



FELIX FECHENBACH BERUFSKOLLEG
des Kreises Lippe

Machbarkeitsstudie

Felix-Fechenbach-Berufskolleg - Detmold
Circularity Assessment September 2023

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	3
01. Aufgabenstellung	3
02. Potential im Rahmen der Kreislaufwirtschaft	4
Vorgehensweise der Studie	7
03. Kataster von Madaster	7
04. Circularity Assessment Concular	7
Bestandsuntersuchung	10
05. Bestandsunterlagen	10
06. Schadstoffe	10
07. Verbaute Materialien	11
Reuse-Recycle-Dispose	12
08. Materialströme	12
09. Reuse	13
10. Recycle	14
11. Dispose	15
12. Wiederverwendungsquote	16
Wirtschaftlichkeit	18
13. Wiederverwendung extern	18
14. Wiederverwendung intern	18
15. Aktuelle Verkaufspreise als Vergleich	19
Zusammenfassung	20
16. Entwurfsprinzipien	20
17. Fazit	22
Quellenverzeichnis	23

Einleitung



Abb. 01: Luftbild

01. Aufgabenstellung

Die Auftraggeberin (im Folgenden: AG) Kreis-Lippe prüft in Varianten die Sanierung oder den Rückbau des Felix-Fechenbach-Berufskollegs, Saganer Str. 4, 32756 Detmold. Aus diesem Anlass wurde die Concular GmbH (im Folgenden: AN) gebeten, das genannte Objekt in Hinblick auf sein Wiederverwendungspotential in einer Machbarkeitsstudie zu prüfen, sowie ein Assessment der Materialien mit Wiederverwendungspotential durchzuführen, um diese über den Concular-Shop zu vermitteln.

Ziel der Machbarkeitsstudie ist es, aufzuzeigen, ob und wie die vorhandenen Bauteile der bestehenden Bebauung im Sinne einer Circular Economy für zukünftige Neubauten wiederverwendet werden können und welche Mehrwerte für die Auftraggeberin daraus entstehen.

Als Grundlage für diese Untersuchung dient eine Untersuchung der Firma Madaster, die eine Aufstellung der Massen und Mengen aller Materialien im Gebäude vorgenommen hat. Zur Erweiterung dieser Untersuchung wurde die Concular GmbH beauftragt, diese zu ergänzen. Ziel ist es, den gesamten Bestand auf Wiederverwendung, Recycling und Entsorgung zu klassifizieren und somit Materialströme aufzuzeigen. Zweck der Untersuchung ist, eine Grundlage zu schaffen für die Entscheidungsfindung, für die Erhaltung des Bestandes oder einen Neubau vor Ort.

Diese Untersuchung schaut im Wesentlichen nur auf die Bestands Substanz und lässt alle anderen Faktoren der Nachhaltigkeit außen vor, wie ökonomische und soziale Faktoren.

Der Schwerpunkt von Concular liegt bei der Bewertung hinsichtlich der nicht-tragenden Bauteile.

Dabei soll zwischen Wiederverwendung von ganzen Bauteilen, die in ihrer jetzigen Gestalt neu eingesetzt werden und der stofflichen Wiederverwertung von Materialien, welche ihre Form verlieren, unterschieden werde

02. Potential im Rahmen der Kreislaufwirtschaft



Abb. 02: Aktuelle Situation der Baubranche

Die Baubranche hat mit ihrem anhaltenden Wachstum des Hoch- und Tiefbaus der letzten Jahrzehnte neue Dimensionen des Ressourcenverbrauchs erreicht. Nach dem linear wirtschaftlich geprägten und sogenannten "take-make-waste-Prinzip" wird in der Bauindustrie Primärenergie emissionsreich und ineffizient verbraucht.

Ohne langfristige Strategie für die Nutzung von Baustoffen und Gebäuden hat sich der Sektor mittlerweile zum größten Umweltverschmutzer der Welt entwickelt. 60% des gesamten Abfallaufkommens und 40% des CO₂-Ausstoßes können der Baubranche zugewiesen werden. Davon entfallen die Hälfte der Emissionen auf die Herstellung der Baumaterialien - die sogenannte "graue Energie". Zur Zeit werden nur 1% der verbauten Produkte 1:1 wiederverwendet. 13% werden anstelle eines Primärrohstoffes als

Recyclingmaterial bei der Herstellung von neuen Produkten eingesetzt, wie z.B. RC-Beton. Ein großer Teil des Recyclingmaterials erfährt allerdings ein upcycling und wird z.B. im Straßenbau als Ausgleichsschicht eingesetzt. Viele Baustoffe können auf Grund von Schadstoffen und Verbundstoffen nur noch einer Entsorgung zugeführt werden. Die Folge sind immer voller werdenden Deponien.



Abb. 03: Kreislaufwirtschaft

Der Klimawandel, die sinkende Verfügbarkeit von Material sowie die aktuell zu beobachtende Preissteigerung von Produkten, verlangen einen Umbruch in der Baubranche, hin zu einem nachhaltigen System, das synergetisch statt destruktiv mit seiner Umwelt umgeht — hin zum zirkulären Bauen. Auch aufgrund der neuen Zielsetzung bis spätestens 2050 Klimaneutralität erreichen zu müssen, reicht es heute nicht mehr aus, nur neue Gebäude nachhaltiger zu bauen, vielmehr zeigt der Weg in Richtung einer neuen Zielsetzung für das Bauen: Der Neubau muss zur Ausnahme werden und eine intensiviertere Arbeit mit dem Bestand wird unumgänglich werden. Vor dem Rückbau sollte geprüft werden, welche Wertstoffe im Bestand verbaut sind und welche Wege sie nach einem Rückbau zugeführt werden können. Sollten Gebäude nun doch zurückgebaut werden müssen, ergeben sich daraus neue Potentiale im Wiederverwenden von Bauteilen und Materialien.

Die Erfassung und Bewertung von Materialien und Bauteilen in neuen Gebäuden und im Bestand sind dabei ein zentraler Baustein eines kreislauffähigen Systems, welches durch den Einsatz digitaler Tools und Software erleichtert wird. Dies kann in Zukunft alle Akteur:innen der Baubranche dabei unterstützen, Materialien und Produkte so oft wie möglich wiederzuverwenden - "take-make-reuse", statt fortlaufend neues Material

beschaffen zu müssen. In diesem Prozess können negative Auswirkungen auf die Umwelt erheblich reduziert- und wirtschaftliche Vorteile signifikant erhöht werden.

Vorgehensweise der Studie



Abb. 04: Vorgehensweise Madaster und Concular

03. Kataster von Madaster

Im Vorhinein wurde von Madaster eine Massenermittlung der baukonstruktiven Gebäudeteile erstellt und in einer Liste festgehalten. Darunter fielen u.a. die tragenden Elemente, Außenhülle, Systemtrennwände, Türen und Fenster. Es wurden Materialität, Maße und Volumen der einzelnen Bauteile anhand einer Vorortbegehung sowie den vorliegenden Bauplänen ermittelt.

04. Circularity Assessment Concular

Im Rahmen eines Circularity Assessments wurde vor Ort durch die Concular GmbH vom 25. bis 27.09.2023 die weiteren Materialien aus dem Innenausbau, der losen Möblierung sowie der Außenanlagen erfasst. Alle Materialien wurden vor Ort präzise vermessen, gezählt, nach allen augenscheinlichen Eigenschaften beschrieben sowie fotografiert und mittels Produkt- und Herstellerangaben ergänzt. Auf Grundlage folgender Kriterien wurde eine Bewertung der Materialien und Produkte herangezogen:

Zustand der Materialien, anhand von visuellen Aspekten:

- Beschädigungen (Dellen, Kratzer);
- Verschmutzung (Abhangdecken, Fassadenmaterial);
- Gebrauchsspuren (Abnutzung von Bestandteilen, Einbaumöbel);
- Gebrauchsspuren an tragenden Bauteilen (Risse, Verformungen, Abplatzungen, Verschmutzungen und Ausblühungen)

Qualität der Materialien:

- Funktionstüchtigkeit (Fenster, Türen);
- Restlebenserwartung auf Grundlage von Hersteller und Baujahr (Beleuchtung, Fenstern (U-Wert));
- Restlebenserwartung tragender Bauteile zum Abschätzen erforderlicher Instandsetzungsmaßnahmen (auf Grundlage des Baujahres, eines ersten optischen Eindrucks, zu einem späteren Zeitpunkt durch Materialtestung)

Rückbaufähigkeit der Materialien, bzw. Zusammenschluss der Bauteile und Materialien:

- Nicht tragende Bauteile:
 - Leichte Rückbaufähigkeit: z.B. verschraubt oder lose, Türen in Gipskartonwänden
 - Mittelschwere Rückbaufähigkeit: z.B. genagelt, Türen in mineralischen Wänden
 - Schwere Rückbaufähigkeit: z.B. einbetoniert (Geländer, Türen)
- Tragende Bauteile, die Rückbaubarkeit ist u. a. abhängig von folgenden Kriterien:
 - Zugänglichkeit des Standorts/ Mgl. der Aufstellung großer Geräte für den Rückbau
 - materialabhängige Überlegungen für die Rückbaubarkeit (z.B. sind Anschlusspunkte zum Herausheben wie bei StB-Fertigteilen vorhanden)
 - geometrische Rahmenbedingungen für die Rückbaubarkeit (Größe/ Format der einzelnen Bauteile)
 - Demontierbarkeit der vorhandenen Anschlüsse (leichter Rückbau: Stahlbauteile mit Schraubverbindungen, aufwendiger Rückbau: Ort betonverbindungen, die zersägt werden müssen)
- Wiedereinbaubarkeit von Bauteilen (wird u.a. durch die folgenden Aspekte beeinflusst):
 - Möglichkeit der schadensfreie Zwischenlagerung und Transport
 - Anschlussausbildung, die den Wiedereinbau ermöglicht (Komplexität ist materialabhängig)

Marktwert für vergleichbare neue und Reuse Materialien

- Auf Grundlage von Quellen wie Baustoffhändlern und Bauteilbörsen wie z.B. Restado (Marktplatz für zirkuläre Baustoffe)
- Zur Erhaltung der Marktgängigkeit vermeidet Concular, dass der Kaufpreis von einem zirkulären Baustoff den Neupreis von einem neuen vergleichbaren Produkt übersteigt.
- Die Mehrkosten für den zerstörungsfreien Rückbau sind in dem Kaufpreis inbegriffen.

Eine potentielle Schadstoffbelastung schließt die Wiederverwendung in den meisten Fällen aus. Dafür ist das Schadstoffgutachten ausschlaggebend. Einige Beispiele von potentiellen Belastungen sind:

- PAK oder asbesthaltiger Kleber unter Teppichböden oder Parkett;
- KMF-haltige Rasterdecken und Dämmungen;
- Quecksilber in Leuchtstoffröhren;
- Blei im Anstrich von Stahlträgern und Stahlfenstern;
- Asbest in unterschiedlichen Materialien wie z.B. Brandschutztüren

Übersicht der Bewertungspunkte von Bauteilen in der Materialdatenbank:

- Fotografische Dokumentation von Material und Zustand
- Produktmerkmale
- Menge / Volumen
- Maße
- Zustand
- Material
- Verortung
- Schadstoffbelastung
- Ggf. Produktdatenblatt / Hersteller
- Bewertung Rückbaubarkeit
- Bewertung Wiederverwendungspotential
- Wertberechnung (Ökobilanz)

Bei der Inventarisierung werden die Bauteile und Materialien den passenden Kategorien zugeteilt und in Produktgruppen gegliedert.

Die Ergebnisse der Bestandsaufnahme wurden im Anschluss nachbereitet und eine detaillierte Bauteilliste erstellt. Die Daten der Massenermittlung von Madaster wurden ergänzt und das Wiederverwendungspotenzial anhand der Art der Wiederverwendung und der Marktgängigkeit eingeschätzt.

Bestandsuntersuchung

05. Bestandsunterlagen

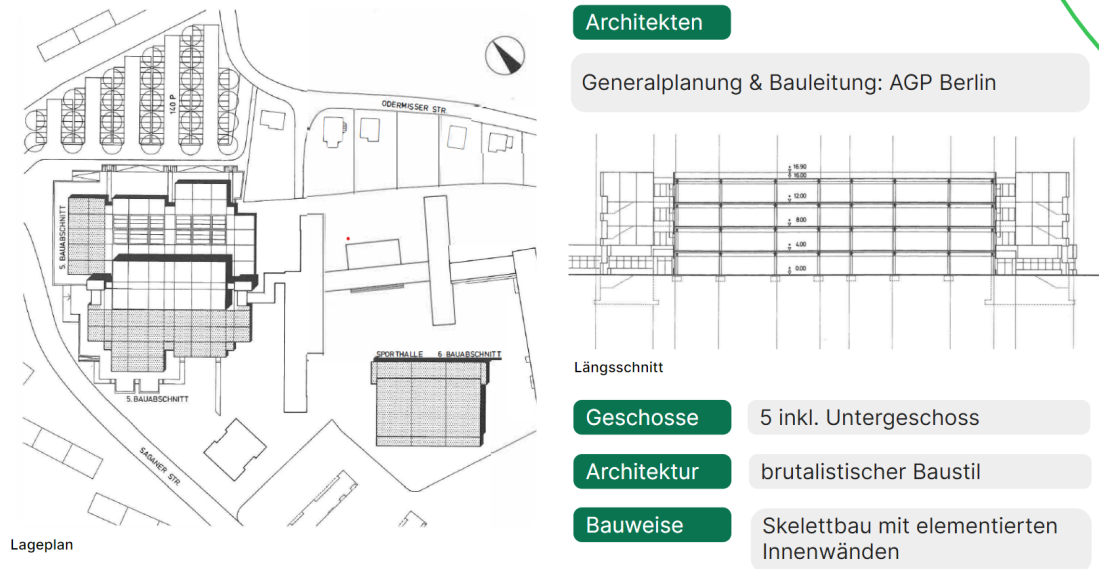


Abb. 05: Bestandsunterlagen

Das fünfgeschossige Bestandsgebäude wurde im Jahr 1979 als Skelettbau mit elementierten Innenwänden ausgeführt und ist im brutalistischen Baustil gehalten. Die Konstruktion und das Fundament / die Gründung aus Stahlbeton ist von einer Hülle aus Beton- oder Aluminiumelementen verkleidet. Den oberen Abschluss bildet das mit Trapezblech-Profilen gedeckte Flachdach.

06. Schadstoffe

Anhand der vorliegenden Schadstoffuntersuchungen wurde eine KMF-Belastung auf den Abhangdecken sowie eine Asbestbelastung auf den Zementplatten des Sheddachs und den Brandschutztüren im Bereich des Installationsschachts nachgewiesen werden. Diese Materialien werden von einer Wiederverwendung ausgeschlossen.

07. Verbaute Materialien

Die Massenermittlung zeigt, dass ein hoher Anteil (43,4%) der verbauten Materialien im Rohbau steckt. Ausschlaggebend sind hier besonders die horizontalen Bauteile - das Fundament (37,6%) sowie die Deckenscheiben (34,7%). Weiter zeigt die Massenermittlung, dass 25,4% der Massen im Innenausbau stecken, wie z.B. in Türen, Systemtrennwänden, Oberböden und ein erheblicher Anteil von 18,2% in der Ausstattung wie Tische, Stühle, Garderoben usw.

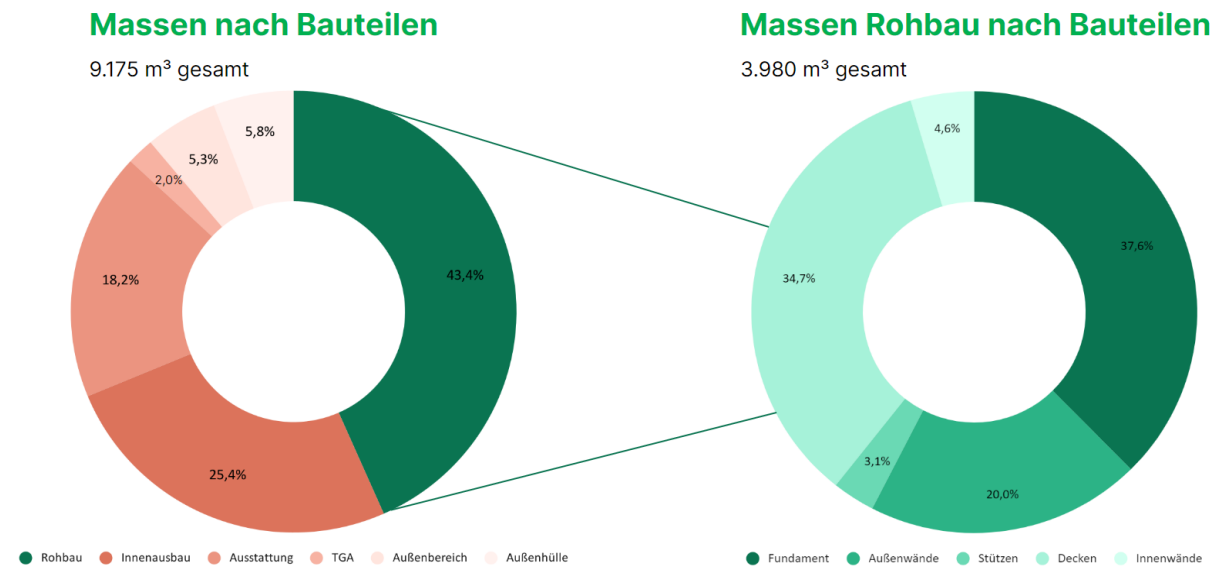


Abb. 06: Diagramme Massen nach Bauteilen und Massen im Rohbau nach Bauteilen

Reuse-Recycle-Dispose

08. Materialströme

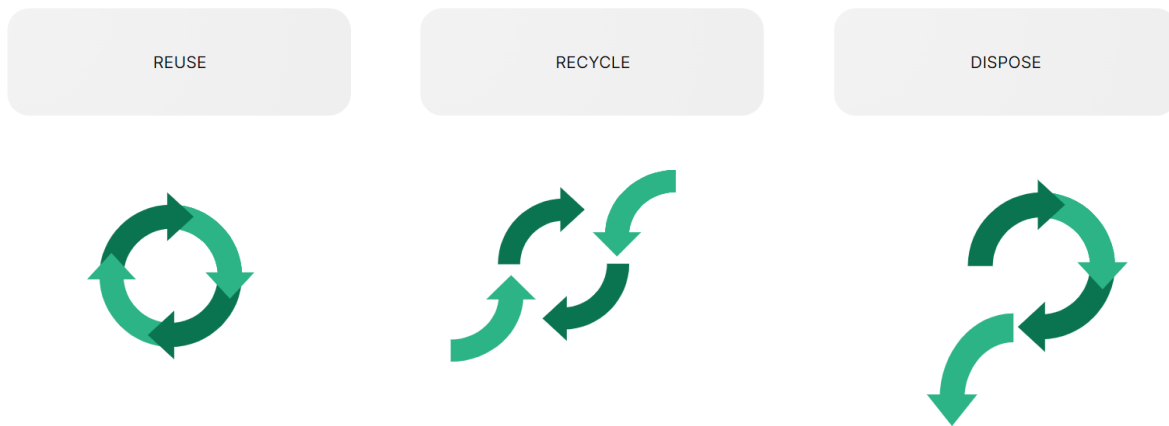


Abb. 07: Materialströme

Anhand der beschriebenen Bewertungskriterien wurden die im Gebäude verbauten Materialien folgenden Materialströmen zugeordnet:

- Reuse: Die direkte Wiederverwendung eines Materials, wodurch seine Lebenszeit verlängert wird. Das Material verliert nicht seine Form oder seinen Nutzen.
- Recycle: Die stoffliche Wiederverwendung eines Materials. Das Produkt gelangt zurück in den Kreislauf und wird beispielsweise für die Produktion eines neuen Bauteils verwendet.
- Dispose: Die Entsorgung eines Materials aufgrund einer nicht vorliegenden Schadstofffreiheit, Homogenität oder Trennbarkeit.

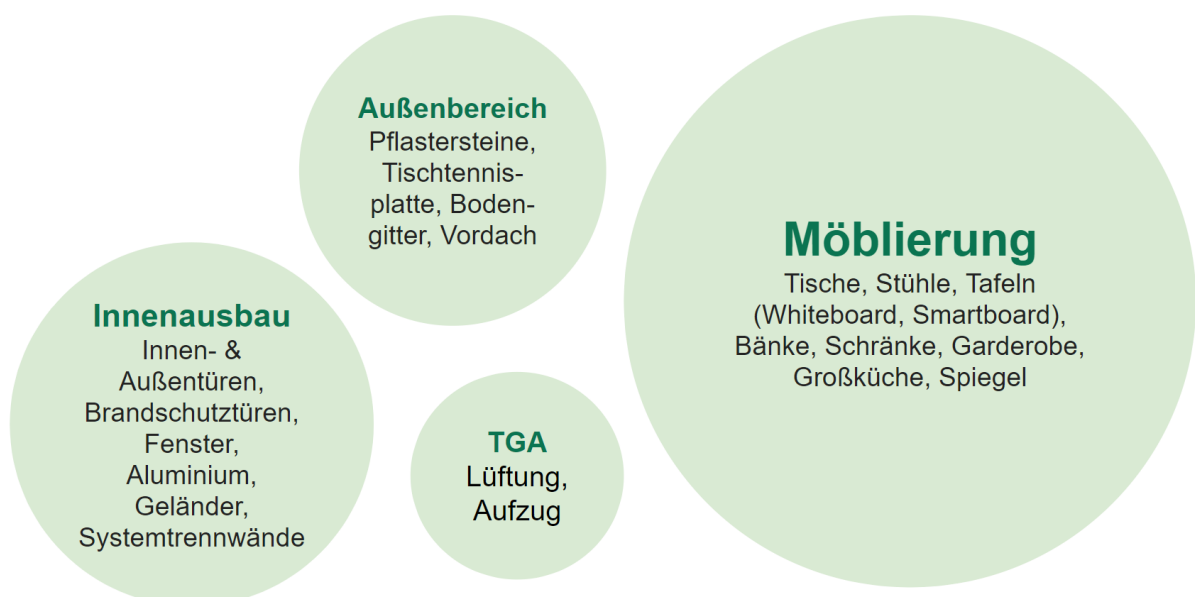


Abb. 08: Übersicht der aufgenommenen Materialien

09. Reuse




Türen		Zustand: gebraucht, teilw. gealtert	REUSE	RECYCLE	DISPOSE
211 Stück					
		Außentür (braun)		✗	
		Stahltüren Technikaufbau		✗	
		Brandschutztüren Schüco (Flure, TH)	✗		
		Brandschutztüren Novoferm (UG)	✗		
		Innentüren (rot)	✗		
		↳ Türzargen (Stahl)		✗	
		Türblatt innen (weiß; Flure)		✗	
		Aufzugtüren			✗

Abb. 9: Übersicht Reuse - Türen










Tische, Stühle		1167 Tische 1840 Stühle
		
Tafeln		86 Stück
		
Schränke, Garderoben		361 Stück
		

Abb. 10: Übersicht Reuse - Ausstattung

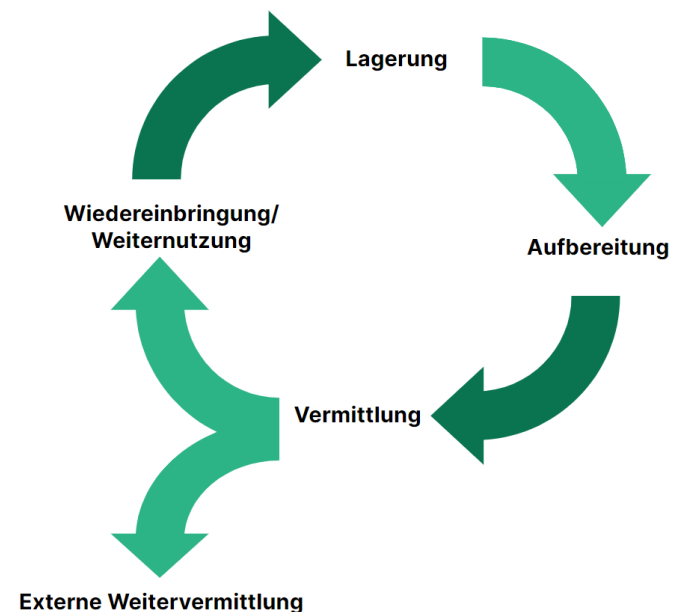


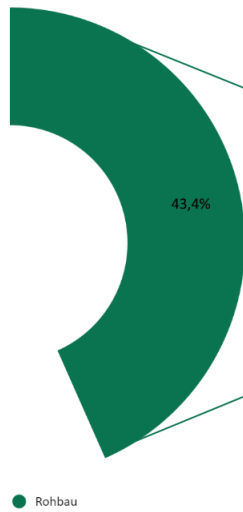
Abb. 11: Beispielhafter Materialkreislauf der Möblierung

Unter den Strom der Wiederverwendung fallen vor allem die Brandschutztüren, die Innentüren sowie die Möblierung. Aufgrund des Zustandes und des Aufbaus der Außentüren und der weißen Türen in den Fluren schätzen wir die Vermittlungswahrscheinlichkeit eher gering ein, weshalb das Recycling wirtschaftlicher wäre. Die Türzargen lassen sich schwierig unbeschädigt ausbauen, Stahl lässt sich aber sehr gut recyceln. Die Möbel haben ein großes Weiterverwendungspotenzial, da sie leicht rückzubauen sind.

10. Recycle

Massen nach Bauteilen - Rohbau

9.175 m³ gesamt



Material im Rohbau

3.980 m³ gesamt

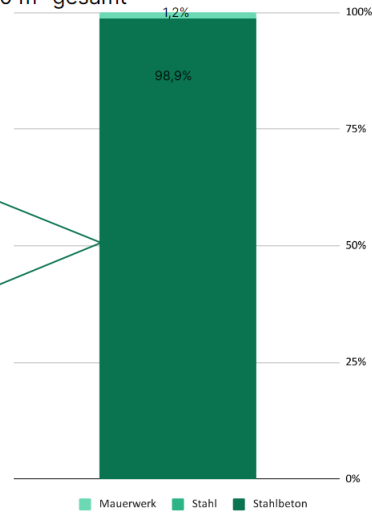


Abb. 12: Materialien im Rohbau

Der Anteil an Stahlbeton im Rohbau liegt bei 98,9% - insgesamt 3.930m³. Aufgrund dieser großen Masse ist es sinnvoll - sollte es zu einem Abriss kommen - das Material zu recyceln. Die Produktion von Beton stößt eine große Menge CO₂ aus. Durch das Recyceln kann der Teil der Emissionen, der bei der Entsorgung entsteht, eingespart werden (s. Abb. 13). In Bezug auf die CO₂-Emissionen wäre es jedoch am nachhaltigsten, das Gebäude zu erhalten und das Material weiterzuverwenden.

CO₂-Emissionen Stahlbeton

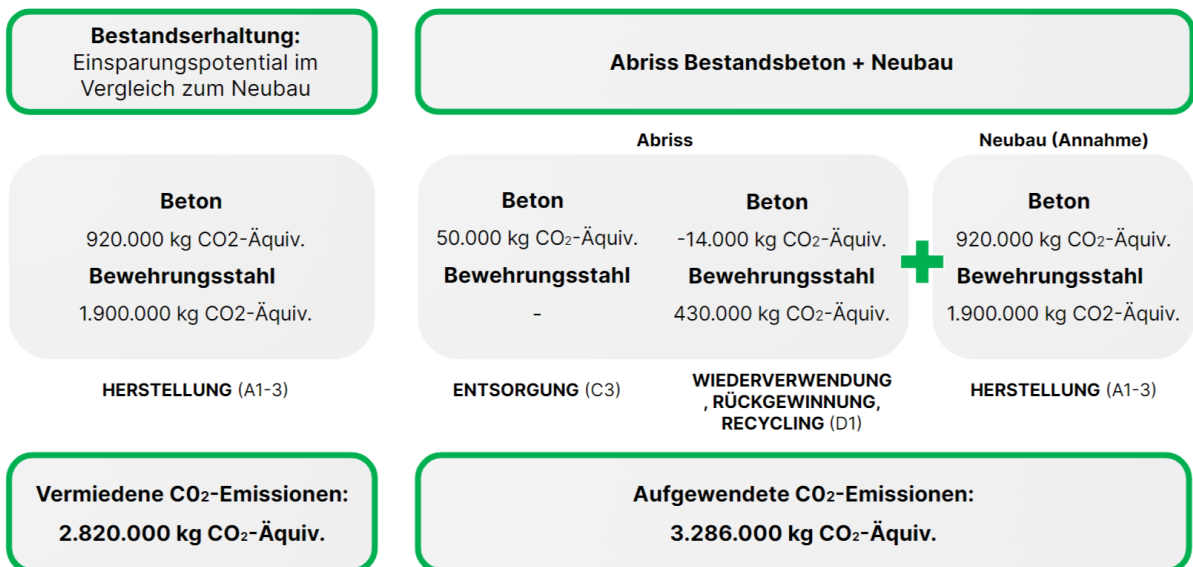


Abb. 13: CO₂-Emissionen von Stahlbeton

Bezogen auf den Stahlbeton können bei einer Bestandserhaltung insgesamt 2.820.000 kg CO₂-Äquivalente an Emissionen vermieden werden, die durch die Herstellung bereits im Gebäude gespeichert sind. Die Herstellungsphase A1-3 beinhaltet dabei die Rohstoffbereitstellung, den Transport sowie die Baustoffherstellung.

Im Gegenzug dazu werden bei einem Abriss des Bestands und einem Neubau insgesamt 3.286.000 kg CO₂-Äquivalente aufgewendet. Neben der Zyklusphase C3 (Abfallbewirtschaftung) und D1 (Wiederverwendung, Rückgewinnung, Recycling) des Bestandsgebäudes wird die Herstellungsphase (A1-3) für den Neubau hinzugerechnet. Bei letzterem Wert handelt es sich um eine Schätzung, da zum aktuellen Zeitpunkt keine Pläne für einen Neubau mit einer genauen Massen- und Materialangabe vorliegen. Für die Veranschaulichung wird für einen Neubau die gleiche Masse angenommen, die im Bestand verwendet wurde (3.537m³ Beton + 3.085.000 kg Bewehrungsstahl). Je nachdem, welche Materialien und Massen in einen eventuellen Neubau eingebracht werden, kann der eigentliche Wert von der Annahme abweichen.

11. Dispose



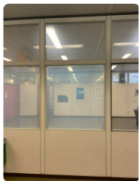

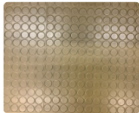
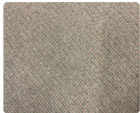
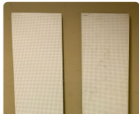
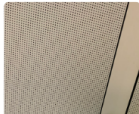
Systemtrennwände		1556 Stück	Problem: vermutlich Schadstoff- belastet, Schallschutz, Qualität	REUSE	RECYCLE	DISPOSE
						✗
						✗
						✗
Bodenbeläge		12630 m ²	Problem: Verklebung			
				✗	✗	
						✗
						✗
Bandrasterdecke		10108 m ²	Problem: KMF- Belastung			
						✗

Abb. 14: Materialübersicht Dispose

Zu den Materialien, die entsorgt werden müssen gehören die Systemtrennwände, die Bodenbeläge sowie die Bandrasterdecke. Die Probleme dabei sind unterschiedlich:

- Bei den Systemtrennwänden wurde keine Beprobung des Dämmmaterials durchgeführt. Aufgrund des Alters ist das Dämmmaterial in den Systemtrennwänden als "alte KMF" einzustufen. Eine schadlose Weiternutzung ist somit nicht gewährleistet. Für das weitere Vorgehen sind weitere Untersuchungen notwendig. Auch ohne Schadstoffbelastung schätzen wir die Vermittlungswahrscheinlichkeit aufgrund der Qualität und der niedrigen Schallschutzanforderungen auf Grund der Verglasung als gering ein. Eine sortenreine Trennung des Materials und Recycling ist

anzustreben. Eine Alternative wäre die Aufbereitung der Systemtrennwände. Die daraus verbundenen Kosten schließen eine externe Wiederverwendung aus. Eine interne Weiternutzung wäre bei Kostenübernahme möglich.

- Die Bodenbeläge sind auch ohne genauere Untersuchungen (aufhebeln/aufmachen des Oberbodens) verklebt oder vermörtelt ausgeführt worden. Die Ausbaufähigkeit ist dementsprechend als schwierig und nicht zerstörungsfrei einzuschätzen,
- Bei der Bandrasterdecke liegt eine "alte KMF" als Dämmmatte oben auf. Somit ist eine Wiederverwendung auf Grund des erheblichen Reinigungsaufwandes der einzelnen Platten und der damit verbundenen Kosten für die Wiederverwendung ausgeschlossen.

12. Wiederverwendungsquote

Art der Wiederverwendung

9.175 m³ gesamt

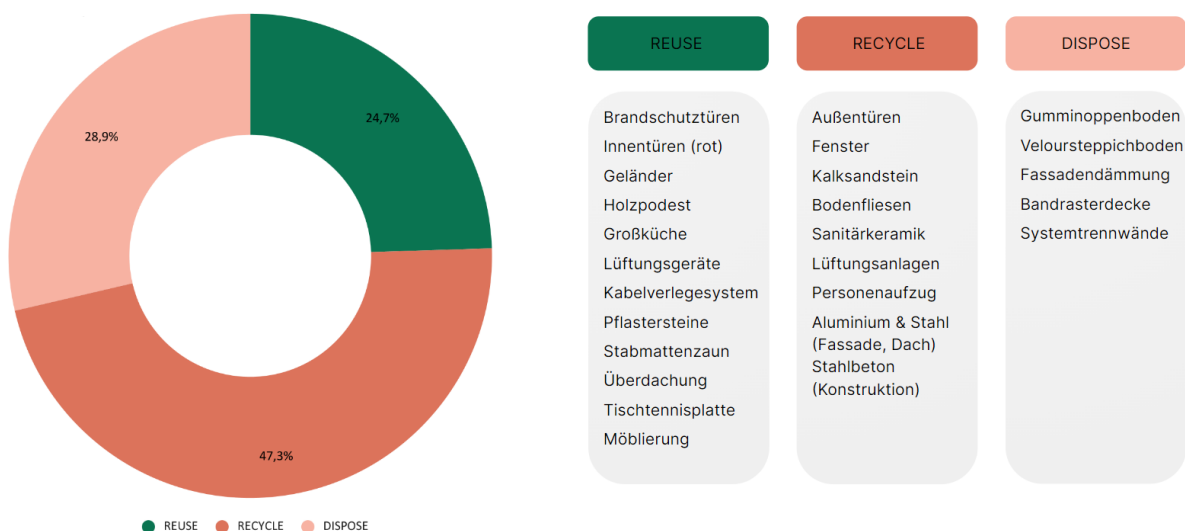


Abb. 15: Art der Wiederverwendung

Das Diagramm zeigt den Anteil der Materialströme bezogen auf die Gesamtmasse. Aufgrund des hohen Volumens des Rohbaus fällt die Kategorie "Recycle" mit 47,3% am größten aus. Ebenfalls in diese Kategorie fallen Teile der Außenhülle (Fassade, Dach) sowie des Innenausbau (u.a. Türen, Fenster, Bodenfliesen, Sanitärkeramik). Rund ¼ der Materialien können wiederverwendet werden. Hierzu zählen v.a. Die Möblierung, Brandschutz- und Innentüren, die Großküche und der Außenbereich (z.B. Pflastersteine, Überdachung, Staubmattenzaun). Entsorgt werden müssen Materialien aufgrund ihrer schlechten Rückbaufähigkeit oder einer Schadstoffbelastung (z.B. Bodenbeläge, Systemtrennwände, Bandrasterdecke).

Vermittlungspotenzial

2.183 m³ gesamt

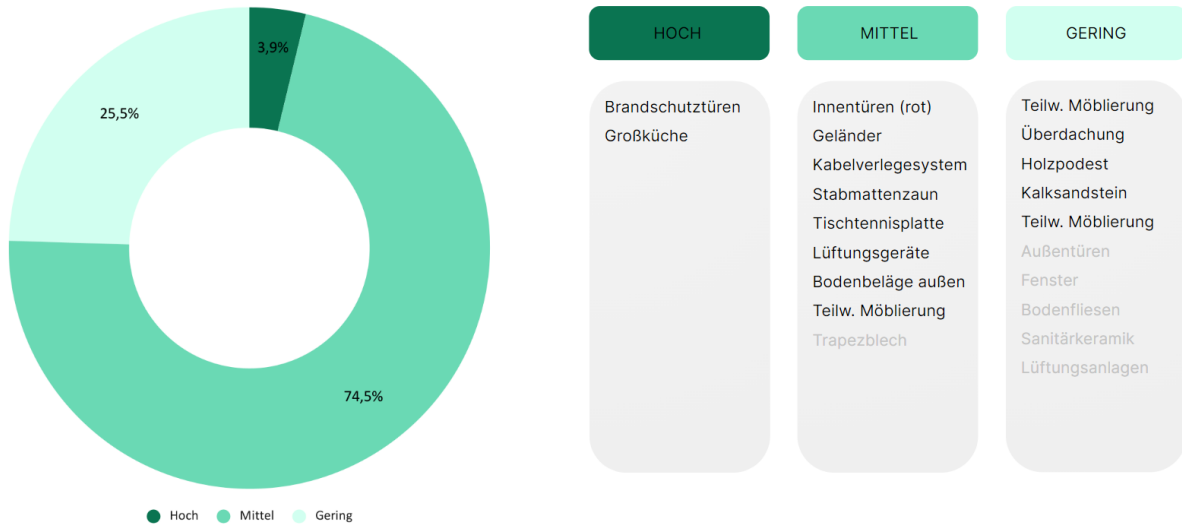


Abb. 16: Vermittlungspotenzial

Das Wiederverwendungspotenzial wird in die Kategorien hoch, mittel und gering eingeteilt. Aufgefasst werden hier nur die Materialien, die dem "Reuse" zugeordnet wurden.

Ein hohes Vermittlungspotenzial haben Materialien in einem guten Zustand und mit einem hohen Marktwert (Brandschutztüren, Großküche). Der Anteil liegt bei 3,9%.

In die Kategorie "mittel" fallen die meisten Materialien (74,5%) Dies sind beispielsweise Materialien mit einem nicht idealen Zustand, die aber in einer großen Menge vorhanden sind (z.B. Teile der Möblierung, Innentüren, Bodenbelag außen) oder Materialien in guter Qualität, aber geringen Menge (z.B. Stabmattenzaun).

Etwa $\frac{1}{4}$ der Materialien wurden aufgrund der geringen Qualität (z.B. Außentüren, Teile der Möblierung), einer geringen Anzahl (Teile der Möblierung) oder sehr spezifischen Eigenschaften (wie die Maße des Holzpodests im Foyer oder dem Vordach im Eingangsbereich) mit einer geringen Vermittlungswahrscheinlichkeit eingeschätzt.

Wirtschaftlichkeit

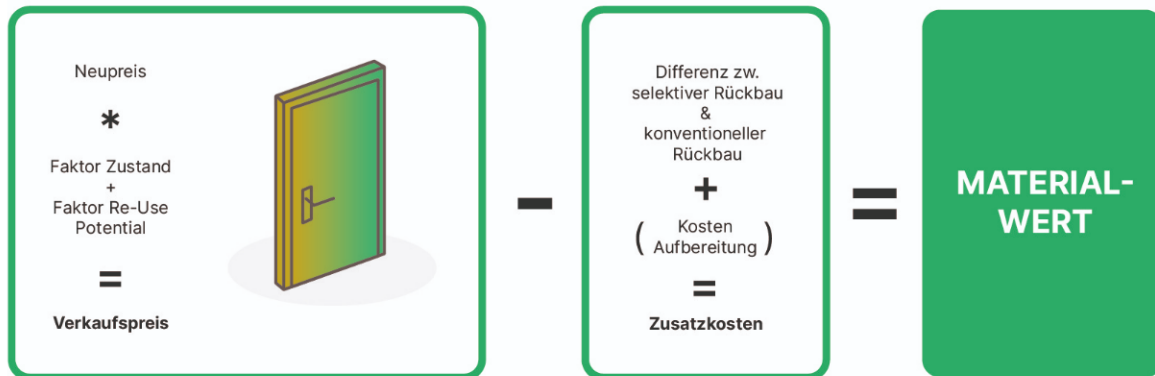


Abb. 17: Kostenmodell für wiederverwendete Baustoffe

13. Wiederverwendung extern

Der Verkaufspreis der Materialien für eine externe Wiederverwendung setzt sich aus dem Materialwert (von Concular ermittelt) und den Mehraufwand für den selektiven werterhaltenden Rückbau zusammen. Die Mehrkosten des selektiven Rückbaus (inkl. Entsorgungskosten) werden durch die Ausschreibung im Leistungsverzeichnis beider Positionen konventioneller Rückbau und selektiver Rückbau ermittelt und die Differenz beider Positionen auf den Verkaufspreis angerechnet. Die Mehrkosten für den selektiven Rückbau im Vergleich zum konventionellen Abriss, werden durch den Verkauf des Materials getragen. Der Erlös aus dem Verkauf wird nach Abzug des Mehraufwandes zwischen Concular und Auftraggeber nach Provisionsvereinbarung aufgeteilt. Der Mehraufwand wird dem Auftraggeber erstattet

Beispielhafte Zusammensetzung des Materialwerts anhand einer Brandschutztür:

Neupreis * Faktor Zustand + Mehrkosten = Verkaufspreis

$8.300,00\text{€} \times 0,5 + 400\text{€} = 4.550,00\text{€}$

Alle Materialien, die nicht innerhalb der festgesetzten Vermittlungsfrist verkauft worden sind, werden vom Rückbauunternehmen konventionell abgebrochen und entsorgt. Eine langfristige Lagerung der Materialien vor Ort ist nicht vorgesehen, vielmehr wird aus Gründen der Wirtschaftlichkeit hier auf eine effiziente Vermittlung innerhalb der zur Verfügung stehenden Frist gesetzt.

14. Wiederverwendung intern

Zahlreiche im Rahmen des Circularity Assessments identifizierte Materialien eignen sich potentiell für die Wiederverwendung vor Ort. Ökologisch wie auch ökonomisch betrachtet ist eine Wiederverwendung der Materialien vor Ort zu bevorzugen, da z.B. Transportaufwendungen zu entfernt gelegenen Baustellen entfallen. Ein entsprechender Nachweis über ein höheres Einsparpotential kann hier im Rahmen der Ökobilanzierung erbracht werden.

Die Wiederverwendung tragender Bauteile kann einen wichtigen Beitrag zur Verminderung der Ressourcen- Verknappung und Emission von Treibhausgasen leisten, ist aber leider allgemein noch nicht Stand der Technik. Das gilt in besonderem Maße für die Wiederverwendung von Ortbetonbauteilen.

Für die Bestandsbauteile, für die eine Wiederverwendung auf Elementebene nicht in Frage kommt, sollte zumindest eine Wiederverwendung auf Materialebene angestrebt werden. Für Stahlbetonbauteile bedeutet das, dass diese zerkleinert werden um den Betonschotter von den Bewehrungseisen zu trennen. Der Bewehrungsstahl kann wieder als Rohstoff für die Stahlherstellung verwendet werden. AcelorMittal gibt hier in seiner Produkt-EPD beispielsweise bereits an, dass für jede Tonne neu hergestellten Bewehrungsstahl 840 kg Altmetall verwendet werden. Der gebrochene Betonschotter kann als Zuschlagstoff für die Herstellung von Recyclingbeton oder als Schotter im Straßen- und Wegebau Verwendung finden. Hier ist insbesondere darauf zu achten, lokale Abnehmer zu finden, damit die neu anfallenden Emissionen durch den Transport geringer ausfallen als die Emissionen, die durch die Wiederverwendung auf Materialebene (statt einer einfachen Entsorgung) eingespart werden.

15. Aktuelle Verkaufspreise als Vergleich

Eine kleine Übersicht der aktuellen Verkaufspreisen aus dem Concular Shop

<https://shop.concular.de/>

Äußere Hülle

- Fenster: 100€ - 5.000€
- Pfosten-Riegel-Fassade: 5.000€ - 8.000€
- Ziegelstein: 1€ - 3€ pro Ziegel
- Pflastersteine: 12,50€ - 38,00€

Innenausbau

- Brandschutztüren, Rauschutztür, innen: 5.000€ - 700€
- Glastür, innen: 150€ - 400€
- Holztür, innen: 100€ - 500€
- Baustellentür: 70€
- WC-Trennwand (gesamtes System): 100€ - 250€

Mobilar

- Hängeleuchte: 25€ - 1500€
- Deckenleuchte: 5€ - 60€
- Stehleuchte: 99€ - 200€
- Tische: 50€ - 190€
- Stühle: 15€ - 380€

Zusammenfassung

16. Entwurfsprinzipien

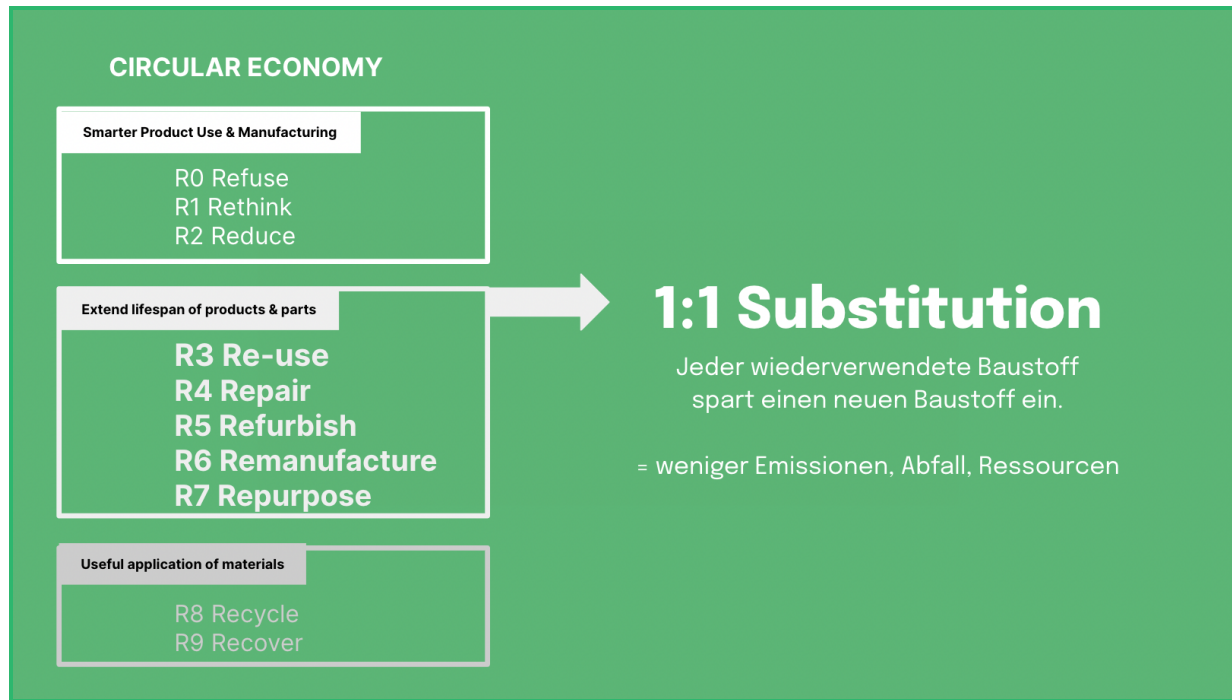


Abb. 18: 1:1 Substitution im 9R Framework der Circular Economy

R0: refuse

Das Motto ist: "build less". Die erste Überlegung sollte immer sein: Kann ein Bestandsgebäude als Ganzes wiederverwendet werden, ist es wirklich erforderlich, etwas Neues zu bauen. Die nachhaltigste Materialverwendung ist festzustellen, dass kein Material verwendet werden muss.

R1: rethink

Die gängige Praxis in der Baubranche ist aktuell noch eine lineare Wirtschaft, bei der für jedes Projekt neue Bauteile eingekauft werden und für den Bestand bestenfalls ein Recycling auf der Materialebene stattfindet. Da das Gebäude zum größten Teil noch wie im Erbauungsjahr erhalten ist, sind grundlegende Sanierungsmaßnahmen für die weitere Nutzung unausweichlich. Im Sinne einer zirkulären Bauwirtschaft ist zu überdenken, ob die daraus frei gesetzten Materialien einer Wiederverwendung im sanierten Gebäude zugeführt werden können oder dem externen Kreislauf zugeführt werden können.

R2: reduce

Ziel einer Sanierung oder der Errichtung eines Neubaus sollte sein, ein ressourcenschonendes und emissionsarmes Gebäude zu errichten. Im gesamten Designprozess sollte deshalb die Umweltwirkung des Projektes betrachtet werden und die Nachhaltigkeit als wichtige Entscheidungshilfe bei der Entwurfsfindung herangezogen werden.

Hierbei gilt es:

- Materialoptionen vergleichend zu berücksichtigen
- Einsparmöglichkeiten beim Materialverbrauch früh auszuloten

R3 - R7: re-use, repair, refurbish, remanufacture, repurpose

Im Sinne einer Kaskadenwirtschaft sollte das materielle Recycling eines Produktes immer der letzte Schritt sein um eine möglichst effiziente Ressourcennutzung zu gewährleisten. Eine Wiederverwendung wird durch reversible Verbindungen ermöglicht/vereinfacht. Bei tragenden Bauteile sind hierbei die Minimierung des Gesamtmaterialverbrauchs durch die maximale Auslastung der einzelnen Querschnitte und die Verwendung einfacher, reversibler Verbindungen, die eine leichte Wiederverwendung ermöglichen, gegeneinander abzuwägen.

R8: recycle

Die Recyclingfähigkeit von Elementen hängt stark von den zuvor ausgeführten Kriterien ab, die im Folgenden im Kontext einer neuen Entwurfsfindung noch einmal kurz benannt werden.

- Homogenität
- Trennbarkeit (ggf. auf Projektbasis abwägen: geringerer Gesamtmaterialverbrauch bei Verwendung von Kompositmaterialien vs. Möglichkeit des einfacheren Materialrecyclings)
- Materialien ohne bedenkliche Inhaltsstoffe

R9: recover

Es sollte immer in Erwägung gezogen werden im "Neubau" (ob Saniert oder neu Errichtet) Produkte (wieder)zu verwenden, bei denen es sich um Bestandsbauteile handelt oder auf Materialien zurückzugreifen, die einen (möglichst) geschlossenen Materialkreislauf haben um einen schonenden Umgang mit unseren Ressourcen zu ermöglichen.

17. Fazit

Für das Felix-Fechenbach-Berufskolleg wurde mit der vorliegenden Machbarkeitsstudie ein Vorschlag erarbeitet, wie die Potentiale der Kreislaufwirtschaft in diesem Projekt bestmöglich ausgeschöpft werden können.

Auf Basis des erfolgten Circularity Assessments wurde eine Materialliste erstellt. Ergebnis ist eine genaue Aufstellung der Mengen, Massen, Materialität, Qualität und Rückbaufähigkeit der nicht-tragenden als auch tragenden Bauteile. Anhand dieser Ergebnisse wurden die Materialien in Hinblick auf ihr Wiederverwendungspotenzial bewertet und eine Empfehlung für die Art der Wiederverwendung und ihr Vermittlungspotenzial erarbeitet.

In Bezug auf die tragenden Bauteile, hat sich herausgestellt, dass das Gebäude in seiner Masse zu knapp der Hälfte aus Beton besteht. Bei einer Weiternutzung des Bestandes würden etwa 3900 Tonnen an Abfall eingespart werden können. Auch aufgrund der dadurch verbundenen Vermeidung von CO₂-Emissionen empfehlen wir, die Sanierung des Bestandes einem Neubau vorzuziehen.

Weitere 50% der Materialmasse fallen auf den Innenausbau, die Ausstattung sowie die Außenhülle. Aufgrund des Alters, der Funktion und des Zustandes ist hier eine Sanierung oder Erneuerung notwendig. 25% dieser Materialien sind für eine Wiederverwendung geeignet und können in den zirkulären Materialkreislauf eingebracht werden. Aufgrund der geringen Stückzahl oder Qualität einiger Materialien ist eine interne Wiederverwendung in Erwägung zu ziehen.

Neben diesem ökologischen Mehrwert ist für das Felix-Fechenbach-Berufskolleg somit auch ein ökonomischer Mehrwert realisierbar. Der Mehraufwand des kontrollierten Rückbaus und in der Planung führt zu einer signifikanten Reduktion der Entsorgungs- und Deponiekosten. Durch die Wiederverwendung von vorhandenen Materialien kann der vorhandenen Preissteigerung für Baumaterialien und der damit einhergehenden Kostenunsicherheit begegnet werden.

Quellenverzeichnis

Abb. 01: Luftbild - Kreis Lippe

Abb. 02: Aktuelle Situation der Baubranche - Concular GmbH

Abb. 03: Kreislaufwirtschaft - Concular GmbH

Abb. 04: Vorgehensweise Madaster und Concular - Concular GmbH

Abb. 05: Bestandsunterlagen - Kreis Lippe

Abb. 06: Diagramme Massen nach Bauteilen und Massen im Rohbau nach Bauteilen - Concular GmbH

Abb. 07: Materialströme - Concular GmbH

Abb. 08: Übersicht der aufgenommenen Materialien - Concular GmbH

Abb. 09: Übersicht Reuse - Türen - Concular GmbH

Abb. 10: Übersicht Reuse - Ausstattung - Concular GmbH

Abb 11: Beispielhafter Materialkreislauf der Möblierung - Concular GmbH

Abb. 12: Materialien im Rohbau - Concular GmbH

Abb. 13: CO₂-Emissionen von Stahlbeton Concular GmbH

Abb. 14: Materialübersicht Dispose - Concular GmbH

Abb. 15: Art der Wiederverwendung - Concular GmbH

Abb. 16: Vermittlungspotenzial - Concular GmbH

Abb. 17: Kostenmodell für wiederverwendete Baustoffe - Concular GmbH

Abb. 18: 1:1 Substitution im 9R Framework der Circular Economy - Concular GmbH

Concular

Ausarbeitung November 2023

M.Sc. Tabea Dörries
M.A. Andrea Weiner
B.A. Janine Hering

Concular GmbH
Sattelstraße 38b
70327 Stuttgart
Geschäftsführer Dominik Campanella,
Julius Schäufele