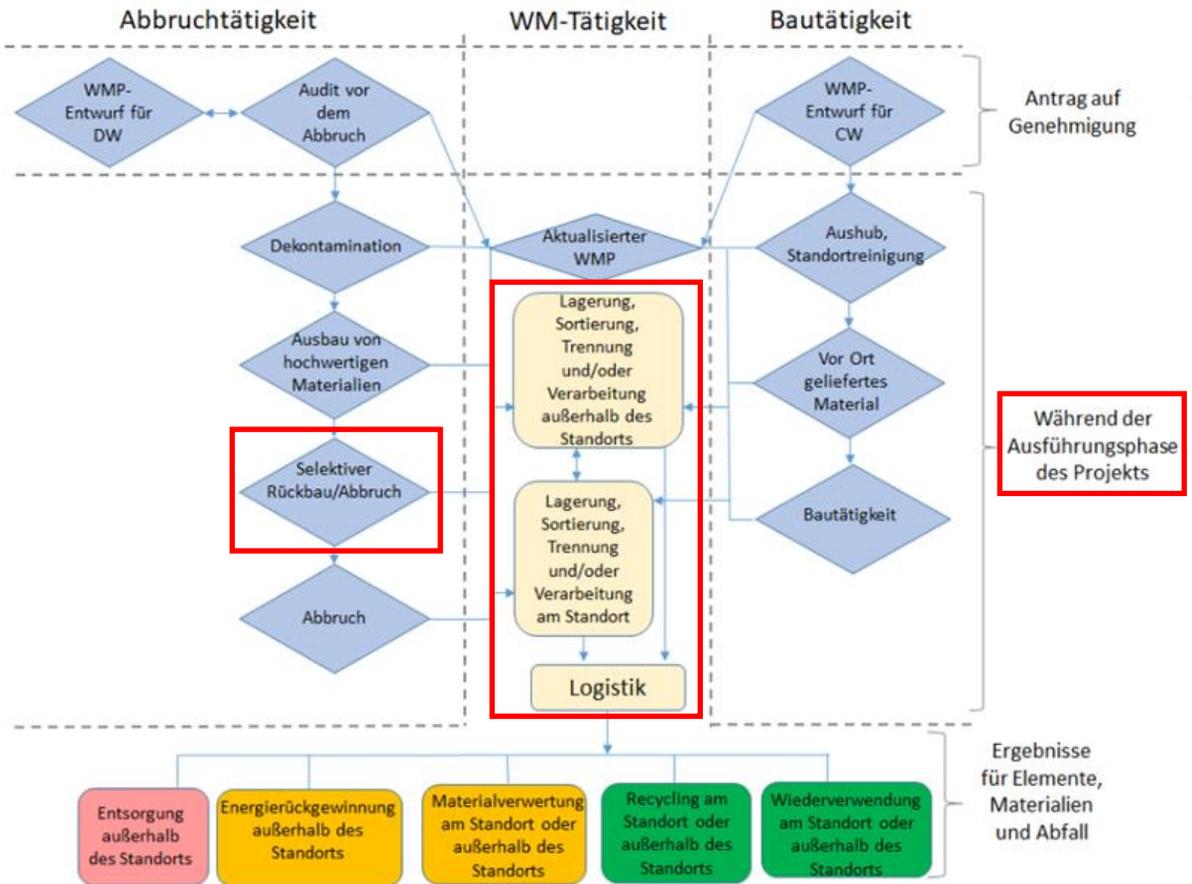
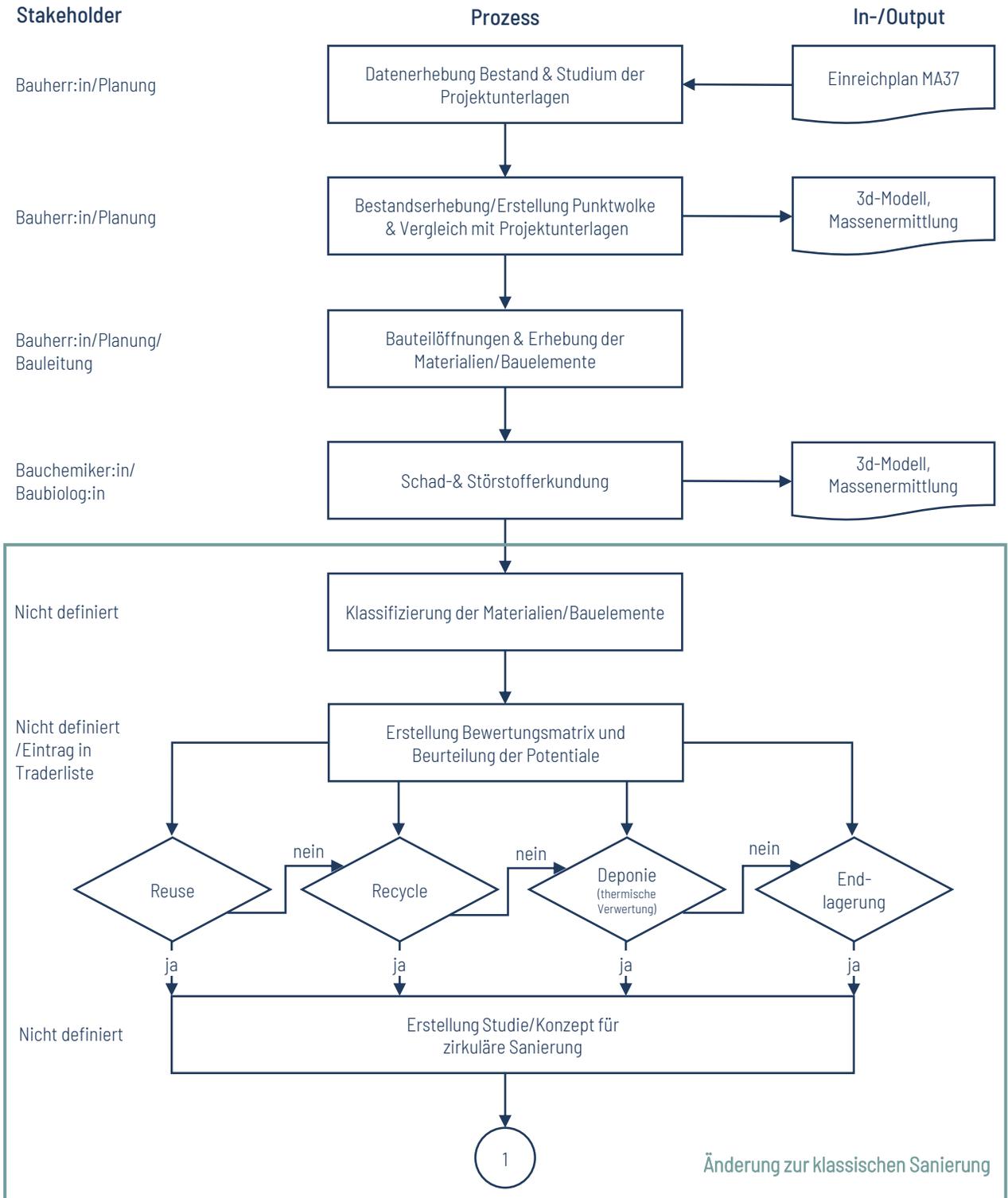


Abbildung 3: Beziehung zwischen dem WMP (Waste-Management-Protokoll), Bautätigkeiten, Abbruchtätigkeiten und Ergebnissen für CDW

4.4 Prozessdiagramm – Kreislauffähige Sanierung



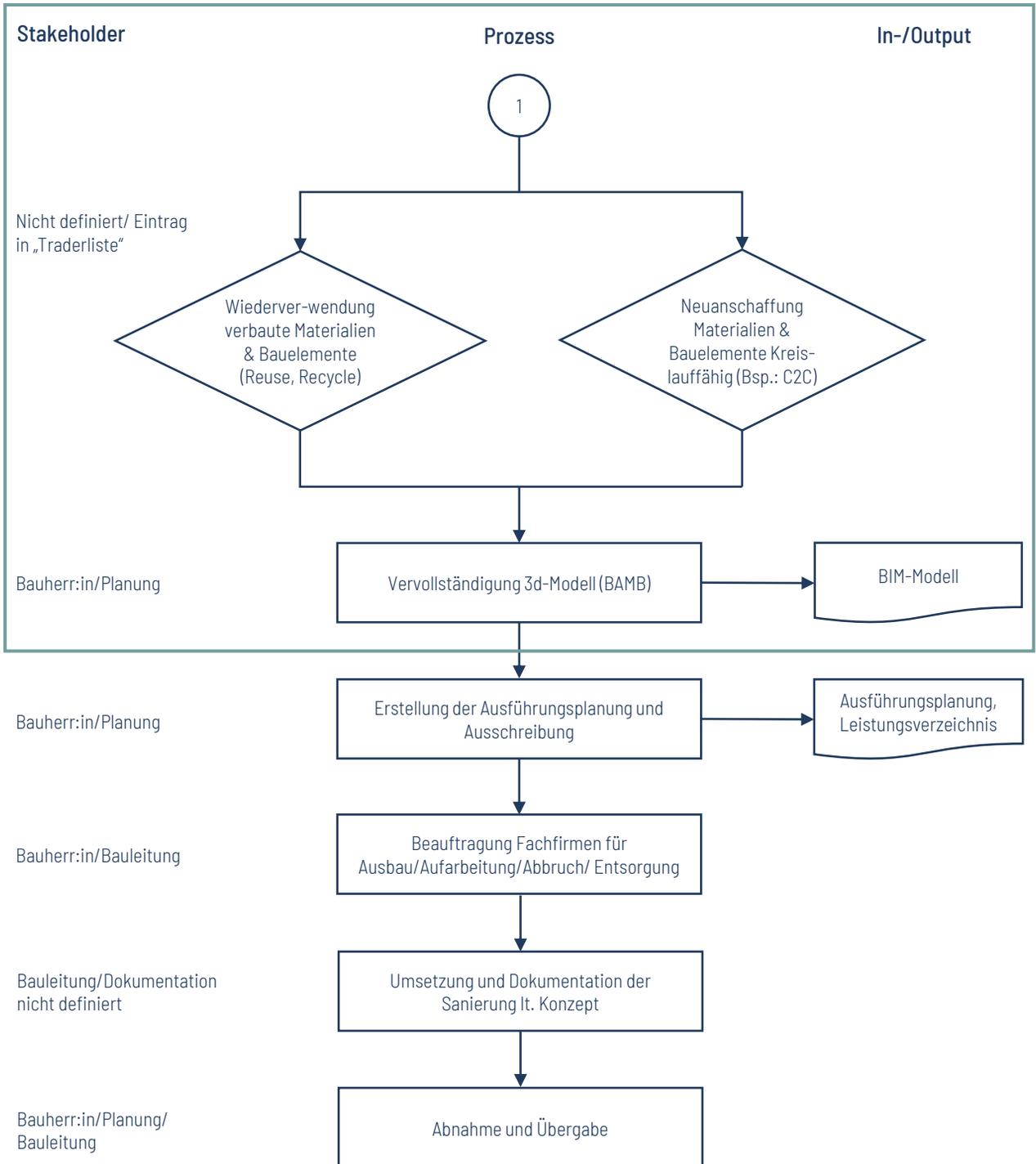


Abbildung 4: Prozessdiagramm kreislauffähige Sanierung

Die zugehörigen Prozessschritte sind nachfolgend erläutert.

Phase	Stakeholder	Prozess
BESTANDSERFASSUNG	Bauherr:in/Planung	Datenerhebung Bestand & Studium der Projektunterlagen In diesem Schritt werden die vorhandenen Unterlagen zum Gebäude, wie Pläne und Baubeschreibungen, gesichtet und analysiert. Dadurch können bereits erste Informationen zum Bestand des Gebäudes erlangt werden. Stakeholder in diesem Schritt sind der/die Bauherr:in und die zugehörige Planung.
	Bauherr:in/Planung	Bestandserhebung & Vergleich mit Projektunterlagen In diesem Schritt werden der Ist-Zustand des Gebäudes und die tatsächlich verbauten Materialien ermittelt. Es erfolgt eine Bestandsaufnahme, die mit den vorliegenden Projektunterlagen verglichen wird. Dadurch können Abweichungen und mögliche Schadstoffe erkannt und erfasst werden. Gleichzeitig erfolgt die Erstellung eines 3d-Modells sowie Mengenermittlung für nachfolgende Prozesse. Beteiligt sind hier der/die Bauherr:in und Planung.
	Planung/ Bauleitung	Bauteilöffnung & Erhebung der Materialien/Bauelemente In diesem Schritt werden Bauteile geöffnet, um eine genaue Erfassung der Materialien und Bauelemente zu ermöglichen. Hierbei werden die nötigen Vorbereitungen für die nachfolgende Schad- und Störstofferkundung getroffen. Beteiligte bei diesem Prozess sind Planer:innen und eine ausführende Baufirma.
	Bauchemie/ Baubiologie	Schad- & Störstofferkundung In diesem Prozess werden mögliche Schad- und Störstoffe in den ermittelten Materialien und Bauelementen identifiziert. Hierbei werden Proben entnommen und analysiert. Ein:e Sachverständige:r (Chemiker:in/Biolog:in/Umwelttechniker:in) für Schadstoffe ist hier maßgeblich.
BESTANDSERFASSUNG	Nicht definiert, wird in der Umsetzungsphase zum Konzept ermittelt	Klassifizierung der Materialien/Bauelemente In diesem Schritt erfolgt eine Klassifizierung der Materialien und Bauelemente in Kategorien wie "Wiederverwertung", "Recycling", "Thermische Verwertung" oder "Endlagerung". Dadurch wird eine Bewertung der Potentiale für eine zirkuläre Sanierung ermöglicht. Die Stakeholder für die Klassifizierung sind noch nicht definiert. Mögliche Beteiligte sind: Architekt:innen oder Sachverständige sowie Fachfirmen für Ab- und Ausbau.
	Nicht definiert	Erstellung Bewertungsmatrix und Beurteilung der Potentiale In diesem Schritt werden die ermittelten Materialien und Bauelemente anhand der Klassifizierung bewertet und in einer Matrix dargestellt. Dadurch können Potentiale für eine zirkuläre Sanierung erkannt werden. Die Stakeholder für die Erstellung der Bewertungsmatrix sind noch nicht definiert. Eine Möglichkeit der relevanten Stakeholder in diesem Prozess sind Beratungsunternehmen, die sich auf Recycling/Wiederverwertung von Materialien und Bauelementen spezialisieren.

Phase	Stakeholder	Prozess
BESTANDSERFASSUNG	Bauherr:in/Planung	Datenerhebung Bestand & Studium der Projektunterlagen In diesem Schritt werden die vorhandenen Unterlagen zum Gebäude, wie Pläne und Baubeschreibungen, gesichtet und analysiert. Dadurch können bereits erste Informationen zum Bestand des Gebäudes erlangt werden. Stakeholder in diesem Schritt sind der/die Bauherr:in und die zugehörige Planung.
	Nicht definiert	Erstellung Studie/Konzept für zirkuläre Sanierung In diesem Prozess wird ein Konzept für die zirkuläre Sanierung erstellt. Es wird besonders auf die mögliche Wiederverwendung der vorhandenen Materialien und Bauelemente eingegangen. Gleichzeitig wird geprüft, welche Materialien und Bauelemente auf dem Markt erhältlich sind, die hinsichtlich Kreislauffähigkeit ("Cradle to Cradle") verbaut werden können. Die Stakeholder für diesen Schritt sind noch nicht definiert.
	Bauherr:in/Planung	Vervollständigung 3D-Modell (BAMB) In diesem Schritt wird das 3D-Modell des Gebäudes vervollständigt und mit den Erkenntnissen der vorherigen Schritte ergänzt. Dadurch können verschiedene Szenarien für die Sanierung visualisiert und simuliert werden. Bei diesem Schritt handelt es sich um einen iterativen Prozess, der während der weiteren Schritte bis zur Fertigstellung angepasst werden kann. Beteiligt sind hier Planung und der/die Bauherr:in sowie während der Vergabe und Ausführung die beteiligten Fachfirmen.
Ausführung	Bauherr:in/Planung	Erstellung der Ausführungsplanung und Ausschreibung Die Ausführungsplanung und Ausschreibung wird auf Basis des Konzepts bzw. 3d-Modells erstellt. Die Stakeholder sind Bauherr:in und Planer:innen.
	Bauherr:in/Bauleitung	Beauftragung Fachfirmen für Ausbau/Aufarbeitung/Abbruch/Entsorgung/Sanierung Die ausführenden Firmen werden beauftragt, die Arbeiten gemäß Ausschreibung durchzuführen. In diesem Prozess soll die Erfahrung und das Know-How der Fachfirmen in das geplante Sanierungsmodell einfließen. Dieses kann bei Bedarf angepasst werden. Die Stakeholder sind hierbei die beauftragten Firmen und der/die Bauherr:in.
	Bauleitung/ Dokumentation nicht definiert	Umsetzung und Dokumentation der Sanierung entsprechend Studie In diesem Prozess werden die Maßnahmen, die in der Studie/Konzept für zirkuläre Sanierung erarbeitet wurden, umgesetzt. Dazu gehören der Abbau, die Aufarbeitung, der Abbruch, die Entsorgung und die Sanierung des Gebäudes und der Bauteile. Die Ausführung muss dabei so erfolgen, dass die Verwertung und der Erhalt von Bauteilen und Materialien im Vordergrund stehen. Eine sorgfältige Dokumentation der Sanierungsschritte ist dabei wichtig, um die Erfüllung der Anforderungen und der Ziele der zirkulären Sanierung nachweisen zu können. Die Stakeholder sind neben den Fachfirmen noch nicht definiert. Hier könnten jedoch die Planer:innen eingebunden werden bzw. Beratungsunternehmen mit Spezialisierung auf Recycling/Wiederverwertung von Materialien und Bauelementen.

Phase	Stakeholder	Prozess
	Bauherr:in/Planung/ Bauleitung	<p>Abnahme und Übergabe</p> <p>Nach Abschluss der Sanierungsmaßnahmen erfolgt die Abnahme und Übergabe an die Bauherren oder Eigentümer. Dabei wird geprüft, ob die vereinbarten Ziele und Anforderungen der zirkulären Sanierung erfüllt wurden. Die Dokumentation der Sanierungsschritte wird geprüft. Eine Bewertung der gewählten Sanierungskonzepte für weitere Bestandsumbauten ist denkbar. Stakeholder: Bauherr:in und Planer:in sowie ausführende Unternehmen und gegebenenfalls externe Gutachter:innen.</p>

Tabelle 4: Prozessablauf kreislauffähige Sanierung

4.5 Phase der Bestandserfassung

Für ein kreislauffähiges Sanierungskonzept ist ein Abgleich der Planunterlagen mit dem tatsächlichen Gebäudebestand erforderlich. Hierbei müssen geometrische, konstruktive und materielle Informationen erfasst und dokumentiert werden. Da die Pläne und Ausführungsbeschreibungen oft vom tatsächlichen Zustand abweichen, ist die tatsächliche Erhebung und Dokumentation des Gebäudebestandes, einschließlich Begehung und Beprobung, von wesentlicher Bedeutung. Das Wissen des tatsächlichen Gebäude-/Materialbestands ermöglicht eine Maximierung der Wiederverwertbarkeit von bereits verbauten und noch verwertbaren Rohstoffen und die Vermeidung von versehentlicher Kontamination von Materialrohstoffen.

4.6 Phase der Bestandsbewertung – Bewertungsmatrix

Einer geometrisch konstruktiven und materiellen Bestandsaufnahme folgt die Bewertung der vorhandenen Bausubstanz. Hier werden kontaminierte Baustoffe für die Weiterverarbeitung ausgeschlossen und die Erhebung potenziell wiederverwertbarer Stoffe und Elemente durchgeführt. Während einer Begehung mit dem/der Fachplaner:in oder eines geschulten Fachpersonals werden anhand einer Bewertungsmatrix Elementen zur Wiederverwendung vor Ort erhoben und nach der 9R Strategie klassifiziert (Siehe Tab3). Hier werden Informationen über die Trennbarkeit, den möglichen zerstörungsfreien Ausbau und die Wiederverwertbarkeit identifiziert und in einer Matrix dokumentiert. Auf dessen Basis können erste ökologisch – ökonomische Überlegungen sowie potenzielle Wiederverwertung von Bauelementen geklärt werden.

Bestandsbewertung - bei abzubrechenden Baustoffen

Alle aufgenommen abzubrechen Materialien durchlaufen folgendes Bewertungslogik:

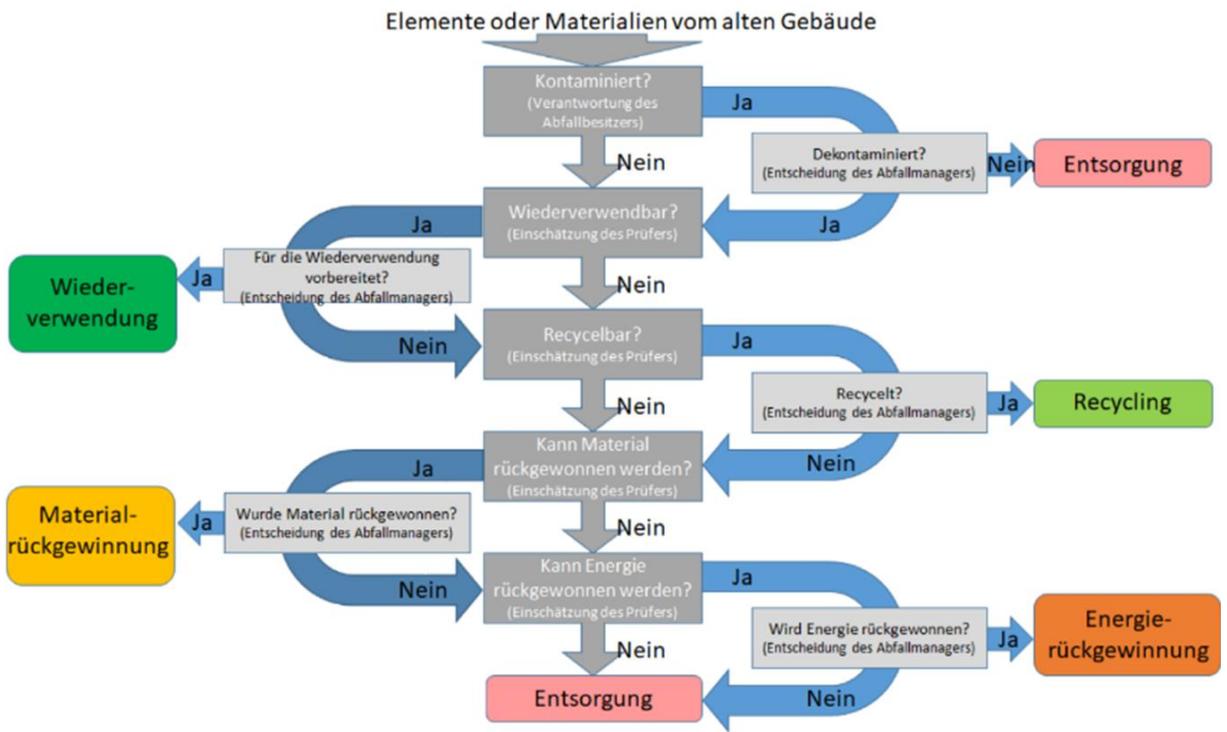


Abbildung 5: Entscheidungsfindungsprozess bei der Bestandsaufnahme vor dem Abbruch und Empfehlung zur Bewirtschaftung

Bestandsbewertung – bei Wiederverwertbaren Bauelementen nach der 9R Strategie

Diese Bestandsbewertung erfolgt idealerweise im Zuge der ersten Planungstätigkeiten und dem geplanten Rückbau und Abbruch, um sinnvolle Verwertungsstrategien nach den 9R Prinzipien ableiten zu können. Vor Beginn der Bautätigkeiten sollten somit alle vorhandenen Materialressourcen und verwertbare Elemente bekannt und idealerweise digital vorhanden und mit einem Gebäudemodell verknüpft sein. [26]

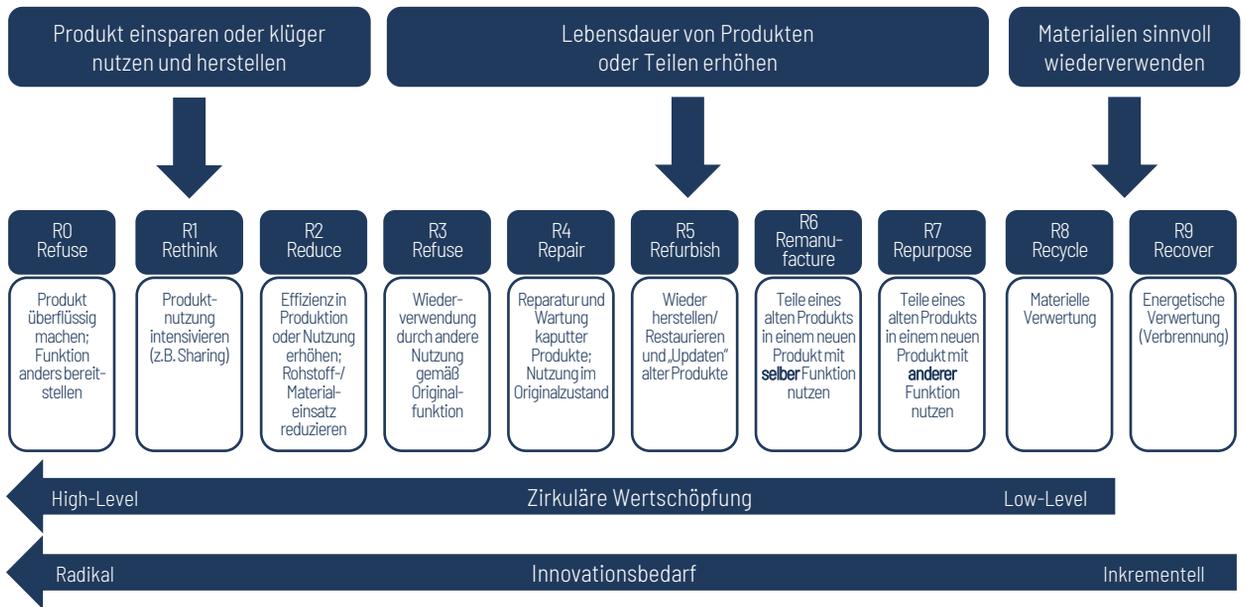


Abbildung 6: The 9R Framework, basierend auf Kirchherr et al. (2017), S224, Potting et al. (2017).[27]

4.7 Betrachtungsrahmen der kreislauffähigen Sanierung – Wiederverwertung von Baustoffen

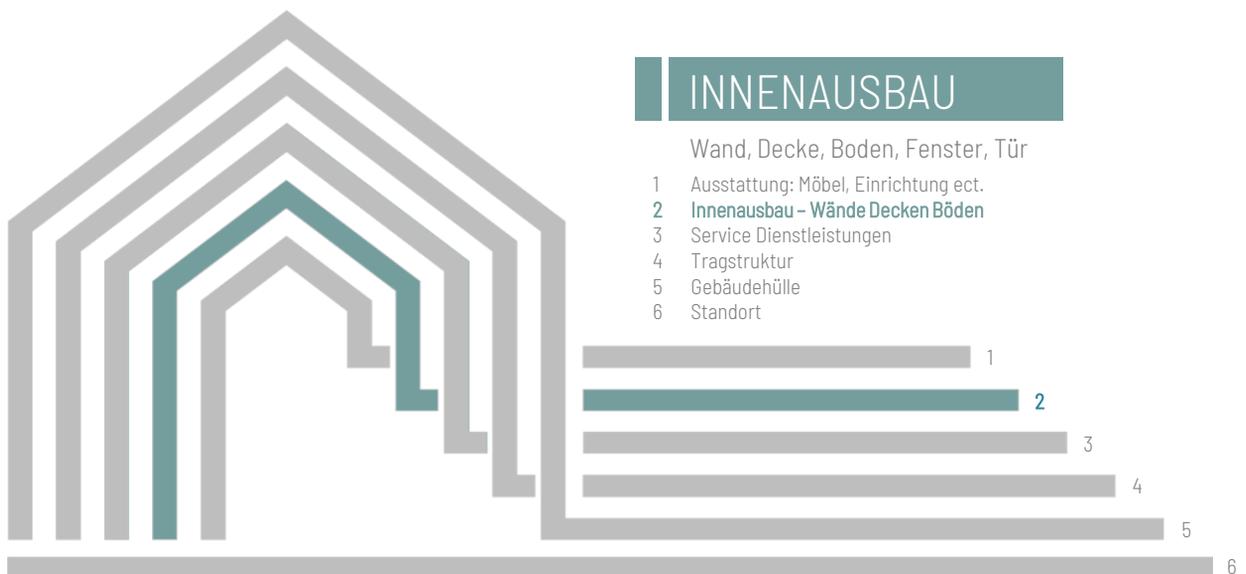


Abbildung 7: Building model nach Steward Brand (1994) and David Bergman [28]

Bauteilgruppe	Produkt	Rückbaubarkeit	Re-Use
Böden	Laminat	möglich bei Klick-System	ja
Böden	Teppich geklebt	nein	nein
Böden	PVC	ja	nein
Böden	Schiff-Bretterbelag	ja	ja
Böden	Polsterholz+Blindboden	ja	ja
Böden	Schüttung mineralisch (Schlacke, Reststoff)	ja	Nein – in Forschung
Böden	Estrich	nein	nein
Zwischenwände	Ziegelmauerwerk	ja	ja (Ziegel)
Zwischenwände	Gipskarton/Unterkonstruktion	nein	nein
Fenster	Holzfenster	ja	ja
Fenster	Kunststofffenster	ja	Ja, falls PVC frei
Türen	Holztür (Türblatt + Stock)	ja	ja + nein (Stock)
Türen	Blindstöcke	ja	
Fliesen	Boden + Wandbelag	möglich (Aufwand!)	möglich
Sanitär	Duschtasse	möglich (Aufwand!)	ja
Sanitär	WC-Schüssel + Waschbecken	ja	ja
Decken	Abgehängte. Decke	möglich (Aufwand!)	möglich

Tabelle 5: Vereinfachte Bewertungsmatrix nach Bauteilgruppen für den Innenausbau

Generell kann bei der Bewertung von Bauelementen in zwei größere Hauptgruppen unterschieden werden:

1. Handwerkliche Produkte

- Kastenfenster
- Massivholztüren
- Dielenböden und Stabparkett
- Etc.

2. Industriell gefertigte Bauprodukte und Baustoffe

- Kunststofffenster, Holz-Alu-Fenster
- Beschichtete Türblätter und Plattenwerkstoffe
- Gipskartonplatten
- Industrieparkett
- Etc.

Handwerkliche Füge-Techniken bieten gegenüber industriell hergestellten Verbundwerkstoffen gewisse Vorteile. Genagelte Stabparkette und Dielenböden mit höheren Nuttschichten können im Gegensatz zu geklebten industriellen Parkettböden leichter wiederaufbereitet werden. Industriell hergestellte Böden sind oftmals Grenzen gesetzt, aufgrund geringer Nuttschichten und Industrieklebern. Kastenfenster können durch den Austausch von Fenstergläsern saniert werden, jedoch sind die Kosten höher. Regionale Wertschöpfung kann hier jedoch positiv bewertet werden.

4.7 Phase kreislaufgerechten Ausführung - Baukonstruktion

Für eine kreislaufgerechte Sanierung sind in der Ausführungsphase, Bauprodukte bzw. Materialien zu verwenden, welche den Prinzipien der Kreislaufwirtschaft entsprechen. Der Austausch zwischen Ausführenden, Architekt:innen und Berater:innen mit Expertenwissen über die BAMB-Prinzipien ist wesentlich, um alternative Produkte zu finden. Weiters ist zu empfehlen, Fachplaner:innen frühzeitig einzubinden, die bei der Planung von kreislauffähigen Systemlösungen unterstützen. Konstruktive Maßnahmen wie die Vorbereitung von Blindstöcken oder die Verwendung von bereits verfügbaren alternativen C2C-Produkten, wie zB. Teppichfliesen oder Hohlböden, können die Demontierbarkeit und Wiederverwendung erleichtern. Generell gelten folgende Aspekte für konstruktive Lösungen:

Generelle Aspekte der Dekonstruktion	Spezifische Gestaltungsaspekte, die zu berücksichtigen sind	Beschreibung
1. Einfach zu demontieren	1.1 Elemente und ihre Teile sind unabhängig und leicht trennbar	Die Möglichkeit, miteinander verbundene Bauelemente zu trennen und die miteinander verbundenen Elemente in ihre einzelnen Komponenten und Teile zu zerlegen.
	1.2 Die Verbindungen sind mechanisch und reversibel	Die Verwendung von mechanischen, zerstörungsfreien Verbindungen im Gegensatz zum chemischen Kleben.
	1.3 Die Verbindungen sind leicht zugänglich und sequenziell umkehrbar	Einfacher und sequenzieller Zugang zu mechanischen Verbindungen, um diese rückzubauen und Elemente, Komponenten oder Teile zu entfernen

Generelle Aspekte der Dekonstruktion	Spezifische Gestaltungsaspekte, die zu berücksichtigen sind	Beschreibung
1. Einfach zu demontieren	1.4 Die Anzahl und Komplexität der Demontageschritte ist gering.	Die Demontage sollte nicht die Notwendigkeit komplexer Vorbereitungsschritte, den intensiven Einsatz von Arbeitskräften und Maschinen und/oder Verfahren außerhalb des Standorts erfordern.
2. Einfach wiederzuverwenden	2.1 Genormte Elemente und Teile	Spezifikation von Elementen und Teilen, die einer genormten Spezifikation, um einen einheitlichen künftigen Bestand zu gewährleisten.
	2.2 Spezifikation der modularen Gebäude -Dienstleistung	Spezifikation von modularen Systemen, die nach der Installation erhalten bleiben oder leichter ausgetauscht und aufgerüstet werden können.
	2.3 Das Design unterstützt zukünftige Anpassung an veränderte funktionale Bedürfnisse.	Auslegung der Gebäudeteile für eine dauerhafte Nutzung in derselben oder einer anderen Konstruktionskonfiguration im selben Gebäude.
3. Einfach zu recyceln	3.1 Teile aus homogenen Materialien, Materialien mit minimalen Behandlungen oder Veredelungen	Spezifikation von Komponenten und Bauteilen aus homogenen Materialien, den gleichen Materialien oder Materialien, die mit Recyclingverfahren kompatibel sind. Beschichtungen, Klebstoffe oder Zusatzstoffe sollten das Recycling nicht behindern.
	3.2 Die einzelnen Bestandteile lassen sich leicht trennen	Es sollte möglich sein, die Komponenten und Teile in ihre Bestandteile zu trennen.
	3.3 Es gibt etablierte Recycling Optionen für Bestandteile oder Werkstoffe	Der Teil oder Werkstoff lässt sich leicht zu Produkten in einem ähnlichen Anwendungsbereich oder ähnlicher Funktion umnutzen und maximiert damit den Zirkulären Wert.

Tabelle 6: Levels 2.4 Design for deconstruction [29]

Kreislauffähige Baustoffe/Bauprodukte		
Baustoffe		
Beton	Beton	Holcim C2C Beton
Recyclingstahl	Recyclingstahl	Produkt XCarbTM von ArcelorMittal
Bauprodukte		
Böden	Trockenestrich	https://www.fermacell.at/at/produkte/estrich/gipsfaser-estrich-elemente
	Fußbodenheizung	https://www.lithotherm-system.de/fussbodenheizung/
	Parkettböden	https://www.fermacell.at/at/produkte/estrich/gipsfaser-estrich-elemente

Bauprodukte		
Böden	Parkettböden	https://parkett-naturnah.de/Blog/Parkett-schwimmend-verlegen-oder-verkleben
	Bauwerk Parkett	https://www.bauwerk-parkett.com/at-de/wissen/parkett-know-how/leise-und-nachhaltig.html
	Teppichböden	https://www.naturefloor.at/
Decken & Böden	Metalldeckecken Heiz-&Kühldecken Wand/Tür	https://www.lindner-group.com/fileadmin/user_upload/intranet/service/green_building/lindner_zirkulaeres-bauen_praesentation--de.pdf
Mareiner		Mareiner - Holz Wiederverwendung
		Die Bodentischlerei
Sanitär	Modulare Nasszellen	https://www.heinze.de/produktserie/fertigbadezimmer-im-modulsystem-wandovario/16737705/1/?q=HUG%20%20Fugenlose%20Raumsysteme&pos=1
Fassaden	Wohnungsbau - Außenwand	https://www.holzbau.saint-gobain.de/loesungen-systeme/fassaden/die-rueckbaubare-wohnungsbau-aussenwand
Fassaden		https://www.schueco.com/de/nachhaltigkeit/zertifizierungen/cradle-to-cradle
Schraubverbindung		https://www.geb-info.de/fassade/schrauben-statt-kleben-macht-rueckbau-einfacher
Holzbau		https://www.thoma.at/holzhaus/holz100/
C2C	C2C Zertifizierte Produkte	https://c2ccertified.org/

Tabelle 6: Übersicht ausgewählter kreislauffähiger Bauprodukte (nicht vollständig)

Paralleles Datenmanagement - Digitale Tools zur Unterstützung und Durchführung einer kreislauffähigen Sanierung

4.7 Sanierung

Um die Maximierung von Baustoffen zu gewährleisten ist es erforderlich, eine genaue Nachverfolgung der Daten zu ermöglichen, um Dokumentations- und Nachweispflichten zu erfüllen. Hier können elektronische Werkzeuge bei der effizienten Umsetzung einer kreislaufgerechten Sanierung unterstützen. Für eine umfassende Dokumentation empfiehlt sich die Verwendung eines zentralen Datenmodells (BIM), welches eine Verortung der Informationen über Materialdaten im Gebäude ermöglicht. Jedoch ist die Erstellung eines Digitalen Gebäudemodelles anfangs mit einem erhöhten Aufwand verbunden, bietet in späteren Phasen aber

wesentliche Vorteile. Unter anderem kann das digitale Modell für folgenden Anwendungsfällen eingesetzt werden:

1. Schätzungen anfallender Mengen- und Massen von verwertbaren Rohstoffen – sowie zu entsorgenden Schadstoffe beziehungsweise Störstoffe – (Entsorgung & Planung für Verwertungswege)
2. Bei größeren Bauprojekten wäre eine modellbasierter Bauablauf/Rückbausimulationen für den selektiven Abbruch denkbar
3. Bewertung der Kreislauffähigkeit anhand eines Gebäudepasses
4. Datenspeicher während der Betriebsphase: Gebäude Modell „As Built“ > Erstellung von Rückbauanleitungen
5. Erstellung einer Ökobilanz

Anwendungsfall: BOM (Bill of materials) Schätzung anfallender Baurestmassen:

BIM bietet die Möglichkeit Materialinformationen in einem digitalen Gebäude Modell zu verorten. Dies kann bei einer ersten ökologisch-ökonomische Abschätzungen und bei der Reduzierung von Restmassen von Vorteil sein. Hier könnten im Vorhinein Absprachen mit Recyclingunternehmen und frühzeitige Verwertungswege identifiziert sowie Rücknahmevereinbarungen mit Herstellern getroffen werden.

Anwendungsfall: Schad & Störstofferberhebung

Idealerweise können die Informationen der Schad- und Störstoffkataster für das Gebäude digital verarbeitet und mit einem Gebäudemodell verknüpft werden.

Anwendungsfall: Selektiver Abbruch bei größeren Projekten: Bauablaufplanung

Der selektive Abbruch bezieht sich auf die Festlegung einer bestimmten Reihenfolge beim Abbruch, um das Recycling- und Verwertungspotenzial des Bauabfalls in nachfolgenden Sortiervorgängen zu maximieren. Das Ziel besteht darin, sortenreine Abfallfraktionen zu erzeugen. In der Praxis bedeutet dies eine sortenreine Trennung von Baustoffen und einen erhöhten logistischen Aufwand. Jedoch bietet der selektive Abbruch ein potenzielles Einsparungspotential bei den hohen Kosten für Mixmulden und die Möglichkeit zur Verwertung von Rohstoffen. Eine optimale Rückgewinnung von Materialien kann durch eine gezielte Abbruchreihenfolge erreicht werden, wie beispielsweise das Entfernen des Daches als erste Maßnahme zur Rückgewinnung von Schieferdachziegeln, die zu Schieferaggregat zerkleinert werden. [30]

Bewertung der Kreislauffähigkeit eines Gebäudes

EPEA und Madaster bieten die Möglichkeit zur Erstellung von Gebäudepässen, welche entwickelt wurden, um die Kreislauffähigkeit von Gebäuden zu verbessern. Diese Pässe bietet Informationen über Baumaterialien, Umweltindikatoren, Recyclingfähigkeit etc. eines Gebäudes. Sie können für die Varianten Planung in der Entwurf Phase sowie in der Fertigstellung als Dokument zum Nachweis der Kreislauffähigkeit herangezogen werden.

Gebäudemodell „as built“

Lt. dem Entwurf der vom Juni 2023, sollen zukünftig elektronische Hilfsmittel verwendet werden, um die Eigenschaften des Gebäudes „as built“ zu beschreiben. Hier müssen die verwendeten Materialien und Komponenten, zum Zwecke der künftigen Instandhaltung, Wiederherstellung und Wiederverwendung einsehbar sein und dem Kunden digital zur Verfügung gestellt werden. Hier ist eine Dokumentation der konstruktiven Ausführung, sowie Informationen über die Reparierbarkeit und Zugänglichkeit der Bauteile zu verankern. Eine wichtige Rolle spielt hierbei die Erfassung der tatsächlichen, konstruktiv anfallenden Daten während des Bauprozesses. Diese Informationen müssen den Planern zur Verfügung gestellt und in einem zentralen Datenmodell erfasst werden, welches in Kombination mit einem Digitalen Gebäudemodell Auswertungen über Verbindungselemente, konstruktive Ausführungen sowie Wiederverwertungs- und Recyclingpotential für den späteren Rückbau ermöglicht.

5 Fazit

Eine kreislauffähige Sanierung stellt geänderte Anforderungen an die Planung, Abbruch und Wiedereinbringung von Baustoffen und Bauprodukten. Es muss eine interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen den einzelnen Disziplinen stattfinden, um das Projekt zum Erfolg zu führen. Für eine Skalierung müssen neue Prozesse etabliert und standardisiert werden, Schnittstellen und Wissenslücken erkannt und technische Lösungen für die Umsetzung getestet werden. Einzelne technische Lösungen für Bauprodukte verschiedenster Hersteller sind bereits am Markt verfügbar, wenngleich noch nicht zahlreich verfügbar. Recherchen zeigen jedoch, dass eine zunehmende Anzahl an Herstellern bestehende oder neue Produkte entsprechend kreislaufwirtschaftlichen Designprinzipien einführen.

Der vorliegende Bericht zeigt übersichtlich wie kreislauffähige Prozesse gestaltet werden können, welche Arbeitsschritte auszuführen sind, worauf bei der Nachweisführung zu achten ist und welche möglichen Produkte bei einer Sanierung zum Einsatz kommen können. Er zeigt damit, dass noch immer Herausforderungen in der Umsetzung baukonstruktiver, logistischer und wirtschaftlicher Natur zu meistern sind, jedoch bereits gute Wissensgrundlagen zur Verfügung stehen, um erste Projekte durchzuführen.

Die Autor:innen hoffen damit, mehr Verständnis für die Umsetzung von kreislauffähigen Sanierungsprojekten zu schaffen.

6 Glossar

C2C - Cradle to Cradle	"Cradle to Cradle" (C2C) ist ein Konzept, das von den Architekten William McDonough und Michael Braungart entwickelt wurde. Übersetzt bedeutet es „Von der Wiege zur Wiege“ Es bezieht sich auf ein umfassendes Design- und Produktionskonzept, bei dem alle Materialien in geschlossenen Kreisläufen zirkulieren und entweder biologisch abbaubar sind und somit zurück in die Natur gelangen können (Kreislauf "biologisch") oder technisch recycelbar sind und in neuen Produkten wiederverwendet werden können (Kreislauf "technisch").
Level(s) Framework: Europäischer Rahmen für nachhaltige Gebäude	Level(s) bietet eine gemeinsame Sprache für die Bewertung und Berichterstattung über die Nachhaltigkeitsleistung von Gebäuden. Es ist ein einfacher Einstieg in die Anwendung der Grundsätze der Kreislaufwirtschaft in unserer gebauten Umwelt. Level(s) bietet ein umfassend erprobtes System zur Messung und Unterstützung von Verbesserungen, vom Entwurf bis zum Ende der Lebensdauer. Es kann auf Wohngebäude oder Büros angewendet werden.
CDW	CDW (Construction and Demolition Waste) Protokoll zu Deutsch: EU-Protokoll über die Bewirtschaftung von Bau- und Abbruchabfällen
TSCA	Technischen Prüfkriterien Bei den technischen Screening-Kriterien handelt es sich um eine Reihe von Regeln und Maßstäben, anhand derer bewertet wird, ob eine Wirtschaftstätigkeit gemäß der EU-Taxonomie als ökologisch nachhaltig angesehen werden kann. Diese Kriterien decken ein breites Spektrum an Umweltzielen ab, darunter die Eindämmung des Klimawandels und die Anpassung an diesen, die nachhaltige Nutzung und der Schutz von Wasser- und Meeresressourcen, der Übergang zu einer Kreislaufwirtschaft, der Schutz und die Wiederherstellung der biologischen Vielfalt und der Ökosysteme sowie die Vermeidung und Kontrolle der Umweltverschmutzung.
DNSH	Gemäß der Verordnung über die Aufbau- und Resilienzfähigkeit sollte bei der Bewertung der Aufbau- und Resilienzpläne sichergestellt werden, dass jede einzelne Maßnahme (d. h. jede Reform und jede Investition) im betreffenden Plan mit dem Grundsatz der „Vermeidung erheblicher Beeinträchtigungen“ (engl. „Do No Significant Harm“ (DNSH) – im Folgenden „DNSH“ oder „DNSH-Grundsatz“) im Einklang steht
Re-Use	Gemäß der Abfallrahmenrichtlinie ist darunter jedes Verfahren zu verstehen, bei dem Produkte oder Bestandteile, die keine Abfälle sind, für denselben Zweck wiederverwendet werden, für den sie konzipiert wurden.
BAMB - Prinzipien	Das BAMB-Konzept ist insbesondere für Neubauten und größere Umbaumaßnahmen wichtig. Hier wird die Verwendung von demontierbaren Elementen beton sowie klare Anweisungen zur Demontage über Baustoffpässe, um eine optimale Wiederverwendung von Materialien und Elementen zu ermöglichen. Der BAMB-Ansatz kann in die Gebäudedatenmodellierung (BIM) und Dokumentation integriert werden. Die BAMB-Prinzipien beziehen sich auf das "Buildings as Material Banks" (BAMB)-Konzept, <ul style="list-style-type: none"> • Reversibilität: Gebäude • Anpassungsfähigkeit: Gebäude • Zirkularität: Materialien sollten in geschlossenen Kreisläufen zirkulieren. • Digitalisierung: Der Einsatz digitaler Technologien und Informationsmanagement ermöglicht eine effizientere Materialnutzung und erleichtert die Identifizierung und Rückverfolgbarkeit von Materialien • Geschäftsmodelle: Es werden innovative Geschäftsmodelle gefördert, die auf der Nutzung von Materialien als Dienstleistung basieren, anstatt sie zu besitzen.

7 Quellenverzeichnis

[1]	UN-Environment programme, „2020 Global Status Report for Buildings and Construction. Towards a Zero-emissions, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector – Executive Summary, https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/34572;jsessionid=31EE8E43AF501C5DBC8B068A2E494AAE , Aktualisiert am 07.07.2023
[2]	EUR-Lex, „Ein neuer Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft Für ein saubereres und wettbewerbsfähigeres Europa“, EUR-Lex - 52020DC0098 - EN - EUR-Lex (europa.eu) , Aktualisiert am 07.07.2023
[3]	EUR-Lex, „Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden“ https://eur-lex.europa.eu/summary/DE/en0021 , Aktualisiert am 07.07.2023
[4]	European Commission „Renovierungswelle: Verdoppelung der Renovierungsquote zur Senkung von Emissionen, zur Ankurbelung der wirtschaftlichen Erholung und zur Verringerung von Energiearmut“, https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/IP_20_1835 , Aktualisiert am 07.07.2023
[5]	European Commission „Renovierungswelle: Verdoppelung der Renovierungsquote zur Senkung von Emissionen, zur Ankurbelung der wirtschaftlichen Erholung und zur Verringerung von Energiearmut“ https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/IP_20_1835 , Aktualisiert am 07.07.2023
[6]	European Commission „Implementing and delegated acts - Taxonomy Regulation“, EU Commission, Aktualisiert am 27.06.2023 https://finance.ec.europa.eu/regulation-and-supervision/financial-services-legislation/implementing-and-delegated-acts/taxonomy-regulation_en
[7]	IPMS, „International Property Measurement Standards:All Buildings“ Aktualisiert am 27.06.2023, https://fastedit.files.wordpress.com/2023/01/ipms-all-buildings-.pdf
[8]	Bundesministerium Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation & Technologie „Grundsätze der Abfallwirtschaft“, Aktualisiert am 27.06.2023, https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/abfall/aws/awsgrundsaeetze.html
[9]	Erläuterung: Dies betrifft den Werkstoff Beton, einschließlich seiner Bestandteile (Zuschlagsstoffe). Jede Stahlbewehrung ist ausgeschlossen, da es sich hierbei um ein anderes Material handelt, sie zählt zu den Metallen
[10]	Erläuterung: Biobasierte Materialien werden aus biologischen Ressourcen hergestellt (Tiere, Pflanzen, Mikroorganismen und abgeleitete Biomasse, einschließlich organischer Abfälle), wie in COM (2018) 673 definiert. Sie umfassen konventionelle biobasierte Materialien, die traditionell aus Biomasse hergestellt werden (wie Holz, Kork, Naturkautschuk, Papier, Textilien, Holz Baumaterialien) und in jüngerer Zeit entwickelte Materialien wie biobasierte Chemikalien oder biobasierte Kunststoffe.
[11]	European Commission, „EU Construction and Demolition Waste Management Protocol“, Aktualisiert am 27.06.2023, https://ec.europa.eu/docsroom/documents/20509/ .
[12]	Erläuterung: „Vorbereitung zur Wiederverwendung (Re-use)“: meint die Überprüfung, Reinigung oder Reparatur oder Verwertungsmaßnahmen, durch die Produkte oder Bestandteile von Produkten, die zu Abfall geworden sind, so aufbereitet werden, dass sie ohne eine weitere Vorbehandlung wiederverwendet werden können. Dazu gehört zum Beispiel die Vorbereitung bestimmter Gebäudeteile wie Dachelemente, Fenster, Türen, Ziegel, Steine oder Betonelemente. Eine Vorbedingung für die Vorbereitung zur Wiederverwendung von Bauelementen ist in der Regel der selektive Rückbau von Gebäuden oder anderen Strukturen.
[13]	Erläuterung: „Recycling“ ist jedes Verwertungsverfahren, bei dem Abfallstoffe zu Produkten wiederaufbereitet werden, Materialien oder Stoffen für den ursprünglichen oder einen anderen Zweck aufbereitet werden. Er umfasst die Wiederaufbereitung von organischem Material, nicht aber die energetische Verwertung und die Aufbereitung zu Materialien, die als Brennstoffe oder zur Verfüllung verwendet werden.
[14]	Erläuterung: „Verfüllung“ ist jedes Verwertungsverfahren, bei dem geeignete nicht gefährliche Abfälle verwendet werden, um die Rekultivierung von ausgehobenen Flächen oder für technische Zwecke im Landschaftsbau verwendet werden. Die zur Verfüllung verwendeten Abfälle, müssen abfallfreie Materialien ersetzen, und für die oben genannten Zwecke geeignet sowie auf die Menge beschränkt sein, die zur Erreichung dieser Zwecke unbedingt erforderlich ist.
[15]	European Commission, „Level(s) Indicator 1.2: Life cycle Global Warming Potential (GWP)“, Aktualisiert am 17.6.2023, https://susproc.jrc.ec.europa.eu/product-bureau/sites/default/files/2020-10/20201013%20New%20Level(s)%20documentation_Indicator%201.2_Publication%20v1.0.pdf
[16]	ISO, „ISO 22057:2022, Sustainability in buildings and civil engineering works – Data templates for the use of environmental product declarations (EPDs) for construction products in building information modelling (BIM)“, Aktualisiert am 12.06.2023, https://www.iso.org/standard/72463.html
[17]	Erläuterung: Eine Umweltproduktdeklaration (EPD) ist eine standardisierte Darstellung der Umweltauswirkungen eines Produkts über seinen gesamten Lebenszyklus. Sie enthält Informationen über Ressourcenverbrauch, Energieeinsatz, Emissionen und andere Umweltaspekte. EPDs unterstützen die Auswahl umweltfreundlicher Produkte und fördern die Transparenz in Bezug auf ökologische Nachhaltigkeit.

[18]	EU Commission, „Commission delegated regulation (EU)“, Aktualisiert am 20.6.2023, https://finance.ec.europa.eu/system/files/2023-06/taxonomy-regulation-delegated-act-2022-environmental-annex-2_en.pdf
[19]	Erläuterung: Auftragen auf Farben und Lacke, Deckenplatten, Bodenbeläge (einschließlich zugehöriger Klebstoffe und Abdichtungen), Innendämmung und Oberflächenbehandlungen im Innenbereich, z. B. zur Behandlung von Feuchtigkeit und Schimmel.
[20]	Europäische Kommission, „Technische Leitlinien für die Anwendung des Grundsatzes der „Vermeidung erheblicher Beeinträchtigung“ im Rahmen der Verordnung zur Einrichtung einer Aufbau- und Resilienzfähigkeit, Aktualisiert 15.5.2023, https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:52021XC0218(01)&from=EN
[21]	European Commission, „EU-Protokoll über die Bewirtschaftung von Bau- und Abbruchabfällen“, Aktualisiert am 21.06.2023, https://www.abfallwirtschaft.steiermark.at/cms/dokumente/12704206_155890275/651e67f5/DE-TRA-01%20-%20final.pdf
[22]	European Commission „EU-Protokoll über die Bewirtschaftung von Bau- und Abbruchabfällen“, Aktualisiert am 21.06.2023, https://www.abfallwirtschaft.steiermark.at/cms/dokumente/12704206_155890275/651e67f5/DE-TRA-01%20-%20final.pdf
[23]	Europäische Union, „Abfallverzeichnis gemäß der Richtlinie 2008/ 98/ EG des Europäischen Parlaments und des Rates - (2014/ 955/ EU), Aktualisiert am 22.06.2023, https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014D0955&from=ET
[24]	Baustoff Recycling Verband, „Rückbaukundige Person“, Aktualisiert am 21.06.2023, https://brv.at/ruckbaukundige-personen/
[25]	Green Badger, „Construction Waste Management Plan Template“, Aktualisiert am 21.06.2023, https://getgreenbadger.com/construction-waste-management-plan-template/
[26]	Erläuterung: Die 9R ist eine Strategie der Kreislaufwirtschaft, in welcher 9 Handlungsoptionen beschrieben, werden, um eine Maximierung des Ressourceneinsatzes und Wiederverwendung zu erreichen
[27]	Prosperkolleg, „Rethink: Impulse zur zirkulären Wertschöpfung, Enabeling the Circular Economy 2022/03“ Aktualisiert am 04.06.2023, https://prospekolleg.ruhr/wp-content/uploads/2022/05/rethink_22-03_r-strategien.pdf
[28]	Circle Economy, „Scaling the Circular Environment, pathways for business and government“ Aktualisiert am 11.06.2023, https://docs.wbcsd.org/2018/12/Scaling_the_Circular_Built_Environment-pathways_for_business_and_government.pdf
[29]	European Commission, „Level(s) indicator 2.4: Design for Deconstruction“ Aktualisiert am 27.06.2023, <a href="https://susproc.jrc.ec.europa.eu/product-bureau/sites/default/files/2021-01/UM<sup>3</sup>M<sup>3</sup>_Indicator_2.4_v1.1_18pp.pdf">https://susproc.jrc.ec.europa.eu/product-bureau/sites/default/files/2021-01/UM³M³_Indicator_2.4_v1.1_18pp.pdf
[30]	European Commission, „Level(s)-Indikator 2.2: Bau- und Abbruchabfälle und -materialien“, Aktualisiert am 22.06.2023, https://susproc.jrc.ec.europa.eu/product-bureau/sites/default/files/2021-11/2.2.ENV-2020-00027-01-01-DE-TRA-00.pdf

