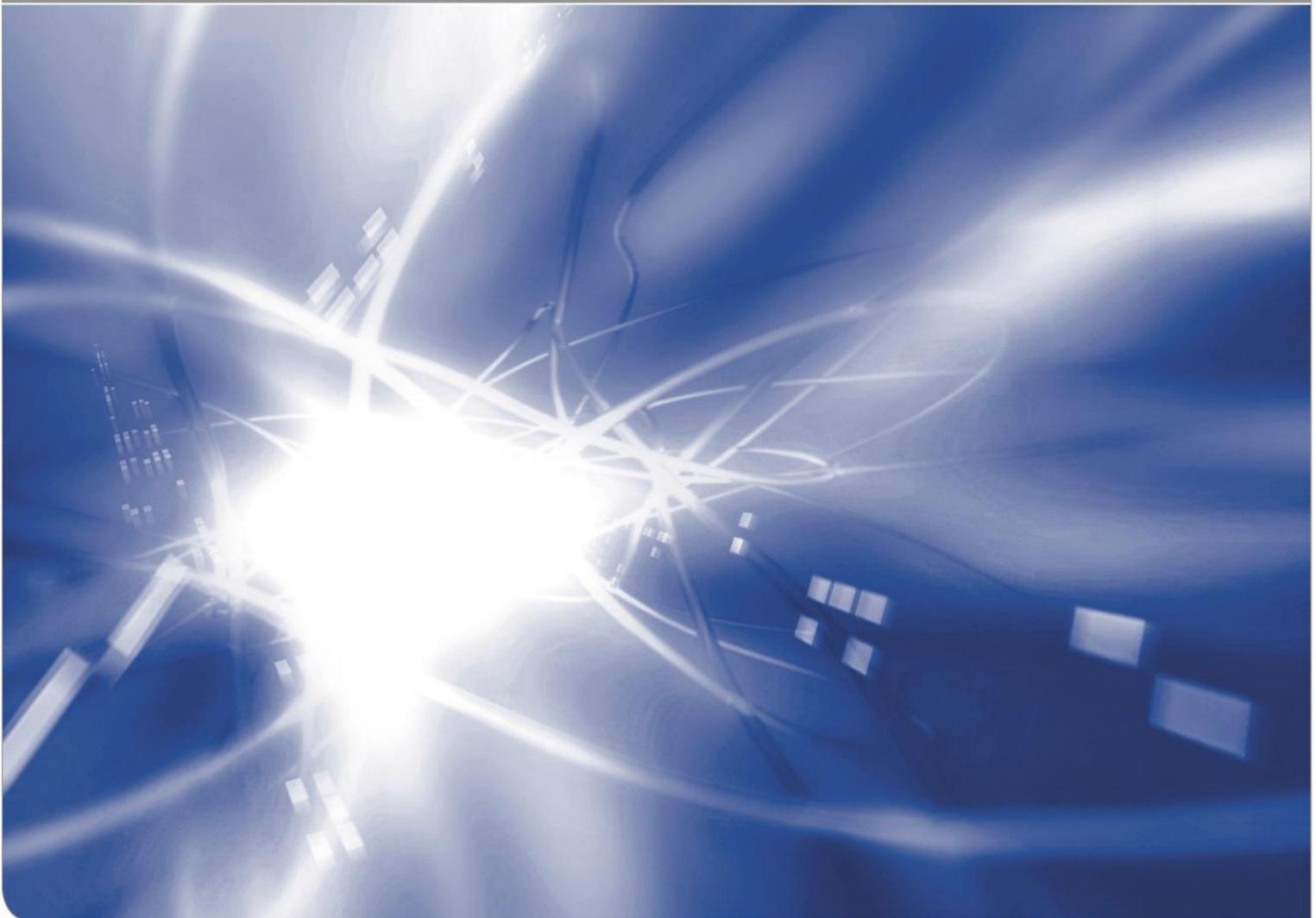


Kreislaufwirtschaft im Bauwesen

Zweites Leben für Altbaukomponenten

von Viktoria Kolb

KIT SCIENTIFIC WORKING PAPERS 251



Optional

(1) Angaben zur Affiliation wie folgt:

¹ Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse

(2) Studienarbeit im Rahmen des Studiengangs Sicherheitswesen Umwelttechnik an der Dualen Hochschule Baden-Württemberg (Karlsruhe)

(3) Diese Publikation ist entstanden im Rahmen des Projektes "Karlsruher Reallabor Nachhaltiger Klimaschutz (KARLA)" am Karlsruher Transformationszentrum für Nachhaltigkeit und Kulturwandel (KAT) und wurde gefördert vom Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg (MWK).

Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse
Karlstraße 11
76133 Karlsruhe
<https://www.itas.kit.edu/index.php>

Impressum

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
www.kit.edu



Dieses Werk ist lizenziert unter einer Creative Commons Namensnennung – Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International Lizenz (CC BY-SA 4.0):
<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.de>

2024

ISSN: 2194-1629

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung

Abstract

1	Einleitung	1
1.1	Motivation der Arbeit	5
1.2	Zielsetzung der Arbeit	5
2	Grundlagen	7
2.1	Kreislaufwirtschaft	7
2.1.1	Rechtliche Hintergründe	9
2.1.1.1	Aktuelle rechtliche Situation	9
2.1.1.2	Leitsätze, Vorschriften und Zertifizierungen	12
2.1.2	Umsetzung der Kreislaufwirtschaft im Bauwesen	16
2.1.3	Aktuelle Ansätze und Entwicklungen	20
2.2	Wiederverwendung von Altbaukomponenten	22
2.2.1	Einordnung in den historischen Kontext	25
2.2.2	Einordnung in den Kontext des nachhaltigen Bauens	27
3	Verwandte Arbeiten	30
4	Theoretische Analyse zur Umsetzung der Wiederverwendung von Altbaukomponenten	32
4.1	Herausforderungen der Wiederverwendung	32
4.2	Chancen der Wiederverwendung	36
4.3	Voraussetzungen für die Umsetzung von Wiederverwendung	37
4.3.1	Planung und Kommunikation	38
4.3.2	Materialpass, -datenbank und -börse	38
4.4	Umsetzung von Rückbau und Wiederverwendung	44
4.4.1	Relevante Aspekte des Rückbaus	44
4.4.2	Rückbau und Wiederverwendung am Beispiel zweier Baukomponenten	48
5	Analyse der Wiederverwendung von Altbaukomponenten in der Praxis	53
5.1	Interviews mit Unternehmen im Gebrauchtholzhandel	53
5.2	Best-Practice-Projekte	54
5.2.1	Projekte aus Deutschland	55
5.2.1.1	Bauhäusle – Projekt Stuttgart	56
5.2.1.2	Stadtvillen Cottbus – Projekt Cottbus	57
5.2.1.3	Verwaltungsgebäude und Betriebshof in Neustadt in Holstein – Projekt Neustadt	58
5.2.1.4	Recyclinghaus Hannover – Projekt Hannover	59

5.2.1.5	Casa Rossa – Projekt Chemnitz	60
5.2.1.6	Rathaus Korbach – Projekt Korbach	61
5.2.1.7	RoofKIT – Projekt Karlsruhe	63
5.2.1.8	Kreisarchiv Viersen – Projekt Viersen	64
5.2.1.9	CRCLR-Haus Berlin – Projekt Berlin.....	65
5.2.1.10	De Tokomen Tied – Projekt Bremerhaven	67
5.2.1.11	4R Haus – Projekt Bedburg	68
5.2.2	Internationale Projekte	69
5.2.2.1	Recyclingcenter Kringloop Zuid – Projekt Maastricht.....	71
5.2.2.2	Forschungs- und Demonstrationsplattform NEST – Projekt Dübendorf	71
5.2.2.3	Kendeda Building for Innovative Sustainable Design – Projekt Atlanta.....	73
5.2.2.4	Kultur- und Gewerbegebäude ELYS – Projekt Basel.....	74
5.2.2.5	Aufstockung im Projekt K.118 – Projekt Winterthur	76
5.2.2.6	Science- und Erlebniscenter Primeo Energie Kosmos – Projekt Münchenstein.....	77
5.2.2.7	Kindergarten The Swan – Projekt Kopenhagen	79
6	Folgerungen.....	81
6.1	Wiederverwendbarkeit verschiedener Bauteile	81
6.2	Heutige Umsetzung der Wiederverwendung.....	90
7	Ausblick.....	92
	Literaturverzeichnis	94
	Anhang	102

Abkürzungsverzeichnis

BIM	Building Information Modelling
BMWSB	Bundesministeriums für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
CRCLR	zirkulär
CR0WD	Circularity, Reuse, and Zero Waste Development
C2C	Cradle to Cradle
DBZ	Deutsche BauZeitschrift
DGNB	Deutsche Gesellschaft für nachhaltiges Bauen
DIN SPEC	Deutsches Institut für Normung
EFH	Einfamilienhäuser
EMPA	Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Schweiz)
EPD	Umwelt-Produktdeklarationen
EPEA	Environmental Protection Encouragement Agency
EU	Europäische Union
GEG	Gebäudeenergiegesetz
HOAI	Honorarordnung für Architekten und Ingenieure
IRB	Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau
KI	Künstliche Intelligenz
KIT	Karlsruher Institut für Technologie
KrWG	Kreislaufwirtschaftsgesetz
LCA	Life Cycle Analyse
NEST	Next Evolution in Sustainable Building Technologies
R-Beton	Recycling-Beton
SDE	Solar Decathlon Europe
THG	Treibhausgas
UBA	Umweltbundesamt
UMAR	Urban Mining and Recycling Unit
UN	Vereinte Nationen

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Abfallaufkommen in Deutschland 2000 bis 2020 [4, S. 7].....	2
Abbildung 2: Bau- und Abbruchabfälle 2020 in Millionen Tonnen [4, S. 15].....	3
Abbildung 3: Anteile verschiedener Baustoffe an den Treibhausgasemissionen im Hochbau (2020) [5, S. 67]	4
Abbildung 4: 10R-Framework	8
Abbildung 5: Ergänzung der Projektstufen im Bauwesen [3, S. 105].....	15
Abbildung 6: Beitrag zur grauen Energie von Gebäudebestandteilen [3, S. 83].....	17
Abbildung 7: Daten für die Nutzung der urbanen Mine [22, S. 117].....	18
Abbildung 8: Hierarchie des Umgangs mit Baumaterialien [7, S. 51]	19
Abbildung 9: Cradle to Cradle [23, S. 17]	20
Abbildung 10: mineralische Bauabfälle 2020	24
Abbildung 11: nachhaltiges Bauen [26, S. 9].....	28
Abbildung 12: Rückbaubegleitung durch Concular	41
Abbildung 13: Rückbauvarianten [23, S. 32].....	45
Abbildung 14: Entscheidungshilfe: Einsatz von Altholzbauteilen [14, S. 113].....	51
Abbildung 15: Bauhäusle Stuttgart	57
Abbildung 16: Stadtvillen Cottbus	58
Abbildung 17: Verwaltungsgebäude Neustadt in Holstein	59
Abbildung 18: Recyclinghaus Hannover	60
Abbildung 19: Casa Rossa	61
Abbildung 20: Rathaus Korbach	63
Abbildung 21: RoofKIT.....	64
Abbildung 22: Kreisarchiv Viersen	65
Abbildung 23: CRCLR-Haus Berlin.....	67
Abbildung 24: De Tokomen Tied [34]	68
Abbildung 25: 4R Haus[7, S. 60]	69
Abbildung 26: Kringloop Zuid	71
Abbildung 27: NEST	73
Abbildung 28: Kendeda Building for Innovative Sustainable Design	74
Abbildung 29: ELYS	76
Abbildung 30: Aufstockung K.118	77
Abbildung 31: Primeo Energie Kosmos	79
Abbildung 32: Kindergarten The Swan	80

Zusammenfassung

In unserer aktuellen Gesellschaft sind bisher Abriss und Neubau die Regel. Unterstützt wird dies durch rechtliche Regelungen und etablierte Strukturen, die einen Gebäudeerhalt oft erschweren. Doch selbst wenn ein Gebäude keine Zukunft mehr hat, können verbaute Komponenten weiterverwendet werden und Bestandsbauten somit als Materialquelle genutzt werden. Dafür ist ein selektiver Rückbau erforderlich, welcher es in Kombination mit einer fachlichen Prüfung der Komponenten erlaubt, diesen in anderen Gebäuden ein zweites Leben zu geben. Die für die Herstellung dieser Bauteile aufgewendete Energie kann somit weiterhin gespeichert werden und macht das Einsetzen entsprechender neuer Rohstoffe überflüssig. Um einen Rückbau und die Wiederverwendung der Komponenten in Zukunft zu stärken, ist es sinnvoll die heutigen Neubauten entsprechend kreislauffähig zu gestalten. Diese Arbeit führt beispielhaft verschiedene deutsche und internationale Projekte auf, in welchen wiederverwendete Komponenten eingesetzt sind, um so einen Überblick zu geben, was bereits realisierbar ist und welche Bauteile sich aktuell besonders für eine Wiederverwendung eignen.

Es bestehen heutzutage noch diverse Herausforderungen, wenn es um das Wiederverwenden von Baukomponenten geht. Die bestehenden Gebäude sind nicht auf einen Rückbau ausgelegt. Dies erschwert die hochwertige Rückgewinnung der Komponenten. Für ein schnelles und wirksames Handeln in Bezug auf Klima- und Ressourcenschutz, ist die Wiederverwendung allerdings eine naheliegende Maßnahme mit positiven Effekten. So wird dieser bisherige Nischenbereich zunehmend gestärkt durch Fachunternehmen und Netzwerke, die den Rückbau und die Wiederverwendung in anderen Gebäuden ermöglichen. Es zeigt sich, dass ein Großteil an verbauten Komponenten wiederverwendbar ist, besonders Fassadenelemente sowie Fenster und Türen. Die größere Herausforderung liegt in dem koordinierten Bergen der Materialien und dem Einbinden dieser in den Bauplanungsprozess. Hierfür fehlen bislang wichtige und notwendige rechtliche Rahmenbedingungen, die das Wiederverwenden von Baukomponenten attraktiver gestalten als den Einsatz von Neubauteilen. Es bestehen jedoch bereits Ideen wie Wiederverwendung im Bausektor in großem Maßstab umgesetzt werden kann. Die Projekte zeigen hierbei vielfältige und kreative Möglichkeiten der Wiederverwendung auf, welche bereits über den Forschungsmaßstab hinausgehen.

Abstract

In our current society, demolition and new construction are the norm. This is supported by legal regulations and established structures that often make it difficult to preserve buildings. However, even if a building no longer has a future, installed components can still be reused and existing buildings can therefore be utilised as a source of materials. This requires selective dismantling, which, in combination with a technical inspection of the components, allows them to be given a second life in other buildings. The energy used to manufacture these components can thus continue to be stored and makes the use of new raw materials superfluous. In order to strengthen the deconstruction and reuse of components in the future, it makes sense to design today's new buildings to be recyclable. This paper lists examples of various German and international projects in which reused components are used, in order to provide an overview of what can already be realised and which components are currently particularly suitable for reuse.

Today, there are still various challenges when it comes to reusing building components. Existing buildings are not designed for demolition. This makes the high-quality recovery of components more difficult. However, reuse is an obvious measure with positive effects for quick and effective action in terms of climate and resource protection. What has previously been a niche area is increasingly being strengthened by specialised companies and networks that enable dismantling and reuse in other buildings. It is becoming apparent that a large proportion of the components used can be reused, especially façade elements, windows and doors. The greater challenge lies in the coordinated recovery of materials and the integration of these into the construction planning process. Important and necessary legal framework conditions that make the reuse of building components more attractive than the use of new parts are still lacking. However, there are already ideas on how reuse can be implemented on a large scale in the construction sector. The projects show diverse and creative possibilities for reuse, which already go beyond the research scale.

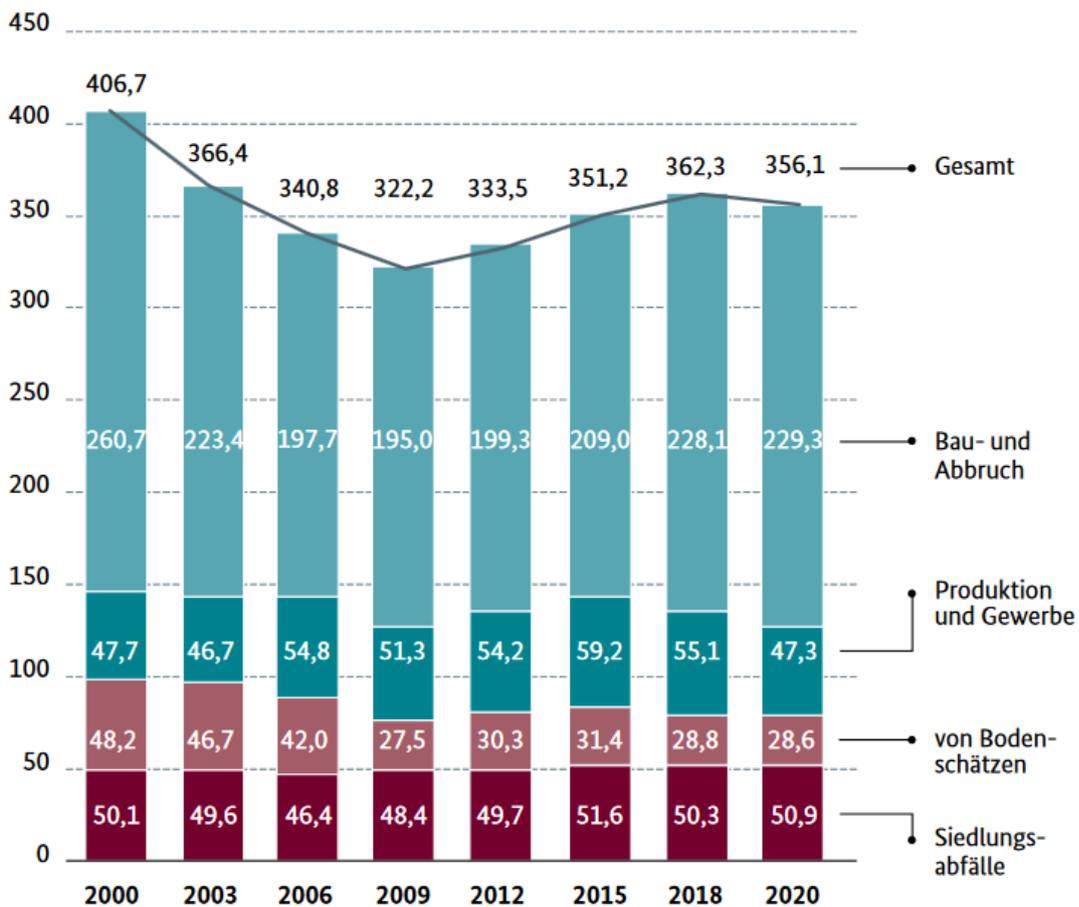
1 Einleitung

Der fortschreitende Klimawandel und hohe Ressourcenverbräuche prägen die aktuelle Zeit. Aus meist monetären Gründen werden Rohstoffquellen ausgebeutet. Hierbei werden ökologische und soziale Standards häufig missachtet. Die gewonnenen Materialien, welche vor allem Anwendung im Bauwesen finden, werden hierbei aktuell überwiegend einmalig eingesetzt. Der Nutzen scheint somit ausschließlich kurzfristig und linear gedacht zu sein. Die Art und Weise der Rohstoffgewinnung aktuell hat zudem nachweisliche Begleiteffekte und verstärkt „unerwünschte globale Veränderungen wie Klimawandel, Verlust an Biodiversität, fruchtbarem Land oder sauberem Trinkwasser.“ [1, S. 6]

Zum Erhalt einer lebenswerten Umwelt und zur Schonung der endlichen natürlichen Ressourcen, ist ein Umdenken und ein Fokussieren auf den Einsatz bereits gewonnener Materialien zu vollziehen. Eine Ressourcenwende ist auch zum Schutz der Menschheit selbst unumgebar. Unter diesem Begriff wird dabei neben der Substitution von fossilen durch nachwachsende Rohstoffe das Führen der Materialien im Kreislauf verstanden [1, S. 9f.].

Der Bausektor nimmt viele neue Ressourcen in Anspruch. Er ist einer der Hauptverantwortlichen für das immer frühere Erreichen des Erdüberlastungstages, dem Tag im Jahr, an dem alle in einem Jahr nachwachsenden Rohstoffe aufgebraucht sind [2]. In Deutschland werden pro Jahr 550 Mio. Tonnen an hierzulande gewonnenen mineralischer Rohstoffe zur Herstellung von Baumaterialien verbraucht [3]. Gleichzeitig stammen 55% des Abfallaufkommens aus Bau- und Abbrucharbeiten [4, S. 25]. Dass der Bausektor schon seit langem die Hauptquelle des Abfallaufkommens darstellt, geht aus Abbildung 1 hervor.

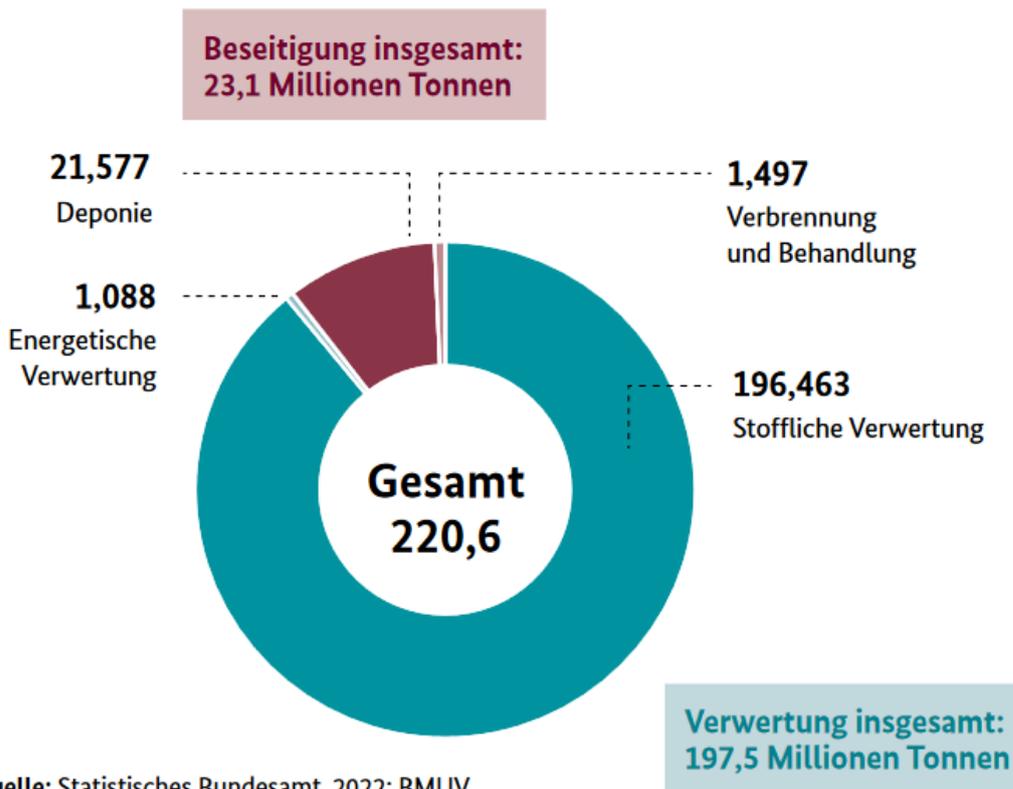
in Millionen Tonnen



Quelle: Statistisches Bundesamt, 2020

Abbildung 1: Abfallaufkommen in Deutschland 2000 bis 2020 [5, S. 7]

Von den Bau- und Abbruchabfällen können zwar fast 90 % verwertet werden, was aus Abbildung 2 hervor geht [4, S. 79]. Jedoch handelt es sich hierbei meist um ein Downcycling, worunter eine „weniger wertige Nutzung des Stoffes“, wie beispielsweise der Einsatz im Straßenbau verstanden werden kann [1, S. 14]. Downcycling verhindert somit, dass Materialien langfristig im Kreislauf gehalten werden [6, S. 76]. Zudem werden aktuell noch 23,1 Millionen Tonnen an Bauschutt beseitigt. In diesen Materialmengen steckt großes Potential den Bedarf an Primärrohstoffen zu senken, wenn dieses wiederverwendet wird.



Quelle: Statistisches Bundesamt, 2022; BMUV

Abbildung 2: Bau- und Abbruchabfälle 2020 in Millionen Tonnen [5, S. 15]

Mit Bauprozessen und Gebäudenutzungen geht zudem ein großer Einfluss auf Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) einher. In Deutschland stehen 40% der THG-Emissionen in Verbindung mit der Errichtung und dem Betrieb von Gebäuden [7, S. 17]. Dieser Anteil ist, bezogen auf den Hochbau, in den letzten Jahren stetig gestiegen [6, S. 67]. Bei den Baustoffen sind hierbei Beton und Zement (36 %) die Hauptquellen, gefolgt von Fenstern, Türen und Glas (25 %), Dämmstoffen (11 %) und Stahl (9 %) [6, S. 67]. Dies ist aus Abbildung 3 ersichtlich.

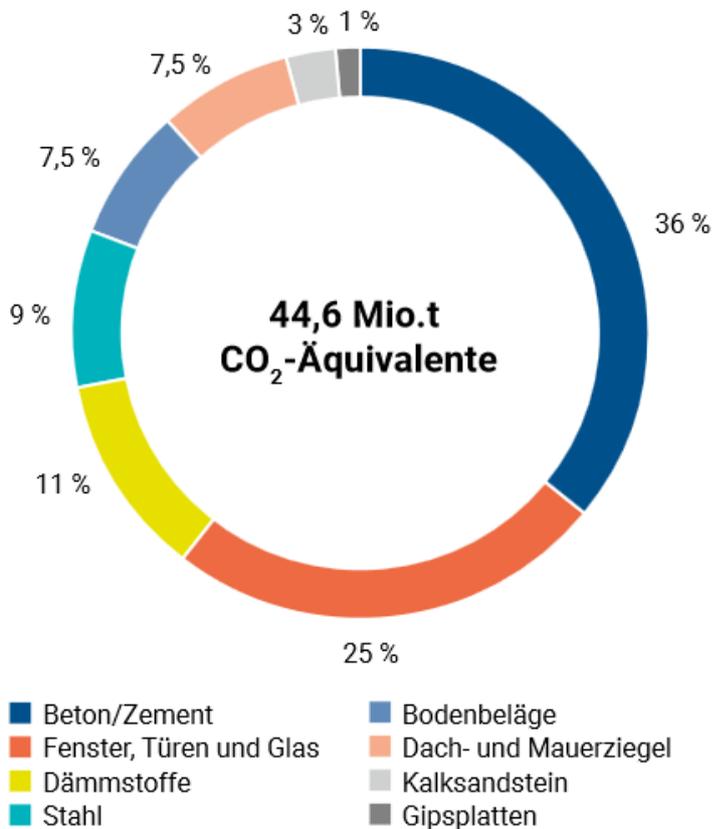


Abbildung 3: Anteile verschiedener Baustoffe an den Treibhausgasemissionen im Hochbau (2020) [6, S. 67]

In Bezug auf Baukomponenten ist anzuführen, dass „25 % bis 40 % der Treibhausgasemissionen (...) bereits vor der Errichtung und der Nutzung eines Gebäudes durch die Produktion und den Transport von Materialien freigesetzt [werden]“ [8, S. 15]. Es ist somit von entscheidender Bedeutung den gesamten Lebenszyklus zu betrachten. Im Baukulturbericht 2021 wird aufgezeigt, dass der Wert der weltweiten Emissionen in Bezug auf den Bausektor um 6% höher liegt, wenn Prozesse bis zum Lebensende miteinberechnet werden [2, S. 14].

Das Im-Kreislauf-Führen bestehender Baukomponenten kann die Notwendigkeit und Herstellung neuer Bauteile zu einem gewissen Grad ersetzen und somit zur Einsparung von THG-Emissionen beitragen. Um bis 2050 Klimaneutralität zu erreichen, hat die Europäische Union (EU) Ende 2019 die politische Selbstverpflichtung des Europäischen Green Deals beschlossen [4, S. 16]. Ein Paradigmenwechsel auch in der Baubranche ist somit unausweichlich zur Einhaltung der gesteckten Ziele. Als eine Möglichkeit der Umsetzung steht hierbei die Wiederverwendung bereits bestehender Baukomponenten im Fokus.

1.1 Motivation der Arbeit

Im Bereich des nachhaltigen Bauens gibt es bereits einige Ansätze, das Potential zur Einsparung von Energie-, Ressourcen- und Flächenverbrauch auszuschöpfen. Aus der Notwendigkeit alternative Herangehensweisen im Bauwesen zu entwickeln, kommen immer mehr Projekte, Unternehmen und Kooperationen zustande. Doch neben der schon besser erforschten und angewendeten Verwertung, bietet die Wiederverwendung von Baukomponenten weitere Vorteile und Einsparungsmöglichkeiten. Die Potentiale dieses Bereichs werden zunehmend erkannt. Es fehlt jedoch bisher an konkreten standardisierten Umsetzungsweisen, erprobten Verfahren und rechtlichen Rahmenbedingungen, die die Wiederverwendung stärken und erleichtern. Um aufzuzeigen, welche Ideen und Möglichkeiten schon realisierbar sind und welche Komponenten wiederverwendet werden können, werden in dieser Arbeit Projekte vorgestellt, die wesentlich auf der Wiederverwendung von Baukomponenten basieren. In diesem Rahmen werden Herausforderungen und Chancen aufgezeigt. Auch ein Vergleich der Situation in verschiedenen Ländern wird aus der Projektvorstellung resultieren, wobei der Fokus zunächst auf Umsetzungen in Deutschland liegt. Bestehenden Möglichkeiten des nachhaltigen Bauens soll ein höherer Bekanntheitsgrad zukommen, um derartige Umsetzungen zu stärken.

1.2 Zielsetzung der Arbeit

Nach einer überblickverschaffenden Einführung in die rahmengebende Thematik der Kreislaufwirtschaft mit Bezug auf den Ressourcenumgang im Bauwesen, wird die Wiederverwendung zentral betrachtet. Hierbei werden zunächst die aktuellen Rahmenbedingungen, Chancen und Herausforderungen erläutert, bevor anhand realisierter Vorgehensweisen der Umgang mit gebrauchten Baumaterialien beispielhaft aufgezeigt wird.

Es sollen folgende Zielfragen beantwortet werden:

- 1. Welche Baukomponenten sind aktuell wiederverwendbar?**
- 2. Was muss bei der Wiederverwendung beachtet werden**
- 3. Wie kann diese als Form des nachhaltigen Bauens umgesetzt werden?**

Daraus sollen Folgerungen gezogen werden, wie beispielsweise in welchem Umfang die Wiederverwendung bereits heute möglich ist. Der Fokus liegt hierbei allgemein auf Projekten im deutschen und europäischen Raum. Anhand der vorgestellten Projekte wird verdeutlicht, welche Strukturen für eine Realisierung notwendig sind. Es wird die Frage betrachtet, woran eine vollständige Wiederverwendung von Baukomponenten aktuell scheitert. Diese Arbeit kann also als Überblick und zur Anregung für kreative nachhaltige Bauten dienen.

Dass der Baubereich neben dem Rohstoffverbrauch auch einen großen Beitrag zur Emission von Treibhausgasen liefert, ist bekannt. Auch in diesem Bereich kann die Wiederverwendung von Baukomponenten positive und einsparende Wirkungen entfalten, welche erwähnt, jedoch nicht vordergründig thematisiert und ergründet werden. In dieser Arbeit werden weiterhin ausschließlich Projekte aus dem Hochbau, was Bauwerke wie Wohn- und Nichtwohngebäude umfasst, jedoch nicht solche wie Brücken [9, S. 9]. Da der Fokus auf der Wiederverwendung von Baukomponenten liegt, werden andere Themenbereiche des nachhaltigen Bauens wie der Einsatz von alternativen biologischen Baustoffen, abgesehen von Holz, in dieser Arbeit nicht näher berücksichtigt, denn bei diesen stehen kompostierbare Eigenschaften im Vordergrund und nicht die Wiederverwendung. Zudem ist diese Arbeit beschränkt auf Bauteile, welche fest verbaut sind. Einrichtungen hingegen werden nicht betrachtet.

In Kapitel 2 werden die Grundlagen aus den Bereichen der Kreislaufwirtschaft und der Wiederverwendung für diese Arbeit gelegt. Nach der Betrachtung von verwandten Arbeiten in Kapitel 3, folgen in Kapitel 4 und Kapitel 5 die zur Beantwortung der Zielfragen in Kapitel 6 notwendigen Inhalte und Analysen, in Kapitel 6 die Zielfragen, worauf in Kapitel 7 ein Ausblick erfolgt.

2 Grundlagen

Im Folgenden erfolgt eine Einordnung der zu betrachtenden Thematik in die Grundlagen der Kreislaufwirtschaft. Die Wiederverwendung von Baukomponenten als nachhaltiger Umgang mit Ressourcen wird als Teilaspekt dieses Konzepts angesehen.

2.1 Kreislaufwirtschaft

Das Umweltbundesamt (UBA) [10] beschreibt den Begriff der Kreislaufwirtschaft über das Zirkulieren von Ressourcen, deren Werte und Funktionen auch über eine Nutzung hinaus erhalten bleiben. Diesem Prinzip ist die Natur ein Vorbild mit geschlossenen Stoffkreisläufen, in welchen Produkte eines Prozesses als Ausgangsstoff für weitere Vorgänge dienen [10, S. 10]. Anwendung kann sie in allen vom Menschen geprägten Lebensräumen mit technischen Komponenten und verwendeten Materialien finden, welche wesentlich an die menschliche Nachfrage geknüpft sind [10, S. 12].

Bei dem Vorgänger der Wirtschaftsweise der Kreislaufwirtschaft handelt es sich um ein lineares Modell, welches seit dem industriellen Zeitalter vorherrschte. Dies wird auch an den Begrifflichkeiten der Abfallwirtschaft deutlich, welche fokussiert auf die Entsorgung von als Abfällen anfallenden Rohstoffen war, während bei der Kreislaufwirtschaft im Idealfall keine Abfälle entstehen. Als Abfall sind nun nur noch solche Bestandteile deklariert, welche nicht im Zyklus gehalten werden können, da sie beispielsweise aufgrund ihres Gebrauch Zustands nicht mehr ihren ursprünglichen Zweck erfüllen und deponiert werden [1, S. 16].

Die Kreislaufwirtschaft sieht einen „ganzheitlich zirkulären Wertschöpfungsprozess“ vor, wobei die verschiedenen Akteure entlang der Wertschöpfungskette und ihre Vernetzung untereinander eine wichtige Rolle spielen [1, S. 13]. Beispielsweise sollen Primärrohstoffe eingespart und durch Sekundärstoffe ersetzt werden [10, S. 22].

Eine weitere bekannte Einordnung der Kreislaufwirtschaft stellt das 10 R-Framework von Kirchherr et al. [11] dar. Hierbei sind die zu einer Kreislaufwirtschaft zählenden Maßnahmen, wie die Wiederverwendung (R3) gewichtet nach ihrer zirkulären Wertschöpfung zusammengestellt. Eine an die entsprechende Publikation angelehnte Grafik findet sich in Abbildung 4.

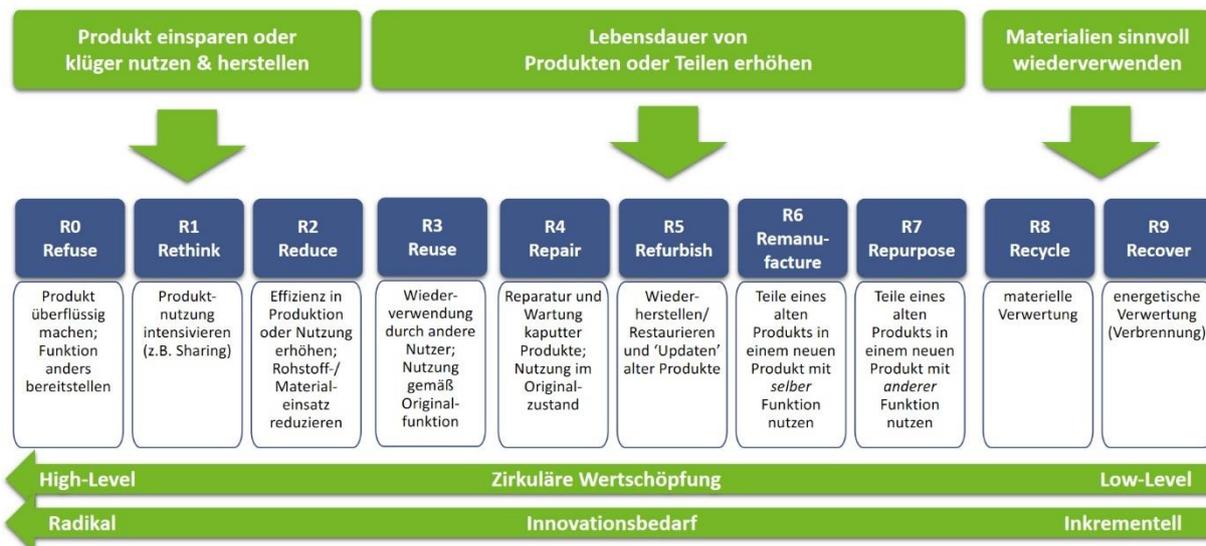


Abbildung 4: 10R-Framework ¹

Der Kreislaufwirtschaft, auch unter Circular Economy bekannt, kommt weltweit eine immer größere Bedeutung zu. Sie soll laut den Vereinten Nationen (UN) das Erreichen wirtschaftlicher Ziele unter Berücksichtigung von sozialen und ökologischen Aspekten ermöglichen [10, S. 11]. Ob die Kreislaufwirtschaft diesen Forderungen gerecht werden kann, ist ungewiss, ebenso wie die Beantwortung der Frage nach einer umsetzbaren hundertprozentigen Kreislaufführung von Materialien in allen Bereichen.

Der Wandel hin zu einem zukunftsfähigen und kreislaufgerechten Ressourcenumgang ist weiterhin im Gange. Als Orientierung dient hierbei das Konzept der planetaren Grenzen [10, S. 10]. Dass diese bereits in Teilen überschritten sind, zeigt erneut die dringliche Notwendigkeit gut durchdachter Strategien wie der Kreislaufwirtschaft. Bei ihrer Anwendung müssen Auswirkungen entlang des gesamten Lebensweges berücksichtigt werden [10, S. 12].

¹ <https://guenterlenz.com/wp-content/uploads/2022/08/R-Strategien.jpg> (Zugriff am 15.04.2024)

2.1.1 Rechtliche Hintergründe

2.1.1.1 Aktuelle rechtliche Situation

Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG)

Das Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG), als aktuelles Ergebnis aus der Entwicklung vom ersten Gesetz in diesem Bereich, dem Abfallbeseitigungsgesetz von 1972, ist eine wichtige rechtliche Grundlage in Deutschland, die Berührungspunkte mit anderen bedeutenden gesellschaftlichen Handlungsfeldern aufweist [10, S. 6]. Sie zielt vor allem auf die Umsetzung von zirkulären Stoffströmen ab. Zentraler Punkt ist unter anderem die im KrWG festgelegte Abfallhierarchie. Hierbei ist die Abfallvermeidung prioritär [10, S. 24]. Diese zielt auf eine Reduktion der anfallenden Abfallmengen ab, womit eine Minderung des Primärmaterialinputs einhergeht. Außerdem wird ein Fokus auf die Senkung von Schadstoffgehalten in Produkten gelegt, um eine Wiederverwendung zu erleichtern. Die Ziele der Abfallvermeidung sollen mit Maßnahmen wie der Erhöhung der Lebensdauer und der „Stärkung der Wiederverwendung“ erreicht werden [10, S. 24]. Um dies zu realisieren, muss bereits die Produktgestaltung in einer lebenszyklusübergreifenden Planung bedacht werden. Im Bauwesen sind somit beispielsweise Angaben und Eigenschaften zu verbauten Materialien für einen Gebäuderückbau zu speichern. Zudem sind die Ressourcen mit einer hohen Effizienz einzusetzen [10, S. 24].

Die folgende Tabelle 1 nennt die fünf Stufen der Abfallhierarchie aus §6 KrWG und gibt Beispiele in welchen Bereichen des Bauwesens diese wiederzufinden sind.

Tabelle 1: Abfallhierarchie im Bauwesen

Stufe	Maßnahme/ Beispiel
Abfallvermeidung	Design und Planung zur Einsparung und effizienten Nutzung von Baumaterialien
Vorbereitung zur Wiederverwendung	Prüfung und Instandhaltung von Bestandsgebäuden zur Ermöglichung eines wertschöpfenden Rückbaus
Recycling	Gewinnen von Baumaterialien und folgende Aufbereitung für einen erneuten Einsatz
Sonstige Verwertung	Verfüllung von Bauschutt beispielsweise im Straßenbau
Beseitigung	Deponierung von Bauabfällen

Green Deal

Mit Blick auf die EU-Gesetzgebung stellt der Green Deal eine entscheidende Weichenstellung auf dem Weg zur Kreislaufwirtschaft dar. Das Ziel des europäischen Green Deal, bis 2045 eine vollständige Kreislaufführung aufzubauen, bedarf konkreter Handlungsrahmen auf nationaler Ebene.

Unter anderem sollen Gebäude höhere Gebäudeenergieeffizienzklassen erreichen. Da dieser Standard noch nicht etabliert ist und eingehalten wird, es oftmals am Geld für notwendige Sanierungen mangelt und Gebäude im Zweifelsfall eher weiterverkauft werden, kann dieser Fokus jedoch zu einer Abrisswelle führen [4, S. 28]. Im Gebäudeenergiegesetz (GEG) ist zudem festgelegt, dass bereits bei geringen Änderungen an Bestandsgebäuden ein Neubaustandard greift und eingehalten werden muss, was leichter zu einer Entscheidung für einen Abriss führt [4, S. 34].

Ein weiterer zentraler Punkt des Green Deals ist es, das Wirtschaftswachstum in Europa von der Ressourcennutzung abzukoppeln. In Bezug darauf ist die Verordnung über die Einrichtung eines Rahmens zur Erleichterung nachhaltiger Investitionen, kurz „EU-Taxonomie-Verordnung“, zu nennen, welche 2022 in Teilen in Kraft getreten ist [12, S. 5]. Hier ist die Pflicht für Unternehmen ab einer bestimmten Größe und Bedeutung festgehalten, Berichte abzugeben, die eine Einstufung beispielsweise der Investitionen nach nachhaltigen Kriterien ermöglichen und für Transparenz sorgen sollen [12, S. 19]. Die Vorgaben der EU haben hierbei zu einer breiteren Sichtbarkeit und Diskussion besonders in der Baubranche geführt, welche weitere Chancen für nachhaltigeres Handeln mit sich bringt [12, S. 29].

Die EU-Taxonomie-Verordnung kann als wichtige rahmengebende Struktur angesehen werden, welche Investitionen in nachhaltige Bauprojekte, in welchen auch die Wiederverwendung von Baukomponenten eine Rolle spielen kann, attraktiver und sicherer gestaltet und somit deren Umsetzung stärkt.

Weitere Regelwerke und Situation in Deutschland

Die rechtliche Situation im Bauwesen ist sehr komplex. Dies wird unter anderem daran ersichtlich, dass im Jahr 2019 in Deutschland 3.750 Normen mit Relevanz für das Bauwesen in Kraft waren [4, S. 109]. Diese spezifizieren das Bauen und haben beispielsweise aus sicherheitstechnischen Gründen ihre Berechtigung. Zudem haben die Bundesländer eigene Bauordnungen. In einigen Fällen sind dort bereits Grundsätze zu

nachhaltigem Bauen verankert. Mangels Überwachung der Umsetzung auf den Baustellen entfalten diese Regelungen bislang nur eine geringe Wirkung. Im Baukulturbericht 2022/23 heißt es, „die aktuellen Bauvorschriften zu befolgen, verursacht im Bestand Mehraufwand, führt zu Substanzverlusten und hohen Kosten“, wodurch aufgrund finanzieller Argumente ein Abriss meist bevorzugt wird [4, S. 34].

Für Maßnahmen des nachhaltigen Bauens stellen diese teilweise veralteten Normen in vielen Fällen Herausforderungen dar, da an neue und gebrauchte Baukomponenten die gleichen Anforderungen gestellt werden. Diese unter anderem auch bürokratischen Hürden sorgen dafür, dass Bestandsschutz oder Rückbau unsicherer sind im Vergleich zu Abriss und Neubau [4, S. 32]. Zudem ist für einen Abriss in manchen Fällen weder eine Genehmigung noch eine Anzeige notwendig, so dass von einer gewissen Anzahl an Dunkelziffern und Unkenntnis über die entsprechenden zu entsorgenden Materialien ausgegangen werden kann [4, S. 34].

In einer Stellungnahme des baden-württembergischen Landtags wird dargestellt, dass Recht und Technik bislang auf neue Baumaterialien ausgerichtet sind [13, S. 4]. Eine Umstellung und die Entwicklung entsprechender Normen würden noch einige Zeit in Anspruch nehmen. Es bestehe hier jedoch bereits die Offenheit Innovationen im Einzelfall zu prüfen und zu ermöglichen. Generelles Ziel des Ministeriums für Landesentwicklung und Wohnen in Baden-Württemberg sei die Stärkung der Kreislaufwirtschaft als Teil der Bauwende, von welcher die Wiederverwendung ein wesentlicher Bestandteil ist [13, S. 4f.]. Hierfür gebe es unter anderem die Arbeitsgruppe „Kreislaufwirtschaft“, welche sich mit Themen wie der Wiederverwendung von Stahlkomponenten auseinandersetzt [13, S. 7f.]. Zudem gibt der Landtag an, sich bewusst zu sein, dass „bei der Entwicklung von neuen Bauprodukten, aber auch bei der Optimierung von vorhandenen Bauprodukten“ auf eine kreislauffähige Gestaltung zu achten ist [13, S. 4]. Weiterhin kommt den öffentlichen Einrichtungen die Aufgabe der Aufklärung und Wissensvermittlung zu. Ein Beispiel stellt das Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau (IRB) dar, welches den Auftrag hat, Wissen in die Arbeitswelt und Baupraxis zu transportieren, aber auch in die Bevölkerung [13, S. 15]. Dies ist notwendig, da unter anderem das UBA aufzeigt, dass die Ressourcenschutzthematik trotz ihrer großen Bedeutung für das heutige und zukünftige Leben von keiner großen Relevanz in der Bevölkerung ist und in verschiedenen Bereichen des öffentlichen Lebens unterschiedliche Problemwahrnehmungen existieren [14, S. 42]. So ist zwar der Begriff des

Recyclings überwiegend positiv konnotiert beispielsweise in Bezug auf Verpackungsabfälle. Gerade im Bauwesen bedeuten jedoch andere Maßnahmen, wie die Wiederverwendung, einen deutlich höheren Werterhalt von Materialien.

Es sind im rechtlichen Bereich generell Ansätze in eine Richtung zur Stärkung der Kreislaufwirtschaft erkennbar: 2023 trat die Mantelverordnung für Ersatzbaustoffe und Bodenschutz in Kraft. Durch eine nun bundeseinheitliche Regelung soll die Kreislaufwirtschaft angekurbelt und höhere Verwertungsquoten erreicht werden, wobei es vor allem um den Einsatz von Recycling-Baustoffen geht [15, S. 193]. Zudem wurde die DIN SPEC 91484 verabschiedet, welche das einheitliche Vorgehen für das Erstellen von Bestandserfassungen in Gebäuden regelt. Diese Dokumentationen sind vor allem auch für den Rückbau und die Wiederverwendung der entsprechenden Materialien hilfreich. An diese Umsetzung schließt sich die Forderung nach einer verpflichtenden Bestandsaufnahme und Bergung wiederverwendbaren Materials aus Abrissgebäuden an. Um dies in die standardmäßige Umsetzung zu bringen, sind Punkte sinnvoll, wie das verpflichtende Erstellen eines Materialpasses zum Erlangen eines Zertifikats der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) [16].

2.1.1.2 Leitsätze, Vorschriften und Zertifizierungen

Um die Kreislaufwirtschaft messbar zu machen und um zu identifizieren, welche Variante der Umsetzung am sinnvollsten ist, sind Indikatoren vonnöten, welche die Zusammenhänge und Auswirkungen abbilden. Dies ist sehr komplex, und einfache Quoten beispielsweise des Recyclings sind nur bedingt aussagekräftig [10, S. 19] und müssen im Kontext betrachtet werden. Im Folgenden werden nur ein paar der existierenden Strukturen in diesem Bereich aufgeführt.

Einen ersten Anhaltspunkt liefert der Leitfaden nachhaltiges Bauen des Bundes [17]. Dieser soll den Anwendenden als Hilfestellung dienen, um „ihren Einfluss auf die Nachhaltigkeit des Bauwerks zu erkennen, zu bewerten und im positiven Sinne zu beeinflussen.“ [17, S. 7] Seit 2011 ist die Anwendung des Leitplans für öffentliche Gebäude verpflichtend, sodass ein entsprechender Standard gewährleistet ist [17, S. 72]. Dies stärkt die von Gebäuden der öffentlichen Hand ausgehende Vorbildwirkung. Durch entsprechende Vergabe von Bauaufträgen kann alternativen Ansätzen des nachhaltigen Bauens eine höhere Aufmerksamkeit zuteilwerden. Auch öffentliche Förderungen

geben Anstöße und stärken das nachhaltige Bauen [8, S. 13f.]. Ein Großteil der in dieser Arbeit vorgestellten Projekte wurde entsprechend gefördert.

Als ein wesentliches Instrument zur Darstellung der Wirksamkeit und Vorteile von nachhaltigen Bauten werden Ökobilanzen aufgeführt, bei welchen Umweltwirkungen, die von Systemen wie einem Gebäude ausgehen, erfasst werden [17, S. 25]. Hierfür sind „branchenspezifische Durchschnittsdaten für Bauprodukte in der ÖKOBAUDAT verfügbar [17, S. 32]. Bei dieser Datenbank handelt es sich um „die Datengrundlage für die Ökobilanzierung von Gebäuden hinsichtlich Energieverbrauch, Ressourceneinsatz sowie globaler ökologischer Wirkungen“ [17, S. 26].

Die bisherigen Rahmenbedingungen im Bausektor legen den Fokus stark auf die am Lebensende entstehenden Abfällen, sowie deren Recycling und nicht auf die Sicherung der Versorgung mit nachhaltigen Rohstoffen [10, S. 19]. Auch Ökobilanzierungen werden bislang aus mangelnder zeitlicher Kapazität in der Gebäudeplanung erst für Zertifizierungen nach der Baurealisierung angefertigt, wodurch ihr Potential für den Planungsprozess zu einem nachhaltigen Gebäude ungenutzt bleibt [18, S. 6]. Es wird somit deutlich, dass bereits Hebel erkannt wurden, um den kreislaufgerechten Bau zu fördern, dass diese jedoch noch vor entsprechenden Hürden in der Umsetzung stehen [13, S. 3]. Beispiele aus der EU zeigen, inwiefern zukunftsweisende Regelungen möglich sind. Im belgischen Brüssel darf ein Abriss nur noch bei Vorliegen eines entsprechenden Konzepts durchgeführt werden, welches eine „größtmögliche Wiederverwendung von Material im Neubau nachweist“ [4, S. 99]. Auch in Berlin muss bei öffentlichen Bauten ein „umweltgerechter Rückbau mit Trennung der Materialien [und der] Einsatz von recycelten Stoffen“ bei Neubauten umgesetzt werden [19].

Zur Überbrückung, bis ausgefeilte Regelungen vorliegen, hat der Baukulturbericht zwei Vorschläge verfasst:

1. „Transparenz und Planungssicherheit“ durch eine Katalogisierung aller im Einzelfall zugelassenen (Sekundär-)Materialien [4, S. 99];
2. Verpflichtende Einbindung eines Plans für Rückbau- und Weiternutzung in Bauanträge zur Stärkung der Wertschätzung „für Gebäude und Material über deren Erstnutzung hinaus“ [4, S. 99].

Der zweite Punkt wird durch das Erstellen von Materialpässen ermöglicht, auf welche in Kapitel 4.3.2 näher eingegangen wird.

Um den laut der DGNB bestehenden mangelnden rechtlichen Regelungen entgegenzukommen, können Zertifizierungen wirken. Die größte Reichweite in Deutschland hat hierbei eine Zertifizierung der DGNB, welche sich an europäischen und internationalen Normen orientiert. Ziel dieses Systems ist „eine hohe Gebäudequalität über möglichst viele Eigenschaften“ [20, S. 17]. Grundlage dabei sind die drei Nachhaltigkeitssäulen, wobei der Ökonomie im Vergleich zu den Bereichen Ökologie und Soziales ein stärkerer Fokus zukommt [1, S. 25]. Das Zertifikat widmet sich den Themen „Rückbauplanung, den Materialstrombilanzen, der Verwertung und Entsorgung, sortenreiner Trennung / Kreislaufführung und Gefahrstoffsanierung“ [21].

Weiterhin existiert das Cradle-to-Cradle-Zertifikat. Hierbei steht die Optimierung von Produkten im Vordergrund, um deren Verbleib im Kreislauf zu ermöglichen [18, S. 5]. Zertifizierungen haben allgemein eine besondere Bedeutung bei der Umsetzung nachhaltiger Bauten, da sie das Einhalten gesetzlicher Regelungen nachweisen und darüber hinaus aufzeigen, welche ökologischen Auswirkungen von dem Gebäude ausgehen, aber auch eingespart werden konnten [18, S. 5].

Dass das Bauwesen bisher nicht auf Wiederverwendung ausgelegt ist, wird auch im Kontext von Zertifikaten deutlich. So verlieren beispielsweise Brandschutztüren nach dem Ausbau ihre Zertifizierung und können somit nicht direkt wiederverwendet werden. Hier existiert der Vorschlag, die Produkthersteller in die Verantwortung zu nehmen zur Entwicklung eines einheitlichen Vorgangs, durch welchen sie ihre Produkte einheitlich rezertifizieren können. So könnte ein effizienteres Vorgehen realisiert werden, im Vergleich zu „kleineren Architekturbüros, die geringe Stückzahlen aus heterogenen Quellen wiederverwenden möchten“ [22].

Zudem weisen bestehende DIN-Normen Herausforderungen auf, wenn es um Rückbau und Wiederverwendung geht. Die DIN 18205 gibt beispielsweise die Projektphasen 1 bis 9 für eine Bauplanung vor. Bisher wird hier direkt mit der Planungsphase begonnen. Der Baukulturbericht zeigt auf, wie eine Bestandsprüfung als Phase 0, sowie eine Förderung der Langlebigkeit als Phase 10 integriert werden könnten, um die Wiederverwendung von Bauteilen in den Prozess zu integrieren [4, S. 105]. Da diese beiden Phasen zudem wieder ineinander übergehen, wird das Schließen des Kreises möglich. Diese Ergänzung ist in Abbildung 5 aufgezeigt.

Projektstufen Phase Null und Phase Zehn sind Basis und Potenzial eines Projekts

Quelle: Bundesstiftung Baukultur, mit Bezug zu den Leistungsphasen 1–9 der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI)

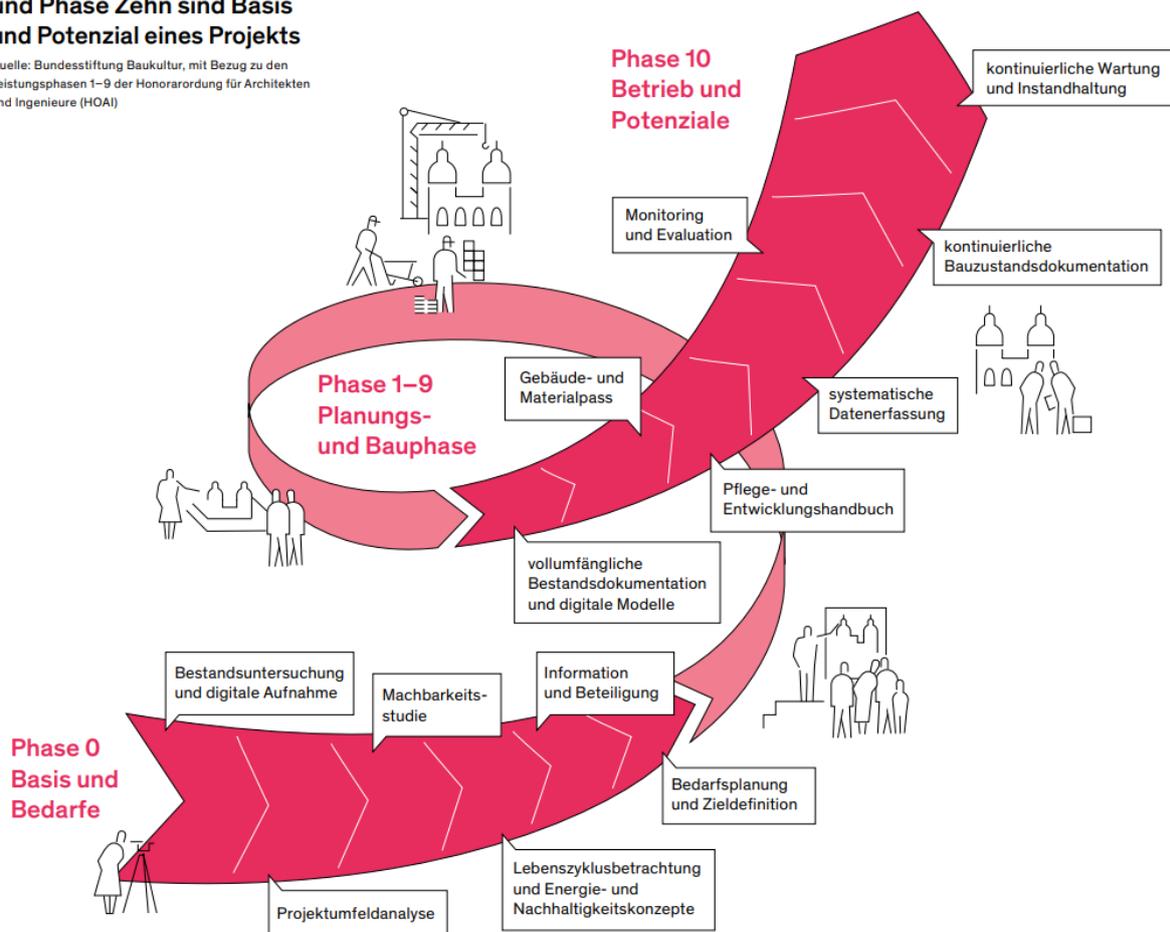


Abbildung 5: Ergänzung der Projektstufen im Bauwesen [4, S. 105]

Bei der Realisierung von Bauprojekten wird i.d.R. auf das günstigste Angebot zurückgegriffen und nicht auf die nachhaltigste Bauvariante. Bei der bislang standardisierten Betrachtung der Investitionskosten sind nachhaltige Bauweisen nicht konkurrenzfähig. Jedoch werden hierbei nicht alle anfallenden, wie beispielsweise Folgekosten miteinbezogen. Da meist eine finanzielle Motivation der Bauherr*innen besteht, wären Bewertungsmaßstäbe wünschenswert, welche den gesamten Lebenszyklus berücksichtigen. Hierunter fallen neben den Baukosten „auch die Kosten für den Betrieb, die Instandhaltung, den Austausch von Elementen und (...) für den Rückbau“ [4, S. 89]. Dadurch werden Projekte, in welchen kreislauffähige Materialien verbaut sind, lukrativer, denn bei diesen werden beispielsweise im Vergleich zu Verbundmaterialien geringere Entsorgungskosten anfallen. Die höheren Kosten des nachhaltigen Bauens sind zudem auf eine noch fehlende breitere Umsetzung zurückzuführen. „So passen Angebot und Nachfrage beim ökologischen Bauen häufig noch nicht zueinander, viele

Arbeitsprozesse sind bislang nicht erprobt und die Planungen erfordern noch eine intensivere Recherche.“ [1, S. 27] Punkte wie der Mehraufwand bei der Recherche nach nachhaltigen Materialien sollen Bauherr*innen zukünftig nicht von einer entsprechenden Umsetzung abhalten und aktuelle Prozesse als alternativlos ansehen lassen. Hier können Projekte Abhilfe leisten, wie sie in dieser Arbeit vorgestellt werden. Durch eine breitere Bekanntheit ist eine einhergehende Anwendung und Preissenkung zu erhoffen. Die öffentliche Hand kann hierbei als Vorbild wirken und beispielsweise durch das Steuern von Ausschreibung und der Vergabe von Bauprojekten. Als Beispiel kann die Landesregierung in Baden-Württemberg angeführt werden, welche plant „in Pilotprojekten einen Gebäuderessourcenausweis zu entwickeln und ein digitales Urban-Mining-Kataster – ein Ressourcenkataster für Gebäude – in einer Pilotkommune zu erproben und wissenschaftlich zu begleiten“ [13, S. 9].

2.1.2 Umsetzung der Kreislaufwirtschaft im Bauwesen

Zielsetzung

Laut dem UBA zielt „das Design für eine Kreislaufwirtschaft (...) erstens darauf ab, Produkte lange zu nutzen und ihre Funktionsbeständigkeit zu sichern, zweitens, größtmöglichen Werterhalt [...] der Materialien durch geschlossene Kreisläufe zu ermöglichen und drittens eine kleinstmögliche Umweltlast pro Nutzeneinheit zu gewährleisten“ [10, S. 26]. Um die Kreislaufwirtschaft somit in der Baubranche umzusetzen, ist es notwendig die Zirkularität von Beginn an in die Planungsphase einzubinden und die Umsetzung nach entsprechenden Kriterien auszurichten [8, S. 7].

Energiebilanz im Gebäudewesen

Für die Gebäudeerrichtung muss viel Energie aufgewendet werden. Wenn hierbei der ganze Lebenszyklus betrachtet wird, summiert sich der Energieaufwand von Rohstoffabbau über den Transport, eine potenzielle Weiterverarbeitung und Aufbereitung bis zum schlussendlichen Einbau. Diese sogenannte graue Energie steckt in allen bestehenden Gebäuden und verteilt sich wie in Abbildung 6 ersichtlich auf die verschiedenen Gebäudeglieder. Der Grafik sind zudem die entsprechenden Lebenserwartungen zu entnehmen.

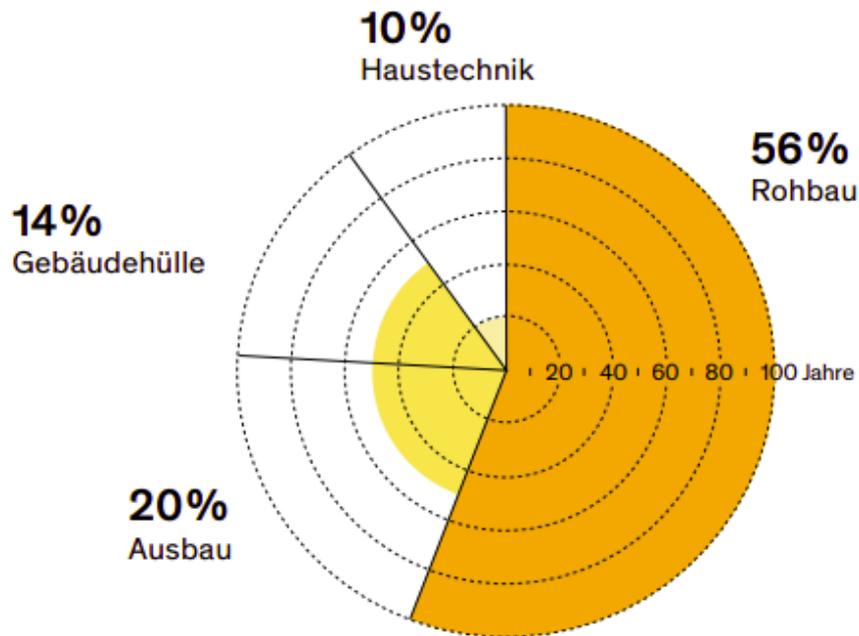


Abbildung 6: Beitrag zur grauen Energie von Gebäudebestandteilen [4, S. 83]

Da dem Rohbau, welcher den größten Anteil der grauen Energie eines Gebäudes bindet, die höchste Lebenserwartung zukommt, lohnt es sich i.d.R., besonders diesen zu erhalten. Für eine Entscheidung zwischen Erhalt und Abriss sind bestehende oder anzufertigende Gebäudepässe und Bestandsanalysen hilfreich, um die verwendeten Materialien und deren Substanz leichter einschätzen zu können [8, S. 16]. Hierbei sind finanzielle Punkte sowie der Ressourceneinsatz zu berücksichtigen.

Wird ein Gebäude abgerissen, bedeutet das meist, dass an gleicher Stelle ein neues Gebäude gebaut wird, für welches wieder ein hoher Betrag an energetischen und materiellen Ressourcen notwendig ist. Selbst wenn mit der höheren Energieeffizienz eines Neubaus argumentiert wird, muss bei einer ganzheitlichen Bewertung die graue Energie und der Ressourcenverbrauch mitberücksichtigt werden. Daraus ergibt sich die Nachhaltigkeit des Bestandschutzes. Bevor es zu einem Neubau kommt, ist somit zunächst die Möglichkeiten des Umbaus und der Sanierung von Bestandgebäuden zu prüfen. Die bestehenden Strukturen zu erhalten, schont Ressourcen- und Energiebedarf meistens am besten. Materialien, die heute nach einmaligem (wenngleich langjährigem) Einsatz im Gebäude auf der Deponie entsorgt werden, stellen verlorenes Potential dar. Um Energie für den Betrieb des Gebäudes einzusparen, bieten sich

Sanierungs- und Nachbesserungsarbeiten an wie das Einfügen zusätzlicher Dämmung, neuer Fenster und umweltverträglicherer Heizsysteme [6, S. 78].

Bestandsgebäude und Urbane Mine

Bestehende Gebäude fungieren als Speicher von Baumaterialien und Emissionen [4, S. 3]. Bestandsgebäude können somit als Lagerstätte von sekundären Rohstoffen angesehen werden, was auch als „anthropogenes Lager“ bezeichnet wird. Die Nutzung dieser Quelle wird als „Urban Mining“ bezeichnet [4, S. 79]. Um die Rückgewinnung der Ressourcen zu vereinfachen, werden Daten benötigt, wie sie in Abbildung 7 zusammengestellt sind. Die Strukturen, mit denen diese erfasst werden können, werden in Kapitel 4.3 vorgestellt.

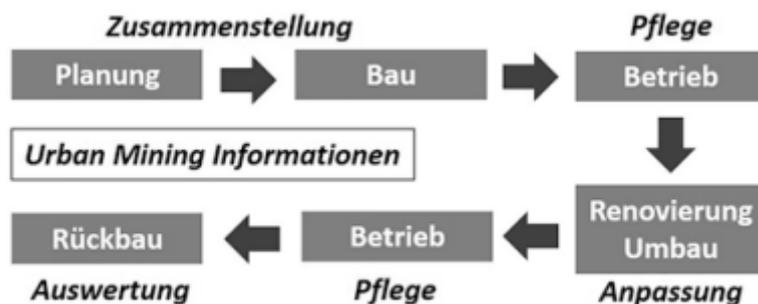


Abbildung 7: Daten für die Nutzung der urbanen Mine [23, S. 117]

Weiterhin wird die Notwendigkeit von Prüfungen, Wartung und Instandhaltung deutlich, denn eine entsprechende Pflege kann für einen längerfristigen Erhalt der Gebäude sorgen [4, S. 27]. Der Instandhaltung kommt in der aktuellen Lage nur eine geringe Aufmerksamkeit zu. Da beispielsweise in Nachkriegszeiten Gebäude ohne entsprechende Langfristigkeit gebaut und umgerüstet wurden, um dem Bedarf an Wohnraum schnell gerecht zu werden, sind hier Prüfungen der Substanz notwendig [4, S. 19].

Generell haben Bestandsgebäude mit älteren Baukomponenten einen hohen gesellschaftlichen und kulturellen Wert [4, S. 8]. Gut gepflegt werten sie die Umgebung auf, haben teilweise historische Bedeutung und einen immateriellen sowie ideellen Wert, der bei Neubauten oftmals nicht vorhanden ist. Auch im Sinne der Kreislaufwirtschaft lohnt es sich, den Bestand zu schützen und den Wert der verbauten Ressourcen zu erhalten. Ein werterhaltender Umgang mit Baukomponenten lohnt sich auch aus

ökonomischer Sicht, da „der Bestandserhalt angesichts steigender Materialpreise wesentlich zur Kostenstabilität des Bauens beitragen“ kann [4, S. 8]. Gut erhaltene Gebäude können zudem im Falle eines Rückbaus noch hochwertiger weiterverwendet werden, als dies mit verfallenen Altbauten der Fall ist.

Da Neubauten vordergründig Eigenheime beworben werden, besteht hier der Bedarf andere Möglichkeiten aufzuzeigen [4, S. 31]. Die Nachhaltigkeit des Erhalts von Gebäuden findet sich auch in Anlehnung an die Hierarchie aus dem KrWG wieder, wie in Abbildung 8 deutlich wird.



Abbildung 8: Hierarchie des Umgangs mit Baumaterialien [8, S. 51]

Die Grafik zeigt zudem die Bedeutung und das Potential der Wiederverwendung. In den in dieser Arbeit aufgeführten Projekten werden die Punkte „Wiederverwendung im eigenen Projekt“ und „Veräußerung zur Wiederverwendung in anderen Projekten“ aufgegriffen.

2.1.3 Aktuelle Ansätze und Entwicklungen

Zirkularität, Cradle to Cradle und Ökobilanzen

Neben bereits angesprochenen Begriffen wie dem Urban Mining zählt unter anderem die Idee der Kreislauffähigkeit von Gebäuden zu den modernen Ansätzen im Bauwesen, deren Konzepte teilweise schon weit verbreitet sind. Unter einem kreislauffähigen Bau versteht sich „eine temporäre Anordnung von Produkten, Komponenten und Materialien mit nachgewiesenen Identitäten“ [24, S. 108]. Somit wird der Erhalt der Nutzbarkeit nach jedem Einsatzzeitraum gesichert.

Weiterhin gibt es den Cradle-to-Cradle-Grundsatz (C2C), welcher darstellt, dass Produkte von der Wiege zur Wiege verwendbar sein sollen [1, S. 25f]. Hierbei handelt es sich um ein Designprinzip welches von der Environmental Protection Encouragement Agency (EPEA) Hamburg erarbeitet wurde. Die Verwendung der Produkte in weiteren Lebenszyklen steht im Fokus. Hierbei wird zwischen der Technosphäre mit stofflichem und Produktrecycling, sowie der Biosphäre, bei welcher Materialien über einen biologischen Abbau zurück in den Kreislauf gelangen, unterschieden. Dies ist in Abbildung 9 bildlich dargestellt.

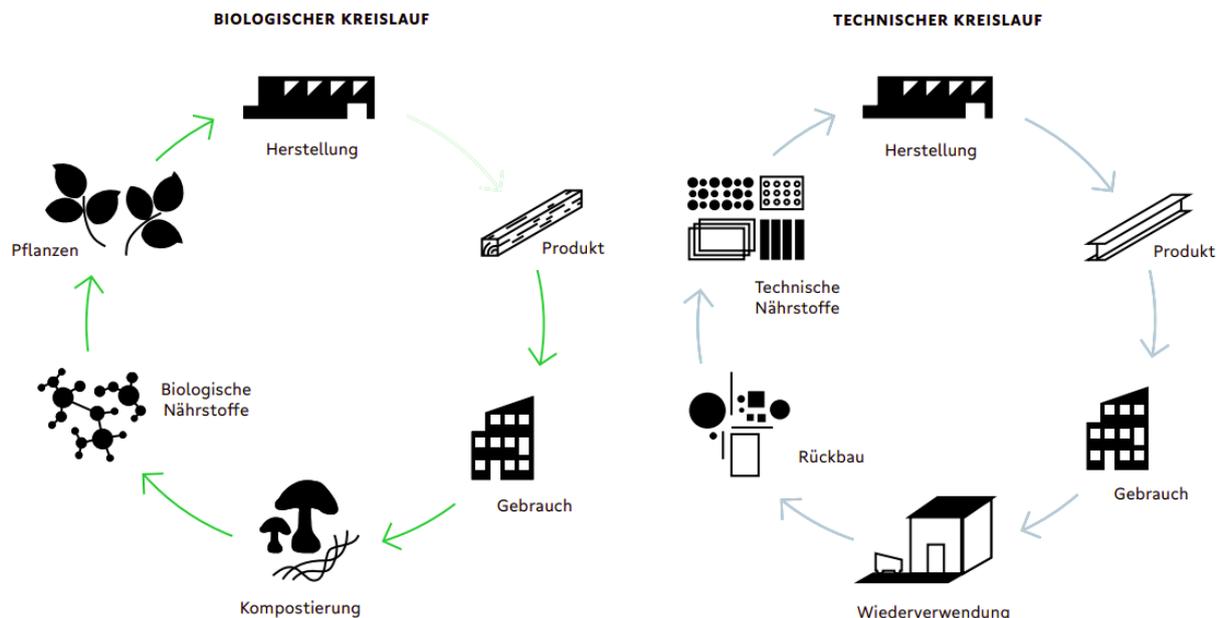


Abbildung 9: Cradle to Cradle [24, S. 17]

Diese Mechanismen ergänzen sich, sodass das Ziel von C2C ist, alle im Bau verwendeten Materialien in einen der beiden Kreisläufe einordnen zu können und das Entstehen von Abfällen zu verhindern. Eine Anwendung dieses Prinzips findet sich in Kapitel 5.2.2.2 (Projekt Dübendorf).

Weiterhin kommt Ökobilanzierungen, auch Lebenszyklusanalysen (LCA) genannt, eine immer größere Bedeutung zu. Zu allen mit Umweltauswirkungen in Verbindung stehenden Punkten werden hierbei Daten erhoben und ausgewertet. Um das Ergebnis, die Treibhauspotentiale verschiedener möglicher Bauvarianten, auf verständliche Art und Weise an Bauherr*innen heranzuführen, wird eine Visualisierung empfohlen [18, S. 12].

Die vorgestellten Ansätze haben eine ähnliche sich überschneidende Basis und ergänzen sich. Während beispielsweise der C2C Ansatz die Schadstoffgehalte von Produkten berücksichtigt, wird dies in einer LCA nicht aufgeführt. Die vorliegende Arbeit ist dabei auf die Idee der Kreislauffähigkeit fokussiert.

Soziale Aspekte einer zirkulären Bauwirtschaft

Abgesehen davon wird deutlich, dass die Kreislaufwirtschaft auch Auswirkungen auf den sozialen Bereich hat. Funktionalität und Zweckmäßigkeit müssen neben dem Design vereint werden für eine für den Nutzer angenehme Anwendung. Da besonders auch der vorherrschende Trend der Kurzlebigkeit von Konsumgütern ein Problem in Bezug auf den Umgang mit Ressourcen darstellt, ist eine Erhöhung des Bewusstseins und der Wertschätzung gegenüber Produkten ein wichtiger Punkt, der das Erreichen der Ziele der Kreislaufwirtschaft unterstützt [10, S. 27]. In Bezug auf Gebäude ist für die Zukunftsfähigkeit auf Flexibilität in Bezug auf die Funktion zu achten, damit der Bestand erhalten werden kann und Umnutzungen einfach zu realisieren sind.

Alternative Nutzungsmodelle und Bauweisen

Weiterhin entstehen neue „kreislauforientierte Geschäfts- und Nutzungsmodelle“ [10, S. 27], um den Anforderungen der Kreislaufwirtschaft gerecht zu werden. Darunter fallen beispielsweise Leih- und Teilsysteme und die an den Kauf gekoppelte Garantie zur möglichen Wartung, Reparatur und Rückgabe von Produkten. Wenn die Nutzenden keinen Bedarf mehr an den Komponenten haben, werden diese an den Hersteller zurückgegeben und stehen zur erneuten Verwendung zur Verfügung. Diese Ansätze

weisen ebenfalls ein Potential für mehr Nachhaltigkeit auf [8, S. 19]. Denn das Bewusstsein der Herstellenden und der Nutzen für eine langlebige Produktgestaltung dürfte steigen, wenn Unternehmen die Produkte nach ihrem temporären Gebrauch zurücknehmen und weitervergeben. Während der Verleihzeit können Dienstleistungen wie Wartungen angeboten werden. Diese Zirkularität kann sich positiv auf den Punkt des Abfallaufkommens auswirken. Im Projekt Dübendorf sind beispielsweise die eingebauten Teppichböden eine Leihgabe. Diese sind eingespannt und ohne Verklebungen fixiert, was einen Ausbau und einen erneuten Einsatz ermöglicht. Im Allgemeinen können bieten sich Leih-Modelle für solche Komponenten an, welche beispielsweise durch Verkleidung gut geschützt und erhalten sind [8, S. 32].

Außerdem geraten Einfamilienhäuser (EFH) zunehmend in den Fokus. Der Baukulturbericht spricht davon, dass dies die Leerstände von morgen sind [4, S. 31]. Wenn Kinder einmal ausgezogen sind und Partner verstorben, entspricht das EFH nicht mehr den Anforderungen von nunmehr einzelnen Personen.

Eine neue Möglichkeit stellt der Modulbau dar, welcher im Projekt Karlsruhe vorgestellt wird. Dieser kann auch als „einfache Bauweise“ [4, S. 85] verstanden werden. Hierbei wird auf eine Entkopplung der Komponenten gesetzt, um Flexibilität und Umbaumaßnahmen während der Lebenszeit zu ermöglichen. Kommt es dennoch zu einem Rückbau, sind die einzelnen Baukomponenten leicht trennbar und somit gut wiederzuverwenden, was zudem Menschen mit wenig Bau Erfahrung zugutekommt [4, S. 85].

Im Folgenden wird nun auf die Wiederverwendung von bestehenden Bauteilen fokussiert.

2.2 Wiederverwendung von Altbaukomponenten

Bei der Definition des Begriffs der Wiederverwendung kann auf das KrWG zurückgegriffen werden. Darunter wird nach § 3 Absatz 21 „jedes Verfahren, bei dem Erzeugnisse oder Bestandteile, die keine Abfälle sind, wieder für denselben Zweck verwendet werden, für den sie ursprünglich bestimmt waren“, verstanden [25]. Zudem werden im KrWG Maßnahmen der Vorbereitung zur Wiederverwendung definiert, bei denen zu Abfällen gewordene Komponenten geprüft, gereinigt oder repariert werden, um einen direkten Wiedereinsatz zu ermöglichen [25]. Von der Wiederverwendung ist die Weiterverwendung zu unterscheiden, was unter den Recyclingbegriff fällt. Hierbei wird das Produkt in einer anderen Funktion als ursprünglich genutzt [25].

Die Wiederverwendung von Komponenten ermöglicht deren Kreislaufführung und ist somit ein wesentliches Standbein zur Realisierung einer Kreislaufwirtschaft im Bauwesen. Sie fällt hierbei als Maßnahme unter die erste Stufe der Abfallhierarchie des KrWG, da das Entstehen von Abfällen vermieden wird [25]. Das Recycling findet sich an dritter Stelle. Somit ist die Wiederverwendung von Bauteilen der Weiterverwendung vorzuziehen, da sich somit „Energie und Ressourcen für den Aufbereitungs- und den anschließenden Herstellungsprozess von Recyclingbaustoffen einsparen“ lassen [8, S. 49]. Entgegen der in der Gesellschaft verbreiteten positiven Konnotation des Recyclingbegriffs, stehen andere Maßnahmen mit positiveren Effekten zur Verfügung, wie die Wiederverwendung von Baukomponenten oder der Einsatz kompostierbarer Materialien [16].

Die Wiederverwendung ist ein wichtiger Teil des angesprochenen 10R Frameworks. Im englischen unter dem Begriff „Reuse“ verbreitet, findet sich die Wiederverwendung bei Kirchherr unter R3 wieder [11, S. 224]. Sie ist ein elementares Prinzip der Kreislaufwirtschaft und „meint die erneute Verwendung von Bauprodukten, ohne sie zu zerkleinern und somit zu rezyklieren“ [1, S. 13]. Ein Downcycling kann hierbei vermieden werden [1, S. 15].

Bei wiederverwendbaren Baumaterialien kann es sich um Komponenten aus dem Rückbau, aus zweiter Hand, um Restposten oder auch um wegen kleiner Mängel aussortierte Komponenten handeln. Die Menge an Baumaterial, die aktuell wiederverwendet wird, ist schwer zu erfassen und wird bisher in keinen Statistiken aufgeführt. Betrachtet man die erfassten mineralischen Bauabfälle, so handelt es sich bei fast 60 % um Boden und Steine. Den Rest stellten Bauschutt und Bauabfälle auf Gipsbasis, Straßenaufbruch sowie Baustellenabfälle dar. Dies ist Abbildung 10 zu entnehmen.

Statistisch erfasste Mengen mineralischer Bauabfälle 2020

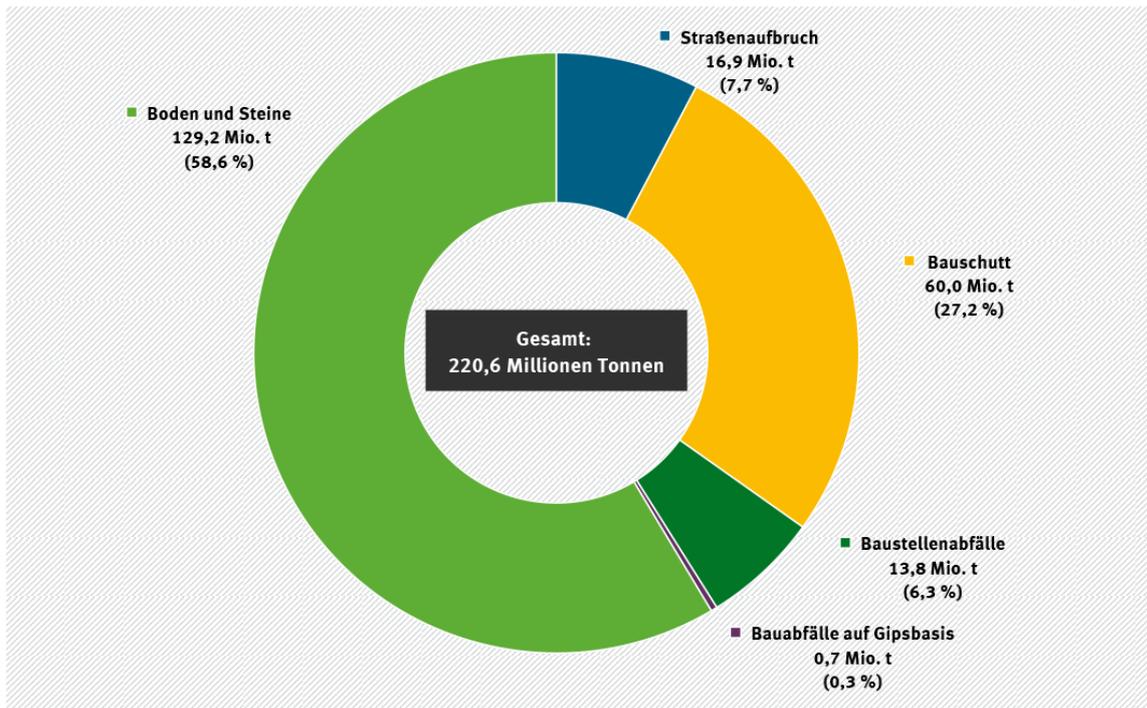


Abbildung 10: mineralische Bauabfälle 2020 ²

Zwar wurden 2020 circa. 89% der mineralische Baustoffabfälle verwertet, wie in Abbildung 2 ersichtlich, dabei handelt es sich jedoch um das angesprochene Downcycling und somit Einsatzbereiche wie den Straßenbau [5, S. 15] [4, S. 79]. Es ist davon auszugehen, dass diese Mengen unter entsprechenden Bedingungen zu einem gewissen Teil statt einer Verwertung auch einer Wiederverwendung zugeführt werden könnten. Bezogen auf die Kreislaufwirtschaft findet im Bauwesen die Führung der Materialien im Kreislauf erst stark verzögert statt, da die Zeit zwischen Gewinnung und Wiederverwendung der Bauteile durch die Lebenszeit der Gebäude geprägt ist. Um auch am Ende der Gebäudenutzung die verbauten Materialien hochwertig nutzen zu können, ist eine detaillierte Dokumentation notwendig. Nur so wird eine rechtlich einwandfreie und schadstofffreie Wiederverwendung ermöglicht [10, S. 23]. Da dies bei bestehenden Gebäuden meist nicht der Fall ist, gibt es Fachfirmen, die eine Bestandsaufnahme der verbauten Komponenten im Nachgang erstellen. Dies wird weiter in Kapitel 4.3.2 behandelt.

²https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/384/bilder/2_abb_mineralische-bauabfaelle_2023-07-27.png (Zugriff am 15.04.2024)

Die aktuelle Bauwirtschaft rechnet pro Gebäude mit einer bestimmten Lebensdauer. Der Baukulturbericht spricht davon, dass „nach 40 bis 60 Jahren (...) [ein Gewerbegebäude] seine wirtschaftliche Lebensdauer und spätestens nach 100 Jahren sein nominales Lebensende erreicht [hat]“ [4, S. 27]. Oftmals kommt es zum Abriss, wenn das Gebäude für seine ursprüngliche Funktion nicht mehr gebraucht wird oder es neuen Standards nicht mehr genügt. Hier ist der Punkt des Umbaus und der Umnutzung zu stärken, um den Bestand und die gebundene graue Energie zu erhalten. Nur wenn dies nicht möglich ist, soll ein Rückbau in Betracht gezogen werden mit Weiterverwendung der nutzbaren Komponenten [4, S. 30]. Außerdem verliert ein Gebäude während der Nutzungsphase kontinuierlich an Wert. Wenn jedoch die Grundstückspreise steigen, ist oftmals ein Abriss eines Gebäudes besiegelt im Falle eines Grundstückverkaufs [4, S. 35].

Damit die Wertschätzung bestehender Materialien in der Bevölkerung gefestigt werden kann, muss dem Thema eine größere Bedeutung beigemessen werden. Die Entwicklung des Recyclingbegriffs bis zur heutigen breiten Akzeptanz zeigt hierbei die mögliche positive Wirkung einer solchen Verbreitung auf. Der Baukulturbericht 22/23 stellt die große Bedeutung der bebauten Umgebung für die Bürger*innen dar. Erst wenn eine Vermittlung der Relevanz und Möglichkeiten in Bezug auf nachhaltiges Bauen stattfindet, kann auch mit einer breiteren Umsetzung gerechnet werden [4, S. 102]. Ein Baustein, um die Möglichkeiten der Wiederverwendung aufzuzeigen, stellen Modell- und Forschungsprojekte dar, wie sie in dieser Arbeit aufgeführt sind.

Allgemein wird deutlich, dass die Wiederverwendung von Altbaukomponenten relevant ist für Agierende aus sehr unterschiedlichen Bereichen wie der Politik, des Handwerks und der Bauwirtschaft, der Lehre und Forschung, wodurch auch die Verbreitung der Thematik auf verschiedenen Ebenen ausgetragen werden muss.

2.2.1 Einordnung in den historischen Kontext

Bei der Kreislaufwirtschaft handelt es sich um kein neues Konzept. In der vorindustriellen Zeit war Wiederverwendung der Standard. Häuser wurden so lange wie möglich erhalten, erweitert und ausgebessert. Im Vergleich zu teuren Baukomponenten waren Arbeitskräften kostengünstig. Beweggründe waren somit damals schon ökonomischer Natur [4, S. 16]. Baumaterialien kam auch ein hoher traditioneller Wert zu, sodass diese meist fürsorglich gepflegt wurden. Generell sind Zeugnisse der Praktiken des

Rückbaus und der Wiederverwendung in mittelalterlichen Bauten zu finden, in welchen unter anderem Komponenten aus römischer Zeit verbaut sind [1, S. 15].

Auch in den Nachkriegszeiten war Wiederverwendung von erhaltenen Baukomponenten gang und gäbe [4, S. 19]. Dies war aus finanziellen Gründen heraus die einzige Möglichkeit dem großen Wohnraumbedarf in kurzer Zeit zu begegnen. Vor der Moderne stand das einmalige Nutzen und anschließende Entsorgen von Produkten wie Baukomponenten als Alternative nicht zur Debatte. Mit in den 70er Jahren geschaffenen rechtlichen Strukturen zur Sanierung der Städte wurden durch die finanzielle Unterstützung von Abrissen Neubauten zunehmend attraktiver und finanziell möglich [4, S. 19]. In der folgenden Zeit bedingten Bevölkerungswachstum und Zuzug in Städte viele Neubauten im städtischen Umkreis.

Zwischenzeitlich kam es durch Ereignisse wie die Ölkrisen zu einer Dämpfung des Fortschrittsoptimismus, wodurch dem Denkmalschutz eine erhöhte Aufmerksamkeit zukam. Der entstehende Bestandschutz konzentrierte sich damals vor allem auf Innenstädte zum Erhalt historischer Strukturen. Wiederverwendung fand hierbei vor allem bei Umbauten von Kirchen

standardmäßig Abwendung [4, S. 20f.].

Die Gesellschaft wird also schon immer von Umbaumaßnahmen begleitet. Bis heute haben durch Aspekte wie Wirtschaftswachstum, zunehmender Wohlstand und Individualismus Neubauten an Attraktivität gewonnen als Teil individueller Selbstverwirklichung. Eine langfristige und nachhaltige Gebäudeplanung und -umsetzung spielt dabei meist keine Rolle. Die bestehenden gesellschaftlichen Strukturen erzeugen eine erhöhte Wertzuweisung gegenüber neuen Produkten – Altes wird hingegen geringer wertgeschätzt. Zu zeigen, dass man sich Neues leisten kann, geht mit einem hohen Ansehen und Statussymbolen einher.

Auch das Vermitteln vom Bauen mit Bestandsgebäuden an Universitäten stellte lange eine „Baufaufgabe zweiter Klasse“ dar [4, S. 103]. Diese Umstände finden sich in vielen Bereichen unserer Gesellschaft und sind meist schwer vereinbar mit gesteckten Klimazielen. Erst durch das Wahrnehmen von Auswirkungen dieses, mit einem sehr hohen Ressourcenverbrauch verbundenen Handelns kommt es zu einem Umdenken im Umgang mit den natürlichen Rohstoffen, welches weltweit bisher nur teilweise zu beobachten ist [10, S. 10]. Verhaltensweisen in Bezug auf die Gewinnung und Nutzung zu ändern, stellt eine große Herausforderung dar. Die bestehenden Strukturen zeigen

teilweise immer noch Vorteile der „linearen Durchflusswirtschaft“ [10, S. 10], vor allem im monetären Bereich. Eine Fokussierung des Blicks auf Langlebigkeit und Wertschätzung von Ressourcen würde wiederverwendete und nachhaltige Komponenten positiver bewerten. Um den Bereich schlussendlich zu stärken, ist somit auch ein Paradigmenwechsel in der Gesellschaft förderlich, welcher durch entsprechende Rahmenbedingungen von Seiten der Politik vorgeben und durch eigene Umsetzungen der öffentlichen Hand vorgezeigt werden kann.

Hierbei kann die Politik auf Rückhalt aus der Bevölkerung bauen. Denn trotz der angesprochenen Ausrichtung auf den Neubau, empfinden Bürger*innen einen Abriss oftmals als negative Entwicklung in ihrem Umfeld [26, S. 40]. In einer Umfrage im Rahmen des Baukulturberichts 22/23 sagten 52 % der Befragten aus, bereits einen Abriss bereit zu haben. Der Großteil der Befragten spricht sich für eine Prüfung von Bestandsgebäuden zum Erhalt aus, bevor ein Abriss erwogen wird [4, S. 22]. Sanierungen werden bevorzugt [4, S. 23]. Dennoch weist das Unternehmen Concular auf eine steigerungsfähige Flexibilität der Bevölkerung in Bezug auf Wiederverwendung hin [16]. Auch der Wandel der Bautechniken erschwert die Wiederverwendung. In Bezug auf das Mauerwerk erschwert bei der heutigen Bauweise die Verbindung des Mauerwerks mit Mörtel einen qualitätserhaltenden Rückbau. „Bei Vollziegeln, wie sie bis ca. zur Mitte des 20. Jahrhunderts verwendet wurden, war dies deutlich einfacher möglich.“ [13, S. 8] Holzbauteile wiederzuverwenden hat eine lange Tradition. Der Handel wurde stetig ausgebaut und es sind heutzutage auch digitale Plattformen bereits etabliert [13, S. 13]. Dies wird auch an den Interviews mit Unternehmen aus dem Gebrauchtholzhandel in Kapitel 5.1 deutlich. In Bezug auf diese Herausforderungen ist oft ein kreatives Vorgehen notwendig und eine Anpassung des Planungsprozesses. Die Wiederverwendung entspricht in der heutigen Zeit somit einer Art Revolution des Bauens.

2.2.2 Einordnung in den Kontext des nachhaltigen Bauens

Der aktuelle Umgang mit den natürlichen Ressourcen steht im Widerspruch mit den Idealen der Nachhaltigkeit [27, S. 5]. Sie stellen ein Schutzgut dar, welches für zukünftige Generationen zu erhalten ist, was ein Ziel der nachhaltigen Entwicklung darstellt [14, S. 41]. Im Ansatz des nachhaltigen Bauens werden die verschiedenen Ebenen

der Nachhaltigkeit gemeinsam betrachtet, wie aus Abbildung 11 ersichtlich.

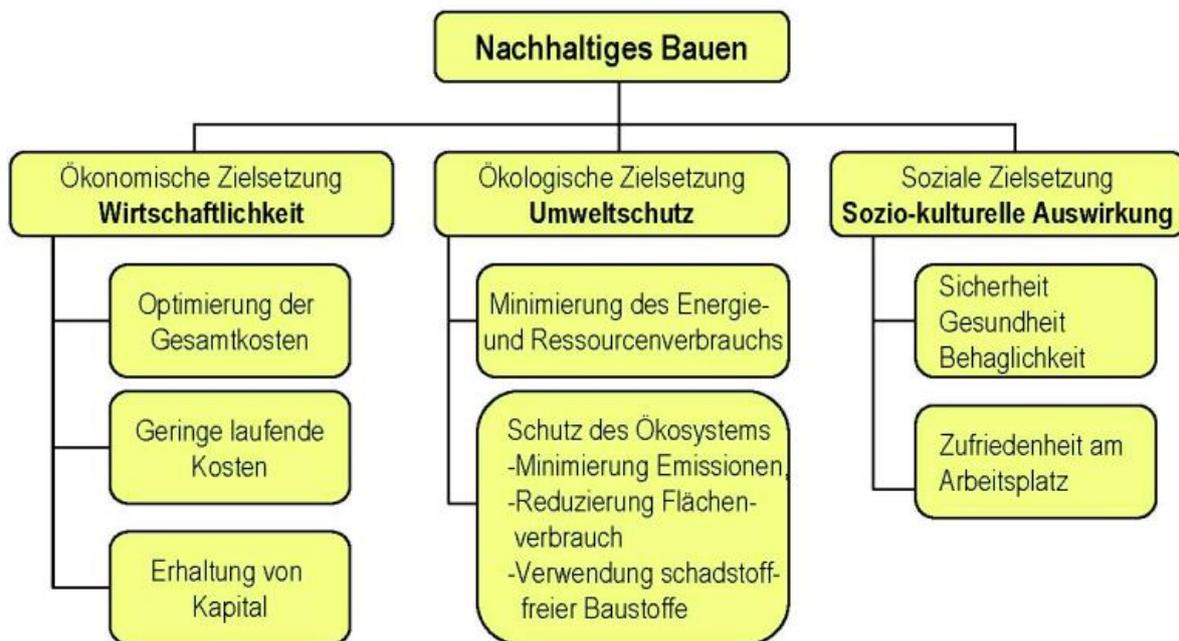


Abbildung 11: nachhaltiges Bauen [27, S. 9]

Es ist wichtig zu berücksichtigen, dass „jede Bautätigkeit, jedes Betreiben resp. Nutzen und jeder Rückbau eines Gebäudes zu Umweltbelastungen führt“ [27, S. 9]. In Betracht auf Einsparpotentiale bestehen bereits gute Ideen und Möglichkeiten für den Bausektor. Das Wiederverwenden von Baukomponenten, als Teil des nachhaltigen Bauens, kann einen Beitrag in alle Dimensionen der Nachhaltigkeit des Bauwesens beitragen:

- In Bezug auf die ökonomische Dimension ergeben sich mit wiederverwendeten Komponenten geringere Kosten, wenn diese über den gesamten Lebenszyklus hinweg im Vergleich zu dem Einsatz stets neuer Ressourcen gesehen wird.
- Die Ökologie wird durch das Reduzieren des Primärrohstoffbedarfs verstärkt berücksichtigt, wenn auf wiederverwendete Bauteile zurückgegriffen wird. Mit dem Wiederverwenden von Baukomponenten geht das sortenreine und schadstofffreie Bauen einher, um die Produkte möglichst lang im Stoffstromkreislauf halten zu können und somit eine Deponierung mit entsprechenden Begleitwirkungen verhindert wird. Dies wird im Bereich des zirkulären Bauens auch durch die Kreislauffähigkeit einer Komponente beschrieben [1, S. 13f.].

- Die soziale Dimension wird durch den meist vorhandenen historischen Mehrwert der alten Baukomponenten berührt. Das Wiederverwenden erfordert eine neue Kreativität in der Kombination dieser Elemente, was zu einer hochwertigen Gestaltung der Umgebung durch die Gebäude führt. Ein Beispiel zum gemeinsamen Erfahren und Umsetzen des nachhaltigen Bauens liefert das Projekt „Zirkuläres Bauen“³ in der vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Zukunftsstadt Dresden. Neben dem Durchführen von Rückbau-Workshops und dem Rückbau von Gebäuden, wird das Bewusstsein der Bürger*innen für Bauressourcen gestärkt.

Bei Nachhaltigkeit im Bauwesen geht es somit nicht allein um die eingesetzten Materialien. „Gebäude (...) müssen daher über ihren gesamten Lebenszyklus unter Berücksichtigung der Nutzungsqualität betrachtet werden.“ [27, S. 11] Lebenszyklusanalysen haben in diesem Bereich eine hohe Bedeutung und sind ein wesentliches Planungsinstrument. Dieses ermöglicht es, die Stärken des nachhaltigen Bauens auch im ökonomischen Bereich zu verdeutlichen und die Konkurrenzfähigkeit mit bisherigen Bauweisen zu erhöhen. Letztere sind vor allem in Bezug auf die Entsorgung der Materialien mit hohen Kosten auch für die Umwelt verbunden und bedeuten meist keinen Werterhalt der verwendeten Komponenten. Auch der Energieaufwand und die Emissionen beispielsweise bei der Gewinnung der Rohstoffe stellen bei der linearen Verwendung eine Schwachstelle dar. Über die Wiederverwendung von Baumaterialien kann somit die ökonomische Zielsetzung des nachhaltigen Bauens eher erreicht werden als mit konventionellen Techniken.

Neben der Kreislauffähigkeit der Baumaterialien, spielt beim nachhaltigen Bauen auch die Energieeinsparung eine wichtige Rolle. Bei der energetischen Bewertung von Gebäuden kommen Punkte wie „Energieaufwand für die Herstellung, Erneuerung und Instandhaltung der Baumaterialien“ [20, S. 59] zum Tragen, wobei erneut der Aspekt der Lebenszyklusbetrachtung deutlich wird. Da Energie- und Betriebskosten sowie umweltverträglicher Rohstoffeinsatz zunehmend von Interesse für die Bevölkerung sind, spielen diese zunehmend bei Investitionen in Immobilien eine wichtigere Rolle [20, S. 11]. Die Betrachtung der Recyclingfähigkeit der verbauten Materialien spielt bei nachhaltigen Bauten einen wesentlichen Beitrag zum gesamten Primärenergieaufwand [20,

³ <https://www.zukunftsstadt-dresden.de/projekte/zs21-03/> (Zugriff am 15.04.2024)

S. 60]. Entfällt die Wiederaufbereitung von Materialien und können diese direkt erneut eingesetzt werden, kann ein Großteil an Energie eingespart werden und THG-Emissionen reduziert werden. Handelt es sich dabei zudem um Komponenten aus nachwachsenden Rohstoffen wie Holz, kann das im Material gespeicherte Kohlenstoffdioxid (CO₂) länger gebunden bleiben. Allgemeingültige Daten sind hierbei jedoch kaum vorhanden und die geleisteten Einsparungen von THG-Emissionen werden meist nur in Einzelfällen erfasst und betrachtet [13, S. 5].

Das nachhaltige Bauen stellt somit einen wesentlichen Hebel dar, um in Bezug auf den Klimawandel im Bausektor einen Beitrag zu leisten, weshalb es lohnenswert ist, diesem Bereich mehr Aufmerksamkeit zu widmen [13, S. 2].

3 Verwandte Arbeiten

Neben den für diese Arbeit gewählten Zielfragen (siehe Kapitel 6), wäre es ebenso spannend gewesen, den Fokus verstärkt auf die deutsche Marktsituation in Bezug auf die Wiederverwendung von Altbaukomponenten zu legen. Diese Perspektive könnte Antworten zu dem Sachverhalt liefern, warum sich die Wiederverwendung trotz früher Umsetzung in den 80er Jahren, wie das Projekt Stuttgart aufzeigt, damals nicht als Standard in die Bauwirtschaft integriert hat. Dies wäre auch für die Realisierung heutzutage hilfreich, um Hürden zu identifizieren und deren Abbau zu erreichen für eine zukünftige erleichterte Umsetzung. In der Publikation „Rückbau industrieller Bausubstanz – Großformatige Betonelemente im ökologischen Kreislauf“ [27, S. 14] wurde die Betrachtung der Wiederverwendung in einen ingenieur- und einen sozialwissenschaftlichen Teil gegliedert. Neben der Umsetzung der Wiederverwendung wurde hier auch betrachtet, wie diese auf die Menschen wirkt und welche Punkte in Bezug auf die Akzeptanz wiederverwendeter Bauteile relevant sind. Damit einher geht das Ausarbeiten möglicher Vermarktungskonzepte zur Stärkung der Wiederverwendung [27, S. 13].

Hierbei ist generell auf die Forschung zur Wiederverwendung von Beton aus Plattenbauten von Professorin Angelika Mettke an der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus zu verweisen, welche ebenso an der erwähnten Publikation beteiligt war. In der von ihr begleiteten Forschung geht es unter anderem darum, neben den monetären Aspekten auch den Punkt der Nachhaltigkeit bei der Wiederverwendung

zu fokussieren. Es soll gezeigt werden, dass „Bauen mit Altbetonelementen sinnvoll, wirtschaftlich, ökologisch und sozialverträglich ist.“ [27, S. 3]

Mit Blick auf die kreislauffähige Gestaltung von Gebäuden ist eine Betrachtung der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI) interessant. Diese dient „zur Kalkulation und Leistungsbeschreibung von Gebäudeplanung.“ [8, S. 8] In dem Projekt Regionale Ressourcenwende in der Bauwirtschaft (ReBau) [8] wurde die HOAI bereits um eine Rückbau-Phase erweitert. Die Arbeit zeigt auf, in welcher Art und Weise von Seite der Planenden Beiträge geliefert werden können, um nachhaltiges Bauen zu realisieren. Zudem führt die Publikation Best Practice Beispiele auf, die teilweise auch für die vorliegende Arbeit aufgegriffen wurden.

Einen Ansatz mit verstärktem Fokus auf wiederverwendbare Materialien und Bauteile wählt das UBA in der Veröffentlichung „Instrumente zur Wiederverwendung von Bauteilen und hochwertigen Verwertung von Baustoffen“ [15]. Neben der Wiederverwendung wird hierbei auch das mögliche Weiterverwenden zahlreicher Baukomponenten betrachtet. Im Vergleich zu der vorliegenden Arbeit werden hierbei rechtliche Vorgaben näher thematisiert und auf das Vorstellen von Umsetzungsbeispielen verzichtet. Ein Aspekt, der das Wiederverwenden von Baukomponenten erleichtert, stellt das sortenreine Bauen dar. In der gleichnamigen Publikation von Dirk E. Hebel et al. werden neben der Entwicklung des Bauwesens hin zu kreislauffähigem Bauen somit Möglichkeiten reversibler Fügungstechniken näher beleuchtet und wie diese kreislaufgerechtes Bauen ermöglichen [28].

Das weitergehende Betrachten dieser Punkte übersteigt den Rahmen dieser Arbeit, in welcher die Vorstellung und Auswertung von Projektbeispielen mit wiederverwendeten Baukomponenten im Vordergrund steht.

4 Theoretische Analyse zur Umsetzung der Wiederverwendung von Altbaukomponenten

4.1 Herausforderungen der Wiederverwendung

Eine standardisierte Umsetzung der Wiederverwendung von Baukomponenten stößt aktuell durch verschiedene Aspekte an ihre Grenzen, welche in der Publikation „Wieder- und Weiterverwendung von Baukomponenten (RE-USE)“ [21] aufgeführt sind. Demzufolge sind in Zusammenarbeit mit verschiedenen beteiligten Akteuren in diesem Bereich folgende Punkte identifiziert worden, welche Herausforderungen für die Wiederverwendung darstellen [29, S. 24–27]:

1. *Ziel der Abfallvermeidung: Dieses kann als sinnvolles Ziel angesehen werden, wenn vorausgesetzt ist, dass die eingesetzten Materialien für eine Wiederverwendung geeignet sind* [29, S. 24].

Der Großteil der Bestandsgebäude wurde ohne Berücksichtigung einer Rückbaubarkeit errichtet. Ab den 50er Jahren drängten synthetisch hergestellte Baukomponenten auf den Markt, welche praktische Eigenschaften für die Betriebsphase besitzen [4, S. 32]. Oftmals wird hier das Lebensende nach einmaliger Nutzung direkt erreicht, da eine Weiterverwendung aufgrund der Verarbeitung nicht möglich ist. Viele Baukomponenten sind beispielsweise über geklebte, nicht lösbare Verbindungen fixiert. „Nach derzeitigem Stand ist für diese Verbundmaterialien nur eine Entsorgung auf Deponien oder die thermische Verwertung in Müllverbrennungsanlagen möglich.“ [3]

Wird eine entsprechende Analyse der Baukomponenten durchgeführt, kann festgehalten werden, dass oftmals mehr Gebäudebestandteile wiederverwendet werden können, als von den Eigentümer*innen gedacht [16]. Eine vorausgehende Prüfung je nach Art der rückzubauenden Komponenten wird i.d.R. von Produktnormen vorgegeben und ist aus sicherheitstechnischen Gründen von großer Bedeutung, um einen hochwertigen erneuten Einsatz zu gewährleisten.

2. *Logistik für Demontage, Transport und Zwischenlagerung: Diese Aspekte bedeuten mehr Organisations- und Zeitaufwand als bei einem konventionellen Abriss* [29, S. 24].

Ein Rückbau ist bisher aufwändiger als der übliche Abriss. Es werden Fachunternehmen benötigt, welche im Optimalfall selbst den Transport und die Zwischenlagerung der demontierten Baukomponenten übernehmen können. Der Baukulturbericht 2023 betont: „Sekundärbaustoffe können nur dann wirklich nachhaltig sein, wenn sie nicht über weite Strecken transportiert, sondern nahe der Lagerstätte eingesetzt werden.“ [4, S. 79] Generell ist ein schonender Umgang mit den Komponenten sowie Lagerbedingungen von Vorteil, unter welchen die Materialeigenschaften erhalten bleiben, um eine hochwertige Weiternutzung zu ermöglichen [8, S. 46].

Eine Lösung, dieser Herausforderung zu begegnen, stellt der Urban-Mining-Hub⁴ in Berlin dar, welches unter anderem durch eine Kooperation des Abfallunternehmens ALBA und Concular entstanden ist. Hier können rückgebaute Komponenten bis zu ihrer Vermittlung und dem erneuten Einbau gelagert werden. Die Idee sieht vor ein solches Lager in jeder Großstadt zu errichten, um die Komponenten vor Ort zu nutzen und lange Transportwege zu vermeiden. Allgemein kann angeführt werden, dass je mehr rückgebaute Gebäudekomponenten in den Kreislauf eingeführt werden, desto eher passende gebrauchte Komponenten für neue nachhaltige Bauten gefunden werden. Hier spielen Infrastrukturen wie der Urban Mining Hub eine entscheidende Rolle [16].

3. *Verbaute Schadstoffe: Diese wurden vor allem in Gebäuden bis Baujahr 2000 eingesetzt, rufen zusätzliche Kosten durch Laboruntersuchungen hervor und können die Wiederverwendung verhindern* [29, S. 24].

Schadstoffe wie Asbest kamen bei „Bauten, die in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts errichtet, saniert oder überformt wurden“ zahlreich zum Einsatz und erschweren den Rückbau sowie die Wiederverwendung [4, S. 76]. Die bereits erwähnten synthetischen Baukomponenten, sind zumeist gesundheitsschädlich. Eine Weiterverwendung dieser Komponenten muss deshalb ausgeschlossen werden. Ebenso müssen bei

⁴ <https://urbanmininghub.berlin/> (Zugriff am 02.05.2024)

deren Rückbau besondere Vorsichtsmaßnahmen getroffen werden wie beispielsweise die Einrichtung von Schleusen.

4. Wirtschaftlichkeit der Rückbaukomponenten: Aufgrund der Aspekte aus den Punkten 2 und 3 ist diese bisher im Vergleich zu neuen Rohstoffen meist nicht gegeben, wodurch und es finanzieller Förderungen bedarf [29, S. 26].

Auch weil notwendige neue Bauweisen noch nicht standardisiert sind, kommt es bislang zu keiner Kostenersparnis im Bereich der Investitionen eines Gebäudes, wenn Materialien wiederverwendet werden [4, S. 83]. Einige der in dieser Arbeit vorgestellten Projekte werden beispielsweise von der Forschungsförderung „Zukunft Bau“ des Bundesministeriums für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB) unterstützt. Der Punkt der Wirtschaftlichkeit wird ebenfalls beeinflusst durch ein bislang unzureichendes System zur Erfassung und Vermittlung von Altbaukomponenten. Es kann jedoch auch angeführt werden, dass ein Vergleich in diesem Bereich zwischen konventionellen und nachhaltigen Bauweisen bisher hinkt, da letztere noch wenig erprobt und verbreitet sind [1, S. 27].

5. Faktor Zeit: An diesem fehlt es vor allem für eine sorgfältige und schonende Demontage [29, S. 26].

Momentan liegt der Fokus auf einem schnellen Abriss, um Kosten zu sparen. Möchten Unternehmen Komponenten zurückbauen, müssen sie schnell sein und aktiv nach Abrissprojekten Ausschau halten, diese anfragen, ob ein Rückbau möglich ist und schließlich vor Ort schnell handeln, damit der eigentliche Zeitplan eingehalten werden kann. Aspekte wie die angeführten Prüfungen der Altbauteile sorgen weiterhin für eine längere Dauer des Vorhabens. Zudem ist es notwendig, rechtzeitig passende Zwischenlager ausfindig zu machen oder die Bauteile entsprechend zu vermitteln, sodass eine Lagerung entfällt. Der Organisationsaufwand hinter der Planung für den Einsatz wiederverwendeter Bauteile ist somit aktuell sehr zeitintensiv.

6. *Rechtliche Hemmnisse: Bisher wird rechtlich zum einen nicht zwischen dem Einsatz von Neu- und Rückbaukomponenten unterschieden und zum anderen liegt der Fokus auf Verwertung statt Wiederverwendung* [29, S. 27].

Um eine Stärkung der Wiederverwendung von Altbaukomponenten zu erreichen sind rechtliche Rahmenbedingungen notwendig, welche die Bedingungen so anpassen, dass die beschriebenen Aspekte im Wandel vom Abriss zum Rückbau berücksichtigt werden. Der Baukulturbericht führt an, dass „auch Haftung und Gewährleistung“ noch zu regeln sind [4, S. 83].

Auch die Deutsche BauZeitschrift (DBZ) schreibt: „Solange die kurz vor dem Kapazitätslimit stehenden Bauschuttdeponien nicht einfach schließen oder für neues Material nicht der wahre Preis seines gesamten Lebenszyklus bezahlt werden muss, wird sich daran vermutlich auch so schnell nichts ändern“ [30], dass nämlich die Wiederverwendung von Baukomponenten nicht in der Praxis umgesetzt wird.

Erste Schritte in Richtung Stärkung der Kreislaufwirtschaft stellen die erwähnte Mantelverordnung für Ersatzbaustoffe und Bodenschutz sowie die DIN SPEC 91484 dar. Concular führt in diesem Zusammenhang die erwähnten Leistungsphasen der Architektur an, bei welchem bisher der Entwurf am Beginn unabhängig von den schlussendlich einzusetzenden Materialien angefertigt wird. Hier ist eine Anpassung der Planungsprozesse von Nöten, um das Einbinden wiederverwendeter Komponenten zu ermöglichen [16].

7. *Fachkräftemangel: Dieser Punkt mit multiplen Ursachen wirkt sich ebenso auf die Aspekte 4 und 5 aus.*

Eine weitere Herausforderung für eine Transformation des Bauwesens, abgesehen von den im Projekt RE-USE aufgezeigten, ist der vorherrschende Fachkräftemangel. Laut Baukulturbericht waren im Jahr 2021 33,5 % der Hochbauunternehmen auf der Suche nach neuen Fachkräften [4, S. 103].

Aktuell werden neue Fachkräfte zielgerichtet auf das Bauen neuer Gebäuden ausgebildet [4, S. 33]. Kenntnisse über Rückbau und Wiederverwendung werden somit nicht standardmäßig gelehrt. Vielmehr müssen sich die Auszubildenden diese zusätzlich aneignen, was einen erhöhten Zeit- und Organisationsaufwand bedeutet. Auch im universitären Umfeld liegt der Fokus meist mehr auf theoretischen Überlegungen und Berechnungen, sodass praktische Fähigkeiten wie beispielsweise das Durchführung von

Messungen vor Ort, das Inventarisieren oder Organisieren von Lagerungen nicht abgedeckt werden [4, S. 33]. Diese werden jedoch zunehmend gebraucht z.B. für Arbeiten wie das Erstellen von Materialpässen.

Es bestehen bereits einige spezialisierte Studiengänge in Bezug auf den Umgang mit Bestandsgebäuden, wobei eine Eingliederung der Thematik in das grundlegende Studium der Architektur und des Bauingenieurwesens wünschenswert ist [4, S. 103] und an die Erfahrungen dieser Studiengänge angeknüpft werden kann, um deren Potential hoch zu skalieren.

4.2 Chancen der Wiederverwendung

Im weiteren Verlauf der Arbeit werden Voraussetzungen zur Umsetzung der Wiederverwendung aufgezeigt. Soll das Wiederverwenden von Altbaukomponenten zum neuen Standard werden, müssen zukunftsfähige Lösungen und die notwendige Infrastruktur geschaffen werden [4, S. 109]. Die Situation kann somit auch als Potential gesehen werden, um durch die Umgestaltung des Bausektors die Arbeitsplätze attraktiver zu gestalten und dadurch neue Fachkräfte zu gewinnen [4, S. 8]. Die Notwendigkeit neuer Kompetenzen beispielsweise für Eignungsuntersuchungen verbauter Baustoffe oder die Entwicklung von Rückbaustrategien bieten neue Fach- und Einsatzbereiche. Der stärkere Bezug zu den Gebäuden selbst durch das Beschäftigen mit spezifischen Einzelfällen und Komponenten im Rückbau und in der Wiederverwendung, kann Tätigkeiten vielfältiger gestalten und dem Handwerk einen Teil des Charakters zurückgeben, welcher durch standardisierte Neubauten im Fertighausstil teilweise verlorengegangen ist. Ein stärkerer baukultureller Fokus kann ebenso neue Interessen wecken [4, S. 33]. Die Herausforderung wird von neuen Möglichkeiten der Kreativität und des positiven Beitrags zum Ressourcenschutz begleitet. Es ist zudem zu beobachten, dass in immer mehr Unternehmen Zuständige für den Themenbereich Nachhaltigkeit angestellt werden. Hierin sieht Concular eine Chance, dass die Bauten von Unternehmen zukünftig nachhaltiger gestaltet werden [16].

Mit einem genaueren Blick auf explizite Pilotprojekte wird sichtbar, dass viele Komponenten teils über kreative Wege wiedergewonnen und -verwendet werden können. Durch das intensivere Beschäftigen mit Bestandsgebäuden bei deren Analysen zur Wiederverwendung, können bewährte Baumethoden und auch -materialien erkannt werden. Während heutzutage eine einheitliche Fassade der Standard ist, waren in der

Renaissance einzelne Stockwerke unterschiedlich gestaltet. Gerade bei Großbauten ist es von Vorteil für die Anwendung wiederverwendeter Baukomponenten nicht auf eine hohe Stückzahl beispielsweise identischer Fenster angewiesen zu sein. So kann ein flexibleres Design neben einer architektonischen Aufwertung der Umgebung auch das Verwenden gebrauchter Bauteile in großem Maßstab stärken [16].

Zwar stellt der Einsatz von Verbundmaterialien und Kompositen in manchen Anwendungsbereichen einen großen Nutzen dar, um aber von ihren Vorteilen auch unter dem Gebot des nachhaltigen Bauens zu profitieren, muss ihre Produktion und Verwendung auf Wiederverwendung ausgerichtet sein [8, S. 33]. Auch in Bezug auf energieintensive Baustoffe wie Beton kann Wiederverwendung eine nachhaltigere Nutzung im Vergleich zu bisherigen Varianten bieten, bei welchen Beton als Bauschutt deponiert wird oder unter erneutem Energieaufwand recycelt wird. Das Lebensende der Komponenten von vorneherein mitzudenken ist hierbei ein elementarer Grundsatz.

Wiederverwendete Baukomponenten können hierbei nicht nur in Neubauten Anwendung finden, sondern auch in Sanierungsmaßnahmen oder Nachverdichtungen wie Dachaufstockungen, wie auch in Kapitel 5.2.1.7 deutlich wird. Allgemein besteht für Städte die Chance über Strukturen wie den genannten Urban Mining Hub autonomer zu werden und die regionale Verfügbarkeit vorhandener Bauteile sowie deren langfristige Nutzung zu stärken.

Mit dem Konzept der Wiederverwendung von Baukomponenten - generell hat ein Großteil der Bauteile Wiederverwendungspotential [31] - besteht eine naheliegende und auch bereits in vielen Fällen erprobte Möglichkeit, den Ressourcen- und Energieverbrauch sowie Deponieraumbedarf durch weniger Abfallaufkommen zu reduzieren [32, S. 13]. Außerdem ist hierbei keine energieintensive Aufbereitung der Rohstoffe mehr notwendig [27, S. 25]. Somit können durch Wiederverwendung von Baumaterialien THG-Emissionen eingespart und ein Beitrag zum Klimaschutz im Bausektor geleistet werden. Das dies bereits heute trotz bislang ungünstiger Voraussetzungen möglich ist, wird an den Projektbeispielen dieser Arbeit deutlich.

4.3 Voraussetzungen für die Umsetzung von Wiederverwendung

Um Baukomponenten wiederverwenden zu können, ist es notwendig einen Rahmen für die Umsetzung zu schaffen. Hierbei spielen Planungsprozesse und unterstützende Werkzeuge wie Materialpässe eine wichtige Rolle.

4.3.1 Planung und Kommunikation

Der Planungsphase kommt im Bausektor eine große Bedeutung zu – so auch bei der Wiederverwendung von Baustoffen. Der Baukulturbericht zeigt die Bedeutung einer guten Planung, welche „über 90 % der Lebenszykluskosten [beeinflusst], an denen die Planungskosten selbst nur einen durchschnittlichen Anteil von [...] 3 % haben“ [4, S. 90]. Um Bauvorhaben mit Wiederverwendung zu realisieren, steht zunächst der Punkt der Aufklärung der Bauherrschaft im Vordergrund, um die verschiedenen Möglichkeiten aufzuzeigen [8, S. 15]. Die beteiligten Akteure müssen das entsprechende Wissen und die notwendigen Rahmenbedingungen realisieren können. So ist für Architekt*innen beispielsweise für den Planungsprozess ein abweichendes Vorgehen notwendig, als bei Bauvorhaben, die auf nicht wiederverwendeten Komponenten basieren [8, S. 12]. Hierbei spielen die Kommunikation und das Netzwerk unter den Agierenden eine entscheidende Rolle, wie beispielsweise unter „Produktherstellenden, Abbruchunternehmen, Statiker*innen und Schadstoffprüfenden“ [8, S. 13]. Anders als bei bisherigen standardmäßigen Bauvorhaben wird das laufende Kontakthalten von größerer Bedeutung sein, da Punkte wie die Bauteilverfügbarkeit laufend abgesprochen werden müssen.

Außerdem kommt es zu einer Verlagerung der Zuständigkeiten. Produkthersteller haben bereits eine Mit-Verantwortlichkeit für die Wiederverwendbarkeit ihrer Baukomponenten [32, S. 15f.]. Das „Planungshandbuch ressourceneffiziente und zirkuläre Architektur“ schlägt zudem vor, dass die Planer*innen eines Gebäudes noch länger als bisher unterstützend zur Verfügung stehen, um Aspekte wie den Rückbau für die Eigentümer*innen zu erleichtern [8, S. 48].

4.3.2 Materialpass, -datenbank und -börse

Damit der Einsatz von Altbaukomponenten gelingt, müssen Wege von der Quelle bis zum Einsatzort gefunden werden, sowie Daten über die Materialien verfügbar sein. Hier kommen die im Folgenden aufgezeigten Strukturen ins Spiel.

Materialpass

Unter einem Materialpass sind gesammelte „Informationen über Materialien, Fügung und Verarbeitung eines Gebäudes oder Produkts“ zu verstehen [1, S. 26]. Diese Zusammenstellung kann in digitaler oder analoger Form erstellt werden. Das

Digitalisieren von Dokumenten wie dem Materialpass ist vorteilhaft, um das Sichern der Daten auch beispielsweise im Falle eines Besitzwechsels von Gebäuden zu gewährleisten [8, S. 48]. Zudem sind Materialpässe während der Nutzungsphase eines Gebäudes zu aktualisieren beispielsweise bei etwaigen Umbauten um eine sichere Datengrundlage für Reparationen und im Falle eines Rückbaus zu bieten [4, S. 104]. Generiert werden kann ein Materialpass beispielsweise über die Plattform Madaster. Als Hilfsmittel wird dafür meist auf 3D-BIM Modelle zurückgegriffen [29, S. 35]. Ein Projektbeispiel aus dieser Arbeit, in welchem ein entsprechender Pass angefertigt wurde, findet sich im Projekt Neustadt.

Falls bei einem Neubau kein Materialpass angefertigt wurde, kann dies durch Bauteilanalysen nachgeholt werden, um verbaute Komponenten zu dokumentieren, zu katalogisieren und für entsprechende Nachnutzungen zu markieren. Einen wesentlichen Einfluss auf die Planung und Umsetzung des Rückbaus und der Wiederverwendung haben Aspekte wie Langlebigkeit und Verfügbarkeit einzelner Komponenten, die Materialmischung sowie eine sortenreine Trennbarkeit. Diese Daten können in Materialpässen hinterlegt und ihnen bei Bedarf entnommen werden.

Restado

Ein Beispiel für eine Materialquelle stellt die Plattform Restado⁵ dar, die als virtueller Marktplatz für rückgebaute Materialien zu verstehen ist [4, S. 79]. Es handelt sich hierbei mittlerweile um die größte europäische Plattform in Bezug auf das Angebot wiedergewonnener Baustoffe [24, S. 113].

SALZA

Eine andere Möglichkeit für Kunden, Baukomponenten für den Eigenbedarf zu erhalten, stellt die Schweizer Materialbörse SALZA dar. Hier findet eine Inserierung der Komponenten vor deren Rückbau statt. Sie werden direkt nach ihrem Abbau zum neuen Einsatzort transportiert und es kommt zu keiner Zwischenlagerung. Gelingen kann das über das Anmelden von Bedarfen an bestimmten Komponenten auf der Plattform [4, S. 79].

⁵ <https://restado.de/> (Zugriff am 02.05.2024)

Es existieren noch zahlreiche weitere Bauteilbörsen in verschiedenen Ländern, welche beispielsweise in einer Publikation des BBSR aufgeführt sind zusammen mit der Info, welche Baukomponenten generell vertrieben werden [29, S. 29f.]. Jede Bauteilbörse leistet ihren Beitrag zur Stärkung der Wiederverwendet und ermöglicht jährlich den Einsatz von „über 1.500 Bauteile/-posten“ [23, S. 165]

Madaster

Dem Ziel zirkuläre Materialflüsse zu fördern, kann über die Errichtung von Materialdatenbanken, wie beispielsweise Madaster nähergekommen werden. Aus dem Namen wird deutlich, dass „Kataster für Materialien“ im Fokus der Plattform stehen [24, S. 118]. Hierbei werden Informationen über verfügbare Materialien in einem sogenannten Materialpass zusammengeführt. Zudem bilanziert Madaster über Herkunft und Lebensdauer von Bauteilen, inwieweit das Gebäude eine gute Quelle zur Wiederverwendung darstellt, mit dem sogenannten Zirkularitätsindex. Darauf aufbauend liefert Madaster die Möglichkeit, Gebäude über einen preislichen Rohstoffrestwert anhand ihrer Nachhaltigkeit zu bewerten [29, S. 34]. Die Wertzuweisung für die einzelnen Komponenten ist ein entscheidender Punkt, denn je höher die Aussicht auf mögliche Gewinne durch den Weiterverkauf, desto wahrscheinlicher ist der Ausbau und die Wiederverwendung des Bauteils [28, S. 24].

Concular

Ein weiterer Initiator im Urban-Mining-Bereich stellt das Unternehmen Concular⁶ dar. Concular ist im Bereich der Erfassung und Digitalisierung von Bestandsgebäuden auf Bauteilebene aktiv. Während bei Madaster die Eigentümer*innen eigenständig für die Bestandserfassung ein Dateneinpfehlung zuständig sind, wird dies bei Concular von Fachkräften durchgeführt. Diese erstellen einen Materialpass über eine App, einen 3D-Scan oder eine BIM-Modellierung im Optimalfall ein Jahr im Voraus bezogen auf den Rückbau [4, S. 79]. Dann können die erfassten Materialien mit Angaben zum Verfügbarkeitszeitraum versehen werden, was die Vermittlung erleichtert. Diese Auflistung liefert eine Planungsgrundlage, durch welche Angebot und Nachfrage erleichtert koordiniert werden können. Sind die vorhandenen Bauteile katalogisiert und kommt es zum

⁶ <https://concular.de/> (Zugriff am 02.05.2024)

Rückbau des Gebäudes, können diese Komponenten erleichterter in der Entwurfsplanung für ein anderes Gebäude berücksichtigt werden [8, S. 26]. Das Kennzeichnen und Katalogisieren der Bauteile hilft, um vorausschauend Hürden für die Wiederverwendung in Zukunft zu senken [8, S. 43]. Auf ihrer Website bietet Concular ebenso die anschließende Vermittlung des aufgebauten Materialinventars. Concular richtet sich hierbei vor allem an Unternehmen und Architekten [4, S. 79].

Dass die einzelnen Strukturen zusammenarbeiten, wird beispielsweise daran deutlich, dass bei Restado von Concular geprüfte Rückbauprodukte angeboten werden. Außerdem hat die Vernetzung mit zuständigen Abriss- und Rückbauunternehmen für Concular einen hohen Stellenwert [33]. Teilweise ist eine erneute Zertifizierung von Materialien durch ihre Hersteller notwendig, bevor diese wiederverwendet werden können. Hier unterstützt Concular über eine Rückbaubegleitung von Bestandserfassung bis Wiedereinbau und durch ihr breites Netzwerk [16]. In Abbildung 12 werden die von Concular als relevant identifizierten Schritte von Rückbau bis Wiedereinbau der Altbaukomponenten deutlich, in welchen Concular unterstützend tätig ist.

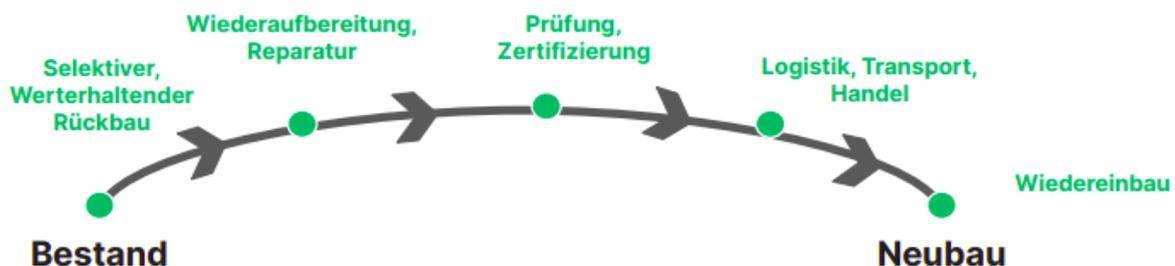


Abbildung 12: Rückbaubegleitung durch Concular⁷

Concular zu Folge gibt es bereits ein verstärktes Interesse an Rückbau und Wiederverwendung auch bei größeren Unternehmen. Herausforderungen waren dabei vor allem zum einen das Unwissen darüber, was in bestehenden eigenen Gebäuden noch vorhanden ist. Zum anderen werden gerade für Großbauten viele identische Komponenten benötigt. In Bezug dazu sind die Vermittlung und Verfügbarkeit von entsprechenden Bauteilen weitere Hürden. Hier setzen Unternehmen wie Concular an. Neben

⁷ Auf Anfrage erhaltene Information aus einer Präsentation über die Arbeit von Concular.

der Beratung, ob ein Rückbau und Neubau wirklich notwendig sei, werden Gebäudegutachten angeboten, um wiederverwendbare Komponenten zu ermitteln und bei der Organisation des Rückbaus und dem Einsatz gebrauchter Bauteile zu unterstützen [16].

BIM

Eine weitere Unterstützung kann durch das auf künstlicher Intelligenz (KI) beruhende Building Information Modelling (BIM) geleistet werden. Hierbei wird „ein digitales, dreidimensionales Abbild des Gebäudes und aller seiner Bestandteile erstellt“, ein sogenannter digitaler Zwilling [1, S. 26 f.]. Dies wurde beispielsweise beim Bau des Kreisarchivs in Viersen, wie in Kapitel 4.1.8 beschrieben umgesetzt.

Im Gegensatz zu Materialpässen kann die Erstellung eines BIM bereits vor dem eigentlichen Bau angefertigt werden und mit Informationen über „Emissionswerte, Konstruktionsweise und Rückbaubarkeit“ eine Entscheidungshilfe im Planungsprozess darstellen [1, S. 27]. Maßnahmen können somit hinsichtlich ihrer Auswirkungen simuliert werden und optimiert umgesetzt werden [4, S. 105]. Es wird davon ausgegangen, dass „der Einsatz digitaler Werkzeuge sowie das Erheben und Verwalten großer Datensätze die Grundvoraussetzung einer funktionierenden Kreislaufwirtschaft sein [werden].“ [28, S. 97]

Allgemein bietet die Digitalisierung einige Chancen Prozesse zu vereinfachen und mehr Sicherheit zu gewährleisten in Bezug auf Verfügbarkeiten und Kosten. Durch digitales Vermessen können genauere 3D-Modelle angefertigt werden, welche für komplexe Rückbauschritte eine Unterstützung darstellen können. Zudem gibt es bereits Scantechnologien, welche das Erfassen der verwendeten Materialien und deren Zustand ermöglichen [4, S. 108]. Durch das Stärken digitaler Strukturen kann das Rückbauen und Wiederverwenden erleichtert und somit in größerem Maßstab umgesetzt werden. Ein Beispiel für bestehende Forschung in diesem Bereich ist das europäische „BIM-Speed-Projekt“, bei welchem Prozesse entwickelt werden, welche Renovierungen beschleunigen und energieeffizienter gestalten soll [4, S. 109].

Baubüro in situ

Neben den wiederzuverwendenden Materialien braucht es auch Planungsbüros, die deren Einsatz in die Anwendung bringen. Hier ist das Schweizer Baubüro in situ⁸ zu nennen, welches auch an einigen Projekten aus dieser Arbeit beteiligt war und seit über 20 Jahren im Bereich der Wiederverwendung aktiv ist [34]. In situ unterstützt die Bauherrschaft bei der Suche nach passenden Materialien und führt Bestandsaufnahmen durch [24, S. 45]. Das Büro ist auf die Arbeit mit Bestandsgebäuden spezialisiert. Außerdem setzen sie ihre Projekte i.d.R. „in enger Zusammenarbeit mit den zukünftigen NutzerInnen“ um und sind oftmals längerfristig engagiert [35].

Drees & Sommer

Abschließend sind Beratungsunternehmen wie beispielhaft Drees & Sommer aufzuführen. Dieses versteht sich als „Bindeglied zwischen Investoren, Bauherren, Architekten und Produktherstellern“ [36]. Fokussiert auf den C2C-Ansatz wird Unterstützung in Planung, Bau und Betrieb angeboten. Zusammen mit dem Baustoffkonzern Heidelberg und dem Forschungsinstitut EPEA wird aktuell in Heidelberg ein Vorzeigeprojekt realisiert. Auf ehemalige Militärkasernen aus den 1950er Jahren sollen neue Wohnblöcke mit Platz für rund 10.000 Personen folgen bei Wiederverwendung des bisher dort verbauten Materials. Dies wird unter anderem über die Anwendung eines Baustoffkatasters ermöglicht, in welchem rund 466.000 Tonnen Material erfasst werden. Damit stellt es das bisher größte Projekt dar, bei welchem ein solches Kataster angefertigt und genutzt wird. Zudem wurden Steckbriefe der einzelnen Gebäude erstellt und digital mit Daten der damals verbauten Baustoffe verknüpft. Stichproben der Materialien vor Ort überprüfen diese Datengrundlage. Wiederverwendet werden sollen vor allem „Beton, Mörtel und Verputz, aber auch Ziegel“ [19]. Beweggründe der Stadt für dieses Projekt waren neben dem erschwerten Finden von Entsorgungsmöglichkeiten auch die Verschärfung der Marktsituation für neue Rohstoffe.

Das Projekt zeigt somit auf, wie die urbane Mine effektiv und systematisch genutzt werden kann bei Bündelung von Knowhow und Nutzung verschiedener Strukturen von Projektbeginn an [19].

⁸ <https://www.insitu.ch/> (Zugriff am 18.05.2024)

4.4 Umsetzung von Rückbau und Wiederverwendung

Im Folgenden sollen die notwendigen Handlungen zum Einsatz von Altbaukomponenten nach dem Planungsprozess beschrieben und anhand von Materialbeispielen dargestellt werden.

4.4.1 Relevante Aspekte des Rückbaus

Grundlagen und Varianten des Rückbaus

Damit ein neugebautes Gebäude zukünftig als Materiallager in der urbanen Mine dienen kann, muss es rückbaubar umgesetzt werden. Dies ist unter dem »Design for Disassembly«-Prinzip bekannt und ein wesentlicher Punkt des kreislauffähigen Bauens [8, S. 43]. Generell braucht es für die Bauteilernte aus Bestandsgebäuden ausführliche Rückbauplanungen und Vorbereitungen [1, S. 15]. Wenn Neubauten rückbaubar errichtet werden, ist es sinnvoll direkt beim Bau ein entsprechendes Rückbaukonzept zu erstellen und zu hinterlegen [8, S. 47]. Da jedoch zum Zeitpunkt des Rückbaus das Vorliegen weiterentwickelter Techniken wahrscheinlich ist, wird das Aktualisieren und flexible Anpassen solcher Pläne empfohlen [8, S. 49].

Zwischen einem Abriss und dem vollständigen Rückbau eines Gebäudes gibt es unterschiedliche Abstufungen. Diese sind in Abbildung 13 unter Vergleich von ökonomischen und ökologischen Werten, sowie sozialer und kultureller Aspekte dargestellt, welche bei einem vollständigen Rückbau am stärksten berücksichtigt werden.

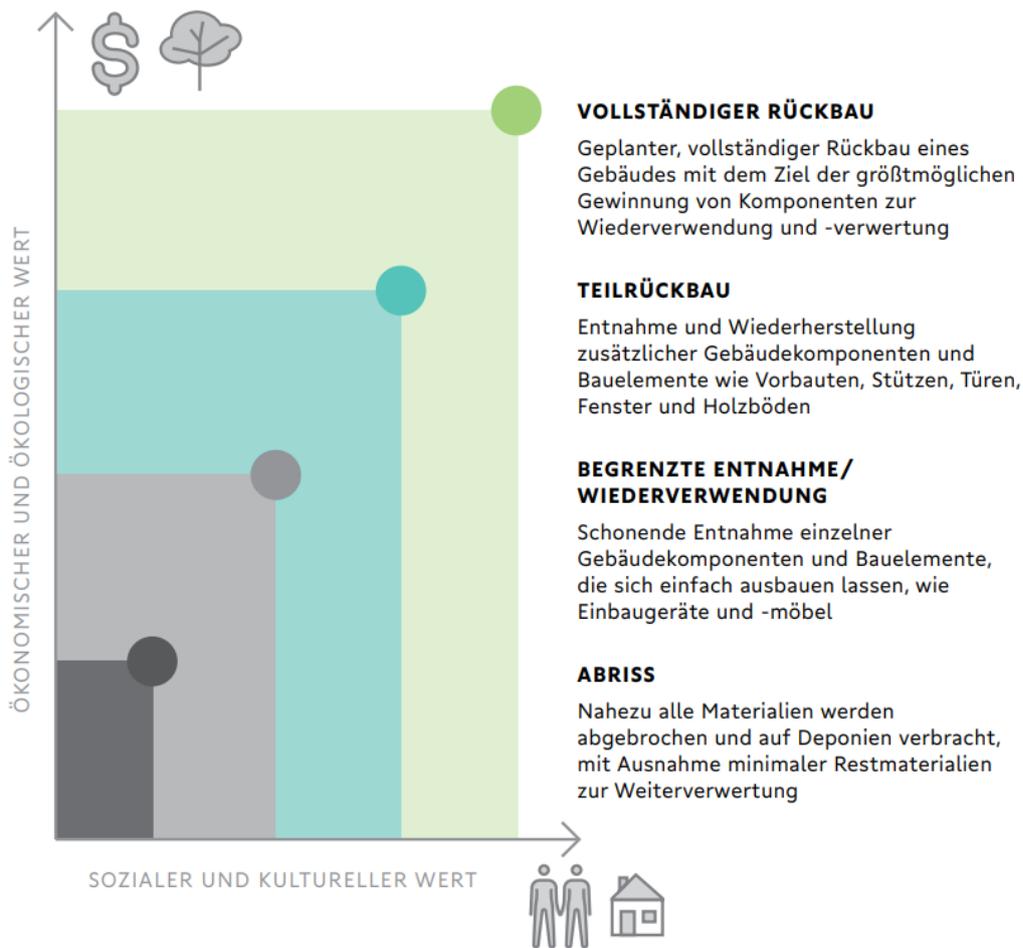


Abbildung 13: Rückbauvarianten [24, S. 32]

Abbildung 5 zeigt somit die Ziele und Vorteile des Rückbaus gegenüber dem Abreißen von Gebäuden. Bei einem Abriss werden bisher standardmäßig alle Materialien gemischt vor Ort auseinandergebrochen und zerkleinert, wobei im Folgenden Deponien eine wichtige Rolle für den Verbleib des Abbruchmaterials spielen. Durch den zeitlichen Druck in der Bauwirtschaft und bisherige hohe Rückbaukosten, werden Materialien meist nicht getrennt erfasst, sondern verbleiben als Mischung. Dadurch stellt die Beseitigung durch Deponierung oder Verbrennung oft den einzigen möglichen Verbleib des Abbruchmaterials dar.

Einen Schritt weiter gegangen wird, wenn vor dem Rückbau auf Basis von Begehungen einzelne Bauteile ermittelt werden, welche getrennt ausgebaut werden können, bevor das Gebäude abgerissen wird. Dies ist in der Grafik unter „begrenzte Entnahme/Wiederverwendung“ dargestellt.

Generell ist auch ein Teilrückbau möglich. Hierrunter wird beispielsweise das Abtragen einzelner Stockwerke verstanden [27, S. 4]. Dies kann sich vor allem lohnen, um den Speicher für die in der Tragwerksstruktur gebundenen grauen Energie zu erhalten. Dadurch können zum Beispiel die in die Jahre gekommenen Plattenbauten einen neuen Wert erhalten. Die rückgebauten Komponenten, wie beispielsweise Betonplatten, werden je nach Eignung in neuen Gebäuden eingesetzt [27, S. 18]. Bei diese Vorgehensweise hat sich das industrielle Bauen mit standardisierten Bauteilen als vorteilhaft erwiesen, da diese leicht wiedergewonnen und ausgetauscht werden können [27, S. 28].

Der vollständige Rückbau stellt die werterhaltendste Variante im Umgang mit Gebäuden am Ende ihres Lebensweges dar. Im Vergleich zum Abriss werden hierbei weniger Staubemissionen frei, es stellt jedoch aktuell einen höheren finanziellen, zeitlichen sowie Arbeitsaufwand dar [27, S. 21f.]. Der zu beachtenden Ablauf eines Rückbaus wird vom UBA weiter erläutert und kann hier nicht näher ausgeführt werden [15, S. 44].

Allgemein können die Varianten des Rückbaus „die Entstehung von Abfällen verhindern, Baustoffe in den Markt zurückführen und so das Paradigma der Kreislaufwirtschaft in der Baubranche fördern.“ [24, S. 32]

Prüfungen zur Wiederverwendung

Ein Fokus der Arbeiten im Rückbau liegt auf der Schadstoffprüfung der Bausubstanz, wobei „die Erstellung eines Schadstoffkatasters (...) die Basis für Planung und Ausschreibung der Rückbaumaßnahme [bildet].“ [8, S. 52] Unter einem Schadstoffkataster wird hierbei die Erfassung der „Schadstoffarten, deren Fundstellen und flächige Ausdehnung, die Belastungshöhe und die sich daraus ergebenden Massen“ verstanden [26, S. 83]. Die Durchführung der Prüfungen ist in entsprechenden Normen geregelt. Im Allgemeinen ist analog zu der Betrachtung vor dem Rückbau eine erneute visuelle Untersuchung nach der Demontage durchzuführen, um eine Beschädigung der Komponenten durch den Rückbau auszuschließen [27, S. 27]. „Bei sachgemäßem Rückbau, Transport und Zwischenlagerung“ steht einer Wiederverwendung nichts im Weg [27, S. 27]. Generell kann von einer grundlegenden Eignung vieler Bauteile für eine Wiederverwendung gesprochen werden, unabhängig von speziellen Bauausführungen. Vielmehr spielt die Einbettung in die Gebäudekonstruktion eine entscheidende

Rolle, „die im Wesentlichen durch den Baustoff selbst und das damit verbundene Vorgehen bei der Bauweise mit einem bestimmten Baustoff vorgegeben wird.“ [13, S. 7] Generell spielt auch das Alter der gebrauchten Komponenten eine Rolle sowie deren prognostizierte zu erwartende Lebenszeit, ob sich ein werterhaltender Rückbau noch lohnend ist. Bei Dachelementen beispielsweise ist ein erneuter Einsatz nur sinnvoll, wenn die Komponenten für „mindestens weitere 40 Jahre“ in ihrem Einsatzgebiet geeignet sind [15, S. 63].

Lagerung der ausgebauten Bauteile

Nach dem Ausbau der Komponenten vergeht bis zum Wiedereinbau i.d.R. eine gewisse Zeit, für welche Lagerkapazitäten von Nöten sind, da ein fließender Übergang meist nicht realisierbar ist. Selbst bei der am naheliegendsten Anwendung, wenn der Rückbau eines Gebäudes mit einem anschließenden Neubau am gleichen Standort einhergeht und die Materialien vor Ort im gleichen Projekt wiederverwendet werden, sind Lagerkapazitäten notwendig. Hierbei ist eine Vernetzung von großer Bedeutung. In manchen Fällen können hier die Unternehmen Aushilfe leisten, die auch den Rückbau durchgeführt haben. Die passende Infrastruktur ist somit ein weiterer wichtiger Punkt in der Planung und Umsetzung zur Wiederverwendung.

Generell wird es empfohlen einen Neubau mit einem konkreten Rückbauprojekt und den entsprechenden Komponenten zu verbinden [27, S. 28]. Architekt*innen wird so ermöglicht die verfügbaren Elemente des Spendergebäudes in den Entwurf des Neubaus zu integrieren. Die enge Zusammenarbeit und Kommunikation mit den Rückbauunternehmen hat dabei eine besonders hohe Wichtigkeit [26, S. 29]. Praktisch ist zudem, wenn die selbe Firma für Rückbau und Wiederneubau zuständig ist [27, S. 29].

Akteur*innen im Rückbau

Dem Baukulturbericht 22/23 zur Folge wird durch Rückbau und Wiederverwendung der „im ursprünglichen Gebäude verkörperte Bau- und Handwerkskunst, [der] darin verwendeten Materialien und [der] mit ihm verbundene(n) Geschichte(n) eine angemessene Wertschätzung“ zuteil, begleitet von „umweltfreundliche[n] Arbeitsplätze[n]“ [24, S. 32]. Der Bedarf an Arbeitskräften verlagert sich hierbei von typischen Abrissarbeiten beispielsweise mit Baggern hin zur Entsendung von Expert*innen in Bezug auf Materialien, deren Eigenschaften und zukünftige Eignung für einen erneuten Einsatz. Neben Fachfirmen für den Rückbau existieren auch Organisationen, wie das im

amerikanischen Oregon gelegene ReBuilding Center⁹, welche sich für die lokale Wertschätzung von Baumaterialien einsetzen. Ein Beispiel für die angesprochenen wichtigen Netzwerke stellt CROWD dar, ein Bündnis namens „Circularity, Reuse, and Zero Waste Development“ aus Privatpersonen und Unternehmen, welches sich „für Rückbau, Wiedergewinnung und Wiederverwendung als Alternativen zum herkömmlichen Abriss“ einsetzt [24, S. 31]. Das Partnernetzwerk ist auf der Ebene der amerikanischen Kommunalpolitik aktiv und hat sich zum Ziel gesetzt „anfallenden Bauschuttmengen messbar zu machen und sinnvoll zu reduzieren“ [24, S. 31].

4.4.2 Rückbau und Wiederverwendung am Beispiel zweier Baukomponenten

Für die Beschreibung der Wiederverwendung bestimmter Komponenten kann auf die Publikation „Instrumente zur Wiederverwendung von Bauteilen und hochwertigen Verwertung von Baustoffen“ des UBA zurückgegriffen werden. Diese führt folgende Komponenten auf: „Außenfenster, -türen, -tore, Innentüren, Treppen, Bodenbeläge, Dach/Wände, Wärmeerzeuger/Heizkörper, Sanitäreinrichtungen, Pflastersteine und Sonstiges sowie Umwehrgung: Zäune/Tore und Geländer“ [15].

Im Folgenden wird beispielhaft näher auf die Wiederverwendung von Beton- und Holzkomponenten eingegangen. Gerade Holz wird in vielen der Projektbeispiele wiederverwendet. Die Wiederverwendung von Beton zu betrachten, ist vor allem aus energetischer Sicht interessant.

Beton

Concular zeigt auf, dass Beton, trotz immenser Auswirkungen auf THG-Emissionen, ein wichtiger Baustoff ist. Die Problematik liegt jedoch auch darin, dass dieser als Gussbeton individuell ausgebracht und verbaut wird [16]. Bei dieser Anwendungsform stellt das Recyceln des abgebrochenen Betons die einzige Wiederverwendungsmöglichkeit dar [27, S. 25]. Aufgrund der hohen Bedeutung von Beton in dem Bausektor wurde ein Projektbeispiel in die Sammlung in dieser Arbeit aufgenommen, welches das Recyceln und Wiederverwenden veranschaulicht (Projekt Korbach).

⁹ <https://www.rebuildingcenter.org/>

Abgesehen vom Betonrecycling stellen Betonfertigteile, wie sie Betonplatten darstellen, eine Chance für die Wiederverwendung dar. Hier kann nach Lebensende des Gebäudes ein Ausbau vollzogen und somit eine längere Nutzung als bei bisher überwiegend verwendetem Gussbeton realisiert werden. Betonfertigteile stellen somit eine nachhaltigere Variante dar, um auf den praktischen Baustoff nicht verzichten zu müssen [16].

Bereits im Jahr 2010 wurde eine Arbeit über das Wiederverwenden von Betonplatten aus nicht mehr genutzten Plattenbauten in den neuen Bundesländern veröffentlicht. Hintergrund waren existierende Wohnungsleerstände, die eine Stadterneuerung erforderten [27, S. 3]. Die bestehenden Gebäude wurden als monoton angesehen und entsprachen nicht mehr den aktuellen Wohnbedürfnissen [27, S. 11]. Im Jahr 2000 startete ein Forschungsprojekt namens „Rückbau industrieller Bausubstanz – Großformatige Betonelemente im ökologischen Kreislauf“ [27], um Erkenntnisse über die Wiederverwendung entsprechender Komponenten zu sammeln, welche bis dahin nicht vorhanden war [27, S. 12].

Für einen Rückbau der Betonplatten sind Untersuchungen beispielsweise der Dauerhaftigkeit und des Schadstoffgehalts durchzuführen. Letzteres ist insbesondere für Dachplatten relevant, um das Vorliegen teerhaltiger Substanzen auszuschließen. Hierbei wurden Empfehlungen für das explizite Vorgehen des Rückbaus verfasst [27, S. 19]. Vor einem Wiedereinsatz ist die Erfüllung heutiger Normen zu überprüfen z.B. im Bereich des Schallschutzes [27, S. 25]. Die Ergebnisse zeigten, dass im Umgang mit den wiederverwendeten Baukomponenten „der Gestaltungsspielraum v. a. im Hausbau (...) sehr viel größer [ist], als erwartet“ [26, S. 218]. Für Rückbau und Wiederverwendung ist „fast das gesamte Altbetonfertigteilsortiment nutzbar“, wie Deckenelemente, tragende Innen- und Außenwandplatten ohne Dämmschicht, Treppenläufe und -podeste sowie Dachelemente [37, S. 152 f.].

Die Betonplatten war überwiegend qualitativ hochwertig und eigneten sich sowohl für den Einsatz im Innen- als auch im Außenbau [27, S. 26]. Einzuhaltenden Werte beispielsweise bei der Traglastfähigkeit wurden meist deutlich eingehalten. Herausforderungen ergaben sich in den Bereichen Schall- und Wärmeschutz [27, S. 26]. Letzterer eröffnen auf der anderen Seite allgemein auch ein breites Anwendungsgebiet, durch die Notwendigkeit einer Wärmeschutzfassade, wodurch die Platten versteckt werden können. Das Verkleiden ist auch bei Innenwänden möglich [27, S. 30]. Je nach

Eigenschaften der Platten und damit einhergehende zu erfüllende Anforderungen, können die Betonbauteile in verschiedenen Bereichen wie als Innenwand oder Decke eingesetzt werden [27, S. 27]. In der Arbeit wurde die Nachnutzbarkeit von Betonelementen in Wohn- und Mehrzweckbau, in Landschafts- und Parkanlagenbau, in Umweltschutzbauten (Lärmschutzwälle, Deichbau) und im Landwirtschaftsbau (Silos unter anderem) nachgewiesen [27, S. 30].

Die Forschung geht auch heute noch weiter. Ein Beispiel ist das Projekt "ReCreate – Reusing precast concrete for a circular economy", in welchem in Zusammenarbeit mit anderen Ländern nach Wegen gesucht wird den CO₂-Ausstoß bei der Betonverwendung zu reduzieren. „Ein zentrales Ziel des Projekts ist es, eine digitale Datenbank zu etablieren, die es ermöglicht, demontierte Betonelemente bei zukünftigen Bauvorhaben passgenau abrufen zu können.“ [38]

Holz

Holz ist allgemein ein sehr vielseitiger Baustoff, welcher schon seit langer Zeit beim Bau von Gebäuden verwendet wird und in verschiedenster Art und Weise wiederverwendet werden kann [15, S. 104]. Die Wiederverwendung von Holzkomponenten ist somit sehr erprobt, was an der Tätigkeit, der in Kapitel 2.2.2 vorgestellten Unternehmen im Altholzhandel deutlich wird, aber auch an vielen Projektbeispielen aus dieser Arbeit, wie beispielsweise im Projekt Karlsruhe.

Holz kann in Gebäuden sowohl in der Tragstruktur als auch im Innenausbau Anwendung finden. Konstruktionsholz spielt heutzutage vor allem für Wohngebäude in Fertigbauweise eine bedeutende Rolle [15, S. 104]. In einer Publikation vom UBA ist eine Übersicht über „die heute üblichen und in der Zukunft bei Abbruch-/Rückbau- oder auch Umbauarbeiten anfallenden Vollholzprodukte“ verfügbar [15, S. 106]. Während in der UBA-Publikation von 2015 für Holz ein Wiederverwendungspotential mit „geringe[m] Stellenwert“ [15, S. 111] aufgezeigt wurde, lässt sich mittlerweile eine stärkere Realisierung der Wiederverwendung von Holzbauteilen erkennen.

Allgemein sind an Altholz die gleichen Anforderungen zu stellen wie an neue Holzbauteile. Je nach Einsatzbereich des wiederverwendeten Holzbauteils sind bauteilbezogene Parameter zu berücksichtigen, wie die Oberflächenbeschaffenheit, der Feuchtegehalt und die Festigkeit. Der Umfang der Bauteilprüfung kann jedoch durch den zukünftigen Einsatzzweck angepasst werden [15, S. 107]. Außerdem müssen

„Anforderungen an die Demontage (...) und Lagerung“ erfüllt werden [15, S. 108]. Die Lagerungsbedingungen sollten hierbei trocken sein und der vorausgehenden Einbaulage entsprechen [15, S. 112].

Ein wichtiger Punkt sind weiterhin Bauteilprüfungen wie die Untersuchung auf Schadstoffgehalte, welche von Holzschutzmitteln ausgehen können, aber auch Kontaminationen aus vorausgehender Nutzung sind möglich. Hierbei sind Holzkomponenten mit giftigen Bestandteilen grundsätzlich von einer Wiederverwendung ausgeschlossen [15, S. 107]. Herausforderungen für die Wiederverwendung ergeben sich aktuell aus der rechtlich geforderten Garantie, „dass vom Holz keine Umwelt- u./o. Gesundheitsschäden ausgehen“ dürfen [15, S. 111] und das auf Baustellen nicht immer eine Trennung von belastetem und schadstofffreiem Holz praktiziert wird [15, S. 116]. Um das verwendete Holzschutzmittel zu bestimmen, sind individuelle Prüfungen notwendig, da Holzschutzmittel auch für Privatpersonen leicht erhältlich und anwendbar sind. Dokumentationen über verwendete und gefundene Schadstoffe in Bestandsgebäuden sind hierbei sehr hilfreich [15, S. 112]. Zum Schutz von Holzbauteilen werden bereits Alternativen erprobt, wie beispielsweise eine Imprägnierung auf Pilzbasis, welche im Projekt Karlsruhe für das Fassadenholz verwendet wurde. In Abbildung 14 sind Entscheidungskriterien für die Wiederverwendung von Holzbauteilen als Fließschema dargestellt.

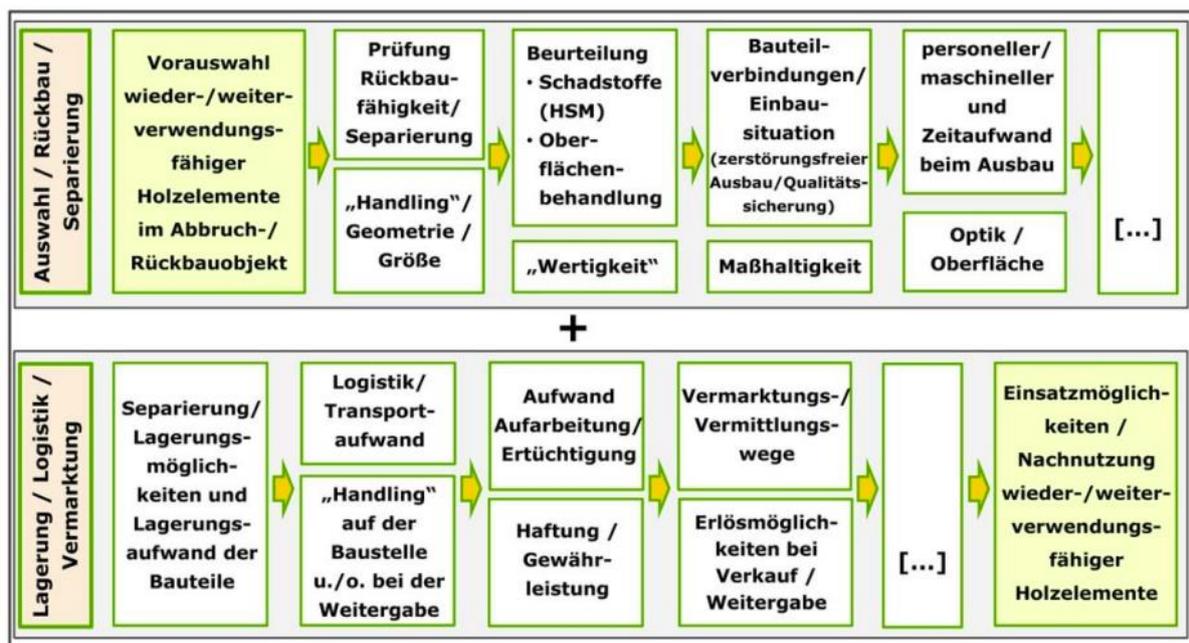


Abbildung 14: Entscheidungshilfe: Einsatz von Altholzbauteilen [15, S. 113]

Sind die Anforderungen erfüllt, eignet sich Holz sehr gut zur Wiederverwendung aufgrund irrelevanter „Schwind- bzw. Verformungsverhalten“ und beispielsweise vor Schädlingsbefall schützender Inhaltsstoffe [15, S. 110 f.]. Vor der Wiederverwendung kann je nach Bauteil ein erneuter anpassender Zuschnitt erfolgen. In der Regel findet sich die letzte Anwendung „bis zum endgültigen Verschleiß“ als Verschalung von Gebäuden [15, S. 109]. Generell bieten sich Gebäude in Holzbauweise für einen Rückbau an „aufgrund ihres Gewichts und des Vorgehens bei der Errichtung und der häufigen Verwendung von wieder trennbaren Verbindungen“. Sie sind hierbei besser geeignet als beispielsweise Häuser mit Mauerwerk [13, S. 8].

Holz kann auf vielerlei Weise befestigt werden, von welchen die meisten für eine Demontage geeignet sind wie beispielsweise gesteckte oder verkeilte Verbindungen sowie Befestigungen über Stahlprofile und Schrauben [15, S. 112]. Bei erneutem Einsatz sind diese ebenso rückbaubar zu gestalten, und somit ist auf Nagel- und Klebverbindungen zu verzichten [15, S. 116].

Allgemein trägt das lange Im-Kreislauf-Halten von Holzbauteilen zur Speicherung von CO₂ bei, wobei unbehandeltes Holz zudem am Ende seines Lebenszyklus kompostierbar ist und in den biologischen Kreislauf zurückgeführt werden kann.

In Bezug auf weiterführende Forschungen hat das Land Baden-Württemberg das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) 2022 mit der Erarbeitung eines „einheitlichen praxisorientierten Leitfadens“ [13, S. 14] beauftragt zur „Vorbereitung der Wiederverwendung von bestimmten Bauprodukten des Holz- und Stahlbaus“ [13, S. 7].

5 Analyse der Wiederverwendung von Altbaukomponenten in der Praxis

5.1 Interviews mit Unternehmen im Gebrauchtholzhandel

Bezogen auf eine Materialquelle für wiederverwendbare Bauteile, hat sich als Nische der Handel mit antiken Baustoffen etabliert. Hierbei handelt es sich meist um Holz aber auch um wertvolle Komponenten, die in die Kategorien Vintage und Antiquitäten fallen wie beispielsweise Leuchten oder Fenstergriffe. Im Rahmen dieser Arbeit wurden drei Interviews mit Unternehmen geführt, welche im Bereich des Handels und der Aufbereitung von antiken Baumaterialien tätig sind. Die Protokolle zu den Gesprächen finden sich in Anhang 1.

Als Hauptbeweggründe für die Tätigkeit in diesem Bereich wurden, anders als beim nachhaltigen Bauen, nicht Aspekte wie Ressourcenschonung und Treibhausgasauswirkungen genannt. Vielmehr stehen hier die Ästhetik und der Charme von beispielsweise alten Eichenbalken in Vordergrund. Auch wenn Kunden teilweise mit dem Wunsch nach nachhaltigen Baukomponenten an die Unternehmen herantreten, stellen diese eine Minderheit dar. Außerdem werden viele Menschen von den zu zahlenden Preisen abgeschreckt, weshalb sich vor allem Liebhaber mit dem Hang zu antiken Objekten zu den Kunden zählen.

In einem Gespräch wurde mit Blick auf ein zukünftiges Erstarken von Rückbau und Aufbereitung von Altbaukomponenten der Bedarf einer speziellen Aus- oder Weiterbildung in diesem Bereich laut. Hier sind Möglichkeiten zu schaffen, um das neu erforschte Wissen und die gemachten Erfahrungen an die in der Praxis Agierenden Personen weiterzugeben [4, S. 103]. Es wird somit deutlich, dass die in dieser Arbeit vorgestellten Rahmenbedingungen und Herausforderungen auch von Unternehmen aus der Praxis aufgeführt werden und präsent sind. Der Handel mit unter anderem antikem Gebrauchtholz stellt somit eine Chance dar, die Wiederverwendung und die Wertschätzung von Baukomponenten auch in Baubereichen zu stärken, in welchen Nachhaltigkeit nicht prioritär ist.

5.2 Best-Practice-Projekte

Kern dieser Arbeit war das Recherchieren nach Bauprojekten, in welchen wiederverwendete Baukomponenten eingesetzt sind. Hierbei unterscheidet sich die Datenlage teilweise deutlich. Die meisten Projekte haben einen Bezug zu Forschungsfragen. Andere Projekte sind von Privatleuten, Kommunen, Genossenschaften und Investoren umgesetzt worden. Zu vielen Projekten gibt es eigene Homepages. Wenn die Umsetzungen einen wissenschaftlichen Bezug hatten, findet sich zudem häufig ein Projektbericht. Der Großteil der Bauten wurde im Sinne ihrer Vorbildwirkung mit Preisen ausgezeichnet. So sind auch über Jurybewertungen und Wettbewerbsteilnahmen Informationen zu den Projekten erhältlich. Weiterhin war die Recherche über Förderungen im Bereich des nachhaltigen Bauens erfolgreich. Zu jedem Projekt wurde ein Steckbrief angefertigt nach dem hier zu sehenden Aufbau aus Tabelle 2. Um den Lesefluss nicht zu beeinträchtigen, finden sich die Steckbriefe sowie weitere Bilder zu den einzelnen Projekten im Anhang. Wenn zu einem Punkt des Steckbriefs keine Informationen ermittelt werden konnten, ist dies mit einem „k.A.“ versehen.

Tabelle 2: Steckbrief Vorlage

Projekt: Bild
<ul style="list-style-type: none"> • Objekt: • Ort: • Bauherr*in: • Architektur: • Nutzfläche/ umbauter Raum: • Fertigstellung:
Wiederverwendete Baukomponenten - Rohbau/Fassade/Dach
<ul style="list-style-type: none"> • Z.B. Fassade aus alten Eichenbalken aus Abbruchgebäuden
Wiederverwendete Baukomponenten - Fenster/Türen
<ul style="list-style-type: none"> • Z.B. Fenster aus Lagerbeständen
Wiederverwendete Baukomponenten - Innenausbau
<ul style="list-style-type: none"> • Z.B. Sanitärobjekte
Gesamtmenge an wiederverwendetem Material
<ul style="list-style-type: none"> • Z.B. 100 %
Sonstiges
<ul style="list-style-type: none"> • Z.B. CO₂-Einsparung

5.2.1 Projekte aus Deutschland

Im Folgenden werden zunächst exemplarische Projekte aus Deutschland vorgestellt, in welchen wiederverwendete Baukomponenten Anwendung finden. Eine Übersicht über die betrachteten Projekte findet sich in Tabelle 3.

Tabelle 3: Übersicht Projekte aus Deutschland

Kapitel	Projektname (Ort)	Fertigstellung	Wiederverwendete Baukomponenten
5.2.1.1	Bauhäusle (Projekt Stuttgart)	1981	Holz, Fenster, Traktorfelge
5.2.1.2	Stadtvillen Cottbus (Projekt Cottbus)	2000	Betonbauplatten
5.2.1.3	Verwaltungsgebäude und Betriebshof in Neustadt in Holstein (Projekt Neustadt)	2018	Holz, Bürotrennwände, Kacheln, historische Säule, alte Fischernetze, Altglas
5.2.1.4	Recyclinghaus Hannover (Projekt Hannover)	2018	Holz, Türen, Ziegelsteine, Waschbecken, Profilbaugläser, Jutesäcke
5.2.1.5	Casa Rossa (Projekt Chemnitz)	2018	Betonstürze, Gesimse, Stahlträger, Türen, Ziegelmauerwerk, Ziegel, Mauerwerk
5.2.1.6	Rathaus Korbach (Projekt Korbach)	2018	Beton, Mauerwerk, Estrich, Fliesen
5.2.1.7	RoofKIT (Projekt Karlsruhe)	2021	Holz, Kupfer, Fenster, Tür, Sanitärobjekte, Stahl,
5.2.1.8	Kreisarchiv Viersen (Projekt Viersen)	2022	Backsteine, Gussasphalt
5.2.1.9	CRCLR-Haus Berlin (Projekt Berlin)	2020	Stahlträger, Blech, Glas, Fassadenbekleidung, Fachwerk- und I-Träger, Fenster, Schiebetür, MDF-Platten, Sanitärobjekte,

5.2.1.10	De Tokomen Tied (Projekt Bremerhaven)	2024	Klinker, Glasbausteine, Altfenster, Fliesen
5.2.1.11	4R Haus (Projekt Bedburg)	In Planung	Klinker, Glasbausteine, Backsteine, Fenster, Fliesen

5.2.1.1 Bauhäusle – Projekt Stuttgart

Ein Studierendenwohnheim von Studierenden für Studierende, das ist das Bauhäusle des Studierendenwerks der Universität Stuttgart. Im Jahr 1980 überlegten sich zwei Professoren ein Projekt, um den Architekturstudierenden die Praxis des Bauens und Konstruierens näher zu bringen. Auch aus finanziellen Gründen kam die Idee auf, schon bestehende Komponenten zum Bau zu nutzen, welche zum großen Teil gespendet wurden. Entstanden ist ein dynamisches und kreatives Wohnheim, welches die Bewohnenden ihren Bedürfnissen anpassen und wo sie eigene Ideen umsetzen können [39]. Kernelemente des Wohnheims wie Technikraum und Sanitäreinrichtungen wurden von Angestellten des Lehrstuhls geplant [39]. Gebaut wurde das Bauhäusle „hauptsächlich aus Recycling-, Naturmaterialien“ und aus Holz, welches zu meist wiederverwendet wurde [40]. Die Datenlage und Informationen über die einzelnen Komponenten sind hierbei recht begrenzt und auch auf Nachfrage konnten keine weiteren Details erhalten werden.

Das Projekt zeigt heute vor allem: Wiederverwendung ist keine neue Idee. Durch Kreativität können Komponenten vor der Entsorgung bewahrt werden und einen Mehrwert bieten, der individuelle Gestaltungen hervorbringt, wodurch sie gut zum Bauhäusle passen.



Abbildung 15: Bauhäusle Stuttgart¹⁰

5.2.1.2 Stadtvillen Cottbus – Projekt Cottbus

Im Jahr 1997 wurde in Cottbus ein städtebaulicher Vorgehensplan als wesentliche Grundlage für den Umgang mit in die Jahre gekommenen Plattenbauten und dem vorherrschenden Wohnungsüberschuss entworfen. Betrachtet wird ein Beispiel aus Cottbus-Sachsendorf-Madlow, bei welchem aus drei Plattenbauten die sogenannten Stadtvillen Cottbus entstanden sind. Hierbei handelt es sich um fünf Mehrfamilienhäuser mit insgesamt 13 Wohnungen. „Zwei von drei Plattenbauhochhäusern [wurden] grundlegend saniert und aufgewertet“, das Dritte wurde demontiert und ein Drittel dessen Komponenten wiederverwendet [41]. Wiederverwendet wurden Innen- und Außenwände, aber auch Treppenläufe und Podeste, sowie Sanitärzellen, welche neben ihrem ursprünglichen Einsatzzweck auch als Geräteschuppen im Garten eingesetzt wurden [37, S. 153]. Die Umgestaltung des Wohnraums war wegen veränderten Anforderungen notwendig und hat zu einer Aufwertung der Umgebung geführt mit besserer Belichtung, mehr Begrünung sowie vielfältigeren Wohnformen. Die Umsetzung „zeigt eine Alternative jenseits von kurzlebiger Fassadenkosmetik und vollständigem Abriss auf“ [41].

¹⁰ Bildquelle: <https://tse2.mm.bing.net/th?id=OIP.wsDwKkbOF3oLJ9QQtucqSQHaFh&pid=Api> (Zugriff am 02.02.2024)



Abbildungen 16a und 16b: Stadtvillen Cottbus¹¹

5.2.1.3 Verwaltungsgebäude und Betriebshof in Neustadt in Holstein – Projekt Neustadt

Mit dem Ziel Kreislaufwirtschaft zu realisieren, entstand in Neustadt in Holstein ein neuer Betriebshof der Stadtwerke mit einem Nachhaltigkeitskonzept. Der Bedarf an mehr Platz für Büros mit flexibel anpassbarer Raumgestaltung wurde durch einen nachhaltigen Bau mit wiederverwendeten sowie Recyclingbaustoffen und nachwachsenden Rohstoffen erfüllt [42]. Der Anspruch war „ein detailliertes Nachhaltigkeitskonzept, das die Gesichtspunkte Klimaneutralität, CO₂-Abdruck – in der Betriebs- wie in der Herstellungsphase –, Materialverbrauch und Abfallaufkommen beinhaltet“ [42], um ein „Null-Emissions-Gebäude in nachhaltiger Bauweise“ zu realisieren [43]. Umgesetzt ist dies unter anderem mit wiederverwendeten Baukomponenten wie Holz für die Fassade, Fliesen, einer historischen Stützsäule und gebrauchten Bürotrennwänden, die eine dem Bedarf gerechte Umgestaltung der Raumaufteilung erlauben. Der Bau zeigt vorbildlich, was von Kommunen realisiert werden kann [43]. Insgesamt handelt es sich um drei Gebäude in Massivholzbauweise. Für die Holzbaustoffe wurde auf Altholzlieferanten zurückgegriffen [42].

Herausforderungen der Wiederverwendung wurden insofern deutlich, dass Pläne immer wieder angepasst und ergänzt werden mussten, sowie kurzfristige

¹¹Bildquelle: <https://cms.dbu.de/inc/phpThumb/phpThumb.php?src=/media/051109101958prug.jpg&w=800> (Zugriff am 30.03.2024)

Entscheidungen von Nöten waren. Da die aus einem Abbruchgebäude in Hamburg stammenden Bürotrennwände niedriger waren als geplant, mussten diese zunächst an die Raumhöhe des neuen Gebäudes angepasst werden. Das Vorgehen wird beschrieben durch die Schritte „Bauteile beschaffen, Kosten kalkulieren, zwischenlagern, den Einbau europaweit ausschreiben und anschließend die Bauteile qualitätsgesichert einbauen“ [43]. Zudem wurde ein innovatives Energiekonzept realisiert unter anderem mit einem gebrauchten Blockheizkraftwerk. Bestandteile wie „dezentrale Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung und ein nachhaltiges Beleuchtungskonzept mit Tageslichtsteuerung“ sorgen zudem für einen hohen Komfort für die Beschäftigten [42].



Abbildung 17: Verwaltungsgebäude Neustadt in Holstein¹²

5.2.1.4 Recyclinghaus Hannover – Projekt Hannover

Das Recyclinghaus Hannover, Finalist des Deutschen Nachhaltigkeitspreises Architektur 2021, ist eine Umsetzung aus Verbindung mehrerer Prinzipien des ressourcenschonenden Bauens sowie einem experimentellen Minimalismus. Es handelt sich um ein zweistöckiges Einfamilienhaus in Niedrigenergie-Ausführung. Das Gebäude zeigt, wie Urban Mining umgesetzt und wie mit herausforderndem Zusammenwirken verschiedener Materialien umgegangen werden kann. Mit wertvollen Erfahrungen im Recyclingbau, wird das Gebäude als Prototyp in diesem Bereich gesehen [44]. Die Quellen der vielfältigen wiederverwendeten Komponenten zeigen, die durch deren Einsatz

¹² Bildquelle: <https://www.proholz.at/holzbauten/architektur/verwaltungsgebäude-und-betriebshof-in-neustadt-in-holstein> (Zugriff am 02.02.2024)

ermöglichte Kreativität für das Bauen. Es finden ehemalige Saunabänke für Holzverkleidungen, Profilglassteine für die Fassade und alten Messebauplatten Anwendung. Bei vielen gebrauchten Komponenten handelt es sich um Fundobjekte aus der Umgebung sowie um Bauteile, die das bauende Unternehmen Gundlach Bau und Immobilien GmbH & Co. KG aus anderen Gebäuden in ihrem Besitz nutzen konnte [8, S. 83]. So stammen die Bauteile für die Fassade von einem abgerissenen Lackierereigebäude. Sanitärobjekte wie Waschbecken konnten von einem ehemaligen Sportcenter gewonnen werden. Die Menge der wiederverwerteten Baukomponenten beläuft sich auf über 50%. Zudem wurde bei der Ausführung auf Rückbaubarkeit geachtet [8, S. 83].



Abbildung 18: Recyclinghaus Hannover¹³

5.2.1.5 Casa Rossa – Projekt Chemnitz

Bei der Casa Rossa handelt es sich um ein im Rahmen einer Zwangsversteigerung gerettetes zunächst marodes Gebäude aus dem Jahr 1910. Die Bauherr*innen, Inhaber eines Architekturbüros, sanierten das Wohngebäude mit 6 Wohnungen, welches zuvor lange leer gestanden war. Zunächst wurden die Standsicherheit und die Bausubstanz des Gebäudes gesichert. Die geziegelten Wände wurden „vom Putz befreit,

¹³ Bildquelle: <https://tse1.mm.bing.net/th?id=OIP.ecSIM-yrWopMw95t8hPyAAHaFV&pid=Api> (Zugriff am 02.02.2024)

mit recycelten Originalziegeln ergänzt und lasiert.“ [45] Das teilweise abzutragende Mauerwerk wurde durch Abbruchziegel ersetzt. Alle Eingangstüren wurden nach Restauration wieder an ihren Ausgangspunkt eingebaut und auch zahlreiche Innentüren konnten wiederverwendet werden. Auch die alte Fassade wurde erhalten durch Restauration des Mauerwerks. Außerdem wurde das Gebäude an aktuellen Standards im Bereich Schallschutz und Energieeffizienz durch Energiekonzept und Dämmung angepasst [46].



Abbildung 19: Casa Rossa¹⁴

5.2.1.6 Rathaus Korbach – Projekt Korbach

Im Gegensatz zu Forschungsprojekten, bei welchen gezeigt werden soll, was im besten Fall alles möglich ist, lag der Fokus in Korbach darauf, das bisher Machbare umzusetzen. Es handelt sich um den Umbau des Rathauses aus den 70er Jahren. Der Altbau wurde selektiv rückgebaut, Materialien wurden sortenrein getrennt und wiederaufbereitet. Ein Großteil der mineralischen Rückbaumaterialien konnte für den Neubau eingesetzt werden. „Das Mauerwerk der nichttragenden Wände sowie Estrich, Fliesen und andere Mineralik wurden (...) ausgebaut und getrennt gelagert.“ [32, S. 80] Teil des Konzepts war das regionale Recycling des Betons und die Wiederverwendung der mineralischen Komponenten unter Berücksichtigung einer rückbaubaren Gestaltung. Durch eine ökologische Bewertung wurde der Einsatz von Recycling-Beton (R-Beton)

¹⁴ Bildquelle: <https://tse2.mm.bing.net/th?id=OIP.IGt4XIdqbuculAyvCFI7IAHaD-&pid=Api> (Zugriff am 02.02.2024)

mit konventionellem Beton verglichen. Bei den verschiedenen Indikatoren konnte festgestellt werden, dass bei einem Einsatz von R-Beton der Materialfußabdruck um 15%, „der Wasserfußabdruck um 5 %, der Energiefußabdruck um 3 % und der Klimafußabdruck um 2 % reduziert“ wird [47, S. 53].

Aufgrund der nicht mehr gegebenen Funktionalität des Gebäudes sowie aus Gründen des Städtebaus, entschloss sich die Stadt Korbach „die Rathouserweiterung aus den 1970er-Jahren [...] abzureißen.“ [4, S. 76] Dank der Erstellung eines ausführlichen Konzepts und wissenschaftlicher Begleitung konnte das Abbruchmaterial in regionalen Betrieben aufbereitet und wiederverwendet werden. Ziel war es den Abriss und Neubau mit Blick auf die „ökologischen Herausforderungen so verträglich wie möglich zu gestalten“ [4, S. 76]. Der neue Anbau ist dabei so konzipiert, dass sich alle Baustoffe nach Ablauf ihrer Lebensdauer sortenrein trennen und ebenfalls wiederverwenden lassen [4, S. 74]. Dieses Projekt war der Initiator für den „Leitfaden für ressourcenschonendes Bauen im Land Hessen“ [8, S. 96].

Durch die begleitende Forschung des Projekts konnte gezeigt werden, „dass die Kosten kreislaufgerechter Konstruktionen über den gesamten Lebenszyklus unter Berücksichtigung von Instandhaltungs-, Rückbau- und Entsorgungskosten niedriger sind als diejenigen vergleichbarer konventioneller Konstruktionen.“ [24, S. 90]

Im vorliegenden Projekt mussten zunächst 1,5% höhere Investitionen getätigt werden unter anderem für kreislaufgerechte Komponenten. „Mit höherem Aufwand hätten noch weitere Maßnahmen umgesetzt werden können, wie beispielsweise wiederverwendbare Holzdielenböden oder Parkett in den Büros.“ [24, S. 90] Durch die geänderten Bedingungen in Folge der Corona-Pandemie fiel dieser Punkt aus dem machbaren Rahmen heraus [24, S. 83].



Abbildung 20: Rathaus Korbach¹⁵

5.2.1.7 RoofKIT – Projekt Karlsruhe

Das im Rahmen des Wettbewerbs Solar Decathlon Europe (SDE) von Architektur-studierenden des KIT geplante und gebaute Beitrag, welcher nun als weiterlaufendes Forschungsprojekt auf dem Campus Süd des KIT steht, wurde mit hohen Anforderungen an kreislaufgerechtes Bauen umgesetzt. Der Name leitet sich vom Englischen ab, wobei *roof* den Fokus auf das Dach legt, da es sich um das Aufstockungsmodul auf ein Bestandsgebäude handelt. Zudem versorgt sich das Gebäude zu einem Großteil über die Sonnenenergie, welche über auf dem Dach installierte PVT-Module gewonnen wird. Das Wort KIT steht neben der Abkürzung des Karlsruher Instituts für Technologie für den Baukasten (englisch „kit“) der vielfältigen verwendeten Materialien. Diese wurden nach den Kriterien der Wiederverwendung, des Recyclings und der Kompostierbarkeit ausgewählt. „Viele Bauteile und Materialien wurden bereits aus der städtischen Mine entnommen und im zweiten, dritten oder gar vierten Kreislauf verwendet.“ [48, S. 201] Beispielsweise sind hier das Kupferdach, die Holzfassade sowie die Eingangstür und Fenster zu nennen. Vor allem die Anordnung der Fenster soll zeigen, dass keine Notwendigkeit besteht, stets identische Modelle zu verwenden. Im Gegenteil wird durch eine Kombination ein architektonischer Mehrwert generiert. Die

¹⁵ Bildquelle: <https://tse4.mm.bing.net/th?id=OIP.GHnLHMI6z8zhsPOOFFdZoQHaEK&pid=Api> (Zugriff am 02.02.2024)

Fenster stammen dabei aus Lagerbeständen, von Privatpersonen und aus Restposten. Auf der Homepage des Projekts sind zudem Materialdatenblätter einsehbar.¹⁶



Abbildung 21: RoofKIT¹⁷

5.2.1.8 Kreisarchiv Viersen – Projekt Viersen

Das Gebäude des Kreisarchivs in Viersen ist ein Pilotprojekt des Kreises, welcher 2019 beschlossen hat, alle Neubauten in einer zirkulären Weise zu bauen und somit eine Wertschöpfung der Ressourcen umzusetzen [8, S. 95]. Das Gebäude besteht aufgrund seiner Funktion aus „zwei differenzierte(n) Baukörper(n)“ [49], einem Magazin im Zentrum zur sicheren Verwahrung der Dokumente und einem hellen offenen Bereich für Angestellte und Besucher*innen. Im Gebäude finden sich wiederverwendete Komponenten wie zum Beispiel in der „Feldbrand-Ziegelfassade aus ca. 60 000 alten Ziegelsteinen“ wieder [49]. Die Holzbauweise basiert auf gesteckten und verschraubten Verbindungen, um einen Rückbau zu ermöglichen. Für den Boden aus Gussasphalt kamen wiederverwendete Materialien zum Einsatz [8, S. 95]. Auf tragende Wandstrukturen wurde weitestgehend verzichtet, um den erneuten Einsatz in anderen Gebäuden nach einem Rückbau besser zu ermöglichen. Der Materialeinsatz wurde

¹⁶ <https://roofkit.de/de/materials/> (Zugriff am 15.05.2024)

¹⁷ Bildquelle: eigene Aufnahme

effizient umgesetzt: „Für die Betondecken des Magazinkubus sind moderne Systemteile geplant, die die notwendige Tragfähigkeit mit deutlich geringerem Materialverbrauch als ‚klassischer‘ Ortbeton erreichen.“ [50] Zudem wurde das Gebäude erweiterbar gestaltet, da „ein zusätzliches Stockwerk auf dem Magazinkubus möglich [ist]“ [50]. Für den Bau wurden die Lebenszykluskosten berechnet. Über ein BIM sind alle Bauteildaten hinterlegt, um für eine Erleichterung von zukünftigen Renovierungsarbeiten und Instandhaltung zu sorgen. Weiterhin zeichnet sich das nachhaltige Gebäude durch eine Regenwassernutzung sowie ein auf erneuerbaren Energien basierendes Heiz- und Kühlsystem aus [49]. Nach Abschluss des Projekts wurden bei einer Online-Veranstaltung¹⁸ Erkenntnisse unter anderem über die Bestandserfassung, Zertifizierungen sowie über den Restwert von Gebäuden geteilt, wodurch die Multiplikatoren Wirkung, die von Projekten wie diesem ausgeht, deutlich wird.



Abbildung 22: Kreisarchiv Viersen¹⁹

5.2.1.9 CRCLR-Haus Berlin – Projekt Berlin

Die zahlreichen Bestandsgebäude auf dem „Vollgut-Areal der ehemaligen Kindl Brauerei“ in Berlin bietet Architekten die Möglichkeit mit neuen Bauvarianten zu experimentieren [22]. So auch mit dem CRCLR-Haus, was für *circular*, englisch für zirkulär steht.

¹⁸ <https://www.builtworld.com/event/zirkulaeres-bauen-kommunen-kreis-viersen> (Zugriff am 15.04.2024)

¹⁹ Bildquelle: <https://tse3.mm.bing.net/th?id=OIP.MgibYO2FFE0vKWEzOhidGAHaEE&pid=Api> (Zugriff am 23.03.2024)

Hierbei handelt es sich um ein multifunktionales Wohn- und Arbeitsgebäude, welches aus Sozial- und Lagerräumen der ehemaligen Brauerei entstand. Der Bestand wurde erhalten und umgebaut, es kam zur Aufstockung und Wiederverwendung verschiedener Baukomponenten. Es wurden drei Kernziele verfolgt: „So viel Substanz erhalten wie möglich, möglichst keine neuen Anforderungen an den Bestand schaffen und alle neu hinzugefügten Materialien müssen den Bedingungen der Kreislaufwirtschaft genügen“ [22]. Rückbaubarkeit und die Möglichkeit zur erneuten Wiederverwendung sind somit gegeben.

In eine große Halle des Bestandgebäudes wurde eine zweite Ebene eingezogen, die heute Co-Working-Spaces bereitstellt. „Rund 70 Prozent der hier verwendeten Materialien und Produkte für die Innenbauten stammen von Abriss-Baustellen, Messen, Museen oder aus Lagerbeständen von Firmen.“ [22]

Herausforderungen ergaben sich bei der bestehenden Fassade, welche aus belastetem Holz sowie marodem Mauerwerk bestand und somit nur bedingt wiederverwendet werden konnte. Jedoch ergab sich dadurch die Möglichkeit weitere Gebäudeeingänge zu integrieren. Zudem mussten die 120 zur Wiederverwendung zur Verfügung stehenden Dachträger auf „Schweiß- und Belastbarkeit“ geprüft werden [22]. Laut den Ausführenden ist der entsprechende Aufwand des Probenehmens und Organisation einer Laboruntersuchung nur im Rahmen von entsprechenden Projekten realisierbar. Dies war auch für die Wiederverwendung der Fenster durch deren Prüfung und Aufrüstung auf dreifach Verglasung der Fall. Zudem konnte aufgrund „gesetzliche[r] Vorgaben und den Anforderungen der Netzbetreiberin“ keine PV-Anlage errichtet werden [22]. Folgerungen aus dem Projekt sind somit, dass die Realisierung der Kreislaufwirtschaft bisher im Einzelfall eine Überforderung darstellt und eine Umstellung des Bauwesens allgemein erfordert. Ein besonderer Punkt dieses Projekts ist der Einbezug und die Mitarbeit der späteren Nutzer*innen des Gebäudes als Community. Trotz Herausforderungen durch die Zeit der Corona-Pandemie konnte das Projekt erfolgreich umgesetzt werden [51]. Das CRCL-Haus bietet nun bezahlbaren Wohnraum, Veranstaltungs- sowie Büroräumlichkeiten, wo auch das Unternehmen Concular seinen Sitz hat [52].



Abbildung 23: CRCLR-Haus Berlin²⁰

5.2.1.10 De Tokomen Tied – Projekt Bremerhaven

Aktuell wird in Bremerhaven ein Gründerzentrum namens „De Tokomen Tied“, was für „Zukunft“ oder „Die kommende Zeit“ steht, gebaut [53]. Es handelt sich um ein Gebäude in Holzskelettbauweise mit einem aus Beton bestehenden statisch relevantem Technikkern. Der Innenraum kann flexibel an wechselnde Bedürfnisse angepasst werden [8, S. 69].

Das Gebäude, welches unter anderem Werkstätten, Gastronomie und 270 Arbeitsplätze bietet, ist in ein Nachhaltigkeitskonzept gebettet. Die Strategie orientiert sich dabei an den Kernpunkten „Suffizienz, Effizienz und Konsistenz“ [54]. Ersteres wird unter anderem durch flächensparendes Bauen berücksichtigt. Durch die Gebäudegestaltung und ein Energiesystem sollen effizient CO₂-Emissionen reduziert werden. Mit Konsistenz ist die Substitution neuer Rohstoffe durch alternative wie wiederverwendete Baukomponenten abgedeckt [54]. Das Gebäude wird als Materiallager verstanden, sodass die Bauteile „nicht verbraucht, sondern lediglich für eine bestimmte Dauer genutzt“ werden [53]. Die verwendeten Baumaterialien basieren auf nachwachsenden

²⁰ Bildquelle: https://www.dbz.de/imgs/1/9/4/2/4/2/0/2302-NSV3434_2043-ce4cee9900d8e18e.jpg (Zugriff am 04.02.2024)

Rohstoffen, rezyklierbaren Komponenten oder Sekundärbaustoffen. Es finden wiederverwendete Glasbausteine, Klinker und Altfenster ein zweites Leben [8, S. 69]. Auch in Bezug auf die Energieversorgung ist das Gebäude zukunftsweisend. Statt einer Klimaanlage besteht eine natürliche und Nachtlüftung. Zudem werden die Nutzenden durch CO₂-Messung zum Lüften aufgerufen [53]. Das Gebäude hat von der DGNB bereits ein „Vorzertifikat in der höchsten Stufe (Platin)“ erhalten, genau wie das „nachhaltige Gewerbegebiet Lune Delta“, in welchen das Zentrum errichtet wird [54].



Abbildung 24: De Tokomen Tied [34]

5.2.1.11 4R Haus – Projekt Bedburg

Bei dem 4R Haus handelt es sich um ein vierstöckiges Gebäude, welches Büros und 10 Wohnungen beherbergt. Die Büroräume sind hierbei auf eine flexible Nutzungsanpassung ausgelegt. Geplant wird das Gebäude von der Agentur Faktor X²¹, welche sich auf ressourceneffizientes Bauen spezialisiert hat. Der Name des Gebäudes ist bezogen auf „vier der Ressourcenschutzkategorien »Reduce«, »Reuse«, »Renewable« und »Recycle«“ [8, S. 61], wie sie auch im 10R-Framework von Kirchherr aufgeführt werden. So sind wiederverwendete Komponenten außen an der

²¹ <https://faktor-x.info/> (Zugriff am 18.05.2024)

Erdgeschossfassade, und im Innenraum mit Fliesen, Glasbausteinen, Klinkern und Altfenstern sichtbar. Das 4R Haus ist in einer Holz-Hybrid-Bauweise mit einem für die Statik relevanten Versorgungs- und Erschließungskern realisiert. Um einen möglichst nachhaltigen Aufbau der Wände umzusetzen, wurde auf den ökobilanziellen Vergleich verschiedener Materialkombinationen zurückgegriffen. Auch für das Energiesystem wurde ein nachhaltiges Konzept entwickelt mit einer Luftwärmepumpe und PV-Modulen auf dem Dach [8, S. 61]. Ein weiterer spannender Punkt ist die Lage des geplanten Gebäudes in der Ressourcenschutzsiedlung Bedburg-Kaster, geplant von der Agentur Faktor X [8, S. 61]. Hierbei handelt es sich um ein Kooperationsprojekt der Stadt Bedburg und der RWE Power AG, welches am Tagebau Garzweiler gelegen ist. Neben ressourcenschonenden Bauten mit Dachbegrünung, soll ein energieeffizientes Versorgungssystem realisiert werden [55].



Abbildung 25: 4R Haus[8, S. 60]

5.2.2 Internationale Projekte

Analog zu den Projekten aus Deutschland werden im Folgenden Projekte aus anderen Ländern vorgestellt mit Fokus auf Europa. Tabelle 4 gibt einen Überblick über die Projekte, wobei detaillierte Informationen erneut den Steckbriefen im Anhang zu entnehmen sind.

Tabelle 4: Übersicht internationale Projekte

Kapitel	Projekt (Ort)	Fertigstellung	Wiederverwendete Baukomponenten
5.2.2.1	Recyclingcenter Kringloop Zuid (Projekt Maastricht)	2014	Fensterrahmen, Wellblech, Windradrotorblatt
5.2.2.2	Forschungs- und Demonstrationsplattform NEST (Projekt Dübendorf)	2016/ 2018	Kupferfassade, Türgriffe,
5.2.2.3	Kendeda Building for Innovative Sustainable Design (Projekt Atlanta)	2019	Holz (Bretter, Balken, Dielen), Granitplatte, Schieferschindeln
5.2.2.4	Kultur- und Gewerbegebäude ELYS (Projekt Basel)	2020	Holz, Trapezblech, Steinwolldämmung, Fenster
5.2.2.5	Aufstockung des Kopfbaus K.118 (Projekt Winterthur)	2021	Stahlterasse, Stahlskelett, Fassadenbleche, Dachelemente, Fenster, Türen, Fußboden, Plattenbeläge, Waschbecken, PV-Anlage
5.2.2.6	Primeo Energie Kosmos (Projekt Münchenstein)	2022	Dachbelag, Beleuchtung, Fassadenverkleidung, Steinwolle, Bodenbeläge, Waschbecken, Trennwände, Armaturen, Küche, Fliesen, PV-Anlage
5.2.2.7	Kindergarten The Swan (Projekt Kopenhagen)	2022	Ziegelsteine, Dachziegel, Fassadenbleche, Betonsäulen, Holz, Steine

5.2.2.1 Recyclingcenter Kringloop Zuid – Projekt Maastricht

Bei dem Namen Kringloop Zuid, was für ‚Kreislauf Süd‘ steht, handelt es sich um ein Unternehmen, welches im niederländischen Maastricht einen Secondhandmarkt und Recyclingcenter betreibt. In dem neuen Bürogebäude ‚Superuse‘ konnten einige Materialien wiederverwendet werden. So fanden Fensterrahmen von ehemaligen Wohngebäuden, Wellblech für die Fassade und ein Rotorblatt Verwendung, welches schon aus der Ferne auf den Center aufmerksam macht [8, S. 77].



Abbildung 26: Kringloop Zuid ²²

5.2.2.2 Forschungs- und Demonstrationsplattform NEST – Projekt Dübendorf

Beim Projekt NEST (Next Evolution in Sustainable Building Technologies) der Schweizer Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA) handelt es sich um ein „Wohn- und Arbeitslaboratorium“ [24, S. 141]. Neben der EMPA sind das KIT und die Cornell University (USA) Teil des Forschungsteams. Die bestehende Gebäudestruktur ermöglicht den Ein- und Ausbau verschiedener Module wie in ein „Regal‘ mit vertikal aufeinandergestapelten Bauplätzen“ [24, S. 141]. Somit wird es möglich „neuartige und innovative Wohn- und Arbeitskonzepte, Bauteile, Materialien, Technologien und Systeme unter realen Bedingungen“ zu testen sowie die Bevölkerung über Möglichkeiten des nachhaltigen Bauens zu informieren.

²² https://tse4.mm.bing.net/th?id=OIP.Ona_CgdPJJeJDac27Hzg-4gHaEK&pid=Api (Zugriff am 01.05.2024)

Nach der Fertigstellung der Grundstruktur wurde 2018 die Einheit UMAR (Urban Mining and Recycling Unit) eingebaut. Hierbei handelt es sich um eine Wohneinheit, in welcher neben Forschungsarbeiten auch Führungen angeboten werden. Die Unit selbst ist modular aufgebaut und durch ein Schienensystem in die zweite Ebene im NEST integriert und somit auch leicht auszubauen. Ziel war es „eine Vielzahl von Materialien und Bautechniken [...] [sowie] alternative technische Möglichkeiten und Materialien aus dem biologischen und technischen Kreislauf [...] vorzustellen“ [24, S. 143]. Zwei zugrundeliegende Konzepte sind „de[r] städtische Bergbau (Urban Mining) und das kreislaufgerechte Bauen“ [24, S. 143].

So konnte beispielsweise die Kupferfassade aus dem Rückbau eines Hoteldachs sowie aus Produktionsverschnitten aus anderen Projekten gewonnen werden. Außerdem wurden geliehene Objekte wie Türklinken und Teppichböden verbaut, welche nach einem Rückbau wieder an die Herstellungsfirmen zurückgegeben werden. Durch eine drehbare Wand kann die Innenraumgestaltung zudem an temporäre Bedürfnisse anpassen werden. In der UMAR sind keine Verbundkomponenten verbaut, und ein sortenreiner Rückbau ist durch entsprechende Verbindungen möglich [24, S. 147]. Die Steine des Mauerwerks wurden aus mineralischen Abfällen gefertigt und sind mörtelfrei verbaut [56].

Eine weitere Besonderheit sind die angefertigten Daten in Material- und Gebäudepass. Diese konnten aufgrund konsequenter Umsetzung als Hilfestellung für weiterführende Forschungsfragen dienen, beispielsweise um den Nutzen der Datenstrukturen weiter zu optimieren und für Analysen, „wie sich mehrere Nutzungszyklen eines Materials in einer neuartigen Ökobilanz gerechter abbilden lassen“ [24, S. 152]. Neben der weiterzuführenden Dokumentation wird die „anschließende Wiedereinführung von Materialien und Produkten in ihre jeweiligen Materialkreisläufe“ nach dem Rückbau eine weitere zentrale Forschungsaufgabe sein [24, S. 152].



Abbildung 27: NEST²³

5.2.2.3 Kendeda Building for Innovative Sustainable Design – Projekt Atlanta

Der Grundgedanke für das Errichten des neuen Gebäudes am Georgia Institute of Technology ist die Unumgänglichkeit der Kreislaufwirtschaft zum Erhalt eines lebenswerten Umfelds. Laut dem Projektteam handelt es sich um ein „Modellvorhaben für die Wiederverwendung von Materialien“ [24, S. 104]. Bezogen auf die Baumaterialien wurden wiederverwendete und unnutzbare Komponenten prioritär betrachtet. Recyclingstoffe standen erst an zweiter Stelle. Einige der Materialien konnten von einem Rückbau und einem Sanierungsfall auf dem Universitätsgelände geborgen werden. Auch Materialien mit hohem historischem Wert aus dem abzureißenden Altbau der Georgia Archives konnten wiederverwendet werden. Ein besonderer architektonischer Wert im Neubau liegt auf der tragenden Deckenstruktur in Brettstapelbauweise aus unter anderem wiederverwendetem Holz [24, S. 106]. Eine Übersicht und Daten zu den verwendeten Materialien findet sich auf der Webseite des Projekts. Weiterhin kann das Gebäude zu 100% mit Strom aus der eigenen PV-Anlage versorgt werden und nutzt das auf der Dachfläche anfallende Regenwasser [57]. Hervorzuheben ist bei diesem Projekt die Berücksichtigung von Grundsätzen der Gerechtigkeit, damit „das neue Paradigma nicht nur den privilegierten, sondern allen Mitgliedern der Gesellschaft zugutekommt“ [24, S. 104]. Dies ist zudem Teil der Living-Building-Zertifizierung, welche neben Gerechtigkeitsaspekten auch die Reduzierung von THG-Emissionen und

²³ Bildquelle: <https://tse1.mm.bing.net/th?id=OIP.GPQtIALUQhAwoYq1dtYa3QHADt&pid=Api> (Zugriff am 04.02.2024)

Abfallmengen berücksichtigt. Zudem wurden das Lifecycle Building Center, eine „lokale gemeinnützige Organisation für Kreislaufwirtschaft“, und die Organisation Georgia Works! in das Projekt integriert [24, S. 106]. Das Gebäude soll in die Lehre eingebunden werden auf dem Campus des Georgia Institute of Technology in Atlanta. Heute werden zudem Führungen durch das Gebäude angeboten [57]. Das Projekt ist somit ein gutes Beispiel dafür, wie Wiederverwendung und Forschung in gesellschaftliche Strukturen integriert werden können.



Abbildung 28: Kendeda Building for Innovative Sustainable Design ²⁴

5.2.2.4 Kultur- und Gewerbegebäude ELYS – Projekt Basel

Das ehemals industriell genutzte Gebäude wurde soweit möglich erhalten und in das Kultur- und Gewerbehaus Elys²⁵ umgebaut. „Der Umbau beschränkte sich aus finanziellen sowie aus Nachhaltigkeitsgründen auf einen begrenzten Rückbau und die Instandsetzung der Gebäudehülle.“ [35] Ein Teil des Bestandsgebäudes wurde rückgebaut. Für die Fassadengestaltung konnten insgesamt 2000 m² mit gebrauchtem

²⁴ https://tse2.mm.bing.net/th?id=OIP.bosy2vWAgI3ahZc_OpLnQAHaFk&pid=Api (Zugriff am 30.04.2024)

²⁵ <https://elys-basel.ch/> [Zugriff am 31.03.2024]

Trapezblechen, aus unmittelbarer Umgebung und aus dem Bestand, abgedeckt werden. Die aus Restposten genutzten Fenster unterscheiden sich in Art und Größe. Es wurden Fensterproduktionen im Umkreis von ca. 100 km angefragt, um die Transportstrecke gering zu halten. Die Fassade ist als Holzelementbauweise realisiert mit Holz aus einem nahegelegenen Abbruchprojekt. So wurden die einzelnen Elemente vorfabriziert und dann in einem errichtet.

Bei manchen Aspekten wurde eine vereinfachte Umsetzung gewählt, um Kosten oder Aufwand aber auch die „Eingriffstiefe in den Bestand“ [34] zu minimieren, wobei im Allgemeinen ein sehr bewusster Umgang mit den Baukomponenten deutlich wird. So wurden bei den Wänden einer zum Komplex gehörenden Sporthalle auf das Erreichen besserer Energiewerte durch die Fassadengestaltung verzichtet. Die Aluminium-Trapezbleche wurden zudem keiner Reinigung oder erneuten Lackierung vor dem Wiedereinbau unterzogen [34]. Außerdem wäre es zu viel Aufwand gewesen das wiederverwendete Dämmmaterial einzeln auf seine Qualität und Eigenschaften zu überprüfen, weshalb die geringste Wärmeleitfähigkeit angenommen und so eine „20 % größere Wanddicke“ realisiert wurde [35].

Das Gebäude ist Teil eines ehemaligen Industriegebiets, welches nun in ein Wohnquartier umgestaltet wird. Nach dem ursprünglichen Plan sollten alle Baukomponenten aus diesem Umbau bezogen werden, was sich als zu hohe Ambition herausstellte. Das Baubüro in situ ist prädestiniert für Arbeiten mit Bestandsgebäuden und wiederverwendeten Komponenten. Es wurde ein Innenhof angelegt, um mehr Tageslicht in den Gebäudekern zu leiten. Aufgrund einiger Besonderheiten wurde im Voraus ein originalgetreues Modell, ein sogenanntes Mock-Up-Modell angefertigt, um die Machbarkeit und die Stimmigkeit der Materialkombinationen zu überprüfen [35].

Bei dem Projekt handelte es sich um „ein Pionierprojekt des zirkulären Bauens.“ [35] Als Fazit wird deutlich, dass der notwendige Aufwand in Bezug auf „Ausbau der Materialien, Logistik und Planungsaufwand“ den Baupreis in die Höhe treiben und somit von finanzieller Seite kaum Unterschied im Vergleich zu neuen Komponenten besteht, dass aber auch durch die wiederverwendeten Materialien viel CO₂-Emissionen eingespart werden konnte [34].



Abbildung 29: ELYS²⁶

5.2.2.5 Aufstockung im Projekt K.118 – Projekt Winterthur

Bei dem Projekt K.118 handelt es sich um eine durch das Schweizer Baubüro in situ aufgestockte „ehemalige dreigeschossige Maschinenfabrik auf dem Sulzer-Industrieareal in Winterthur“ [28, S. 59], welche heute unter anderem als Atelier genutzt wird. Ziel war eine klimaschützende und kreislauffähige Realisierung dreier zusätzlicher Geschosse, um zu zeigen, was bereits heute beim Bauen mit Bestandsgebäuden umsetzbar ist. Kernanliegen war das Schützen von Ressourcen durch materialschonendes Bauen sowie die Reduzierung von THG-Emissionen bei Materialauswahl, Errichtung und Betrieb des Gebäudes [58]. Wiederverwendet wurden unter anderem das tragende Stahlskelett, die Außentreppe aus Stahl, verschiedene Fassaden- und Dachelemente, Fenster und Außentüren, teilweise aus nahegelegenen Abbruchprojekten, sowie Heizkörper. Neben den wiederverwendeten Baukomponenten lag der Fokus auf den nachwachsenden Rohstoffen Holz, Lehm und Stroh [58]. Auch dieses Gebäude wurde rückbaubar gestaltet [28, S. 59]. Im Projektbericht wird die Bedeutung von „Recherche, Katalogisierung und Zuordnung von Elementen und Bauteilen neben den klassischen Planungsaufgaben“ hervorgehoben [58]. Unter anderem die

²⁶ Bildquelle: <https://tse1.mm.bing.net/th?id=OIP.9fg4Fw-BzWpfdPs-qy5qTQHaLG&pid=Api> (Zugriff am 04.02.2024)

Wiederverwendung der Außentreppe hatte einen bedeutenden Einfluss auf das schlussendliche Gebäudedesign. Die gebrauchten Fenster wurden zur Einhaltung des Dämmstandards in einem Doppelsystem zusammengefügt [58]. Auch in diesem Projekt war die Planung zeitintensiv und herausfordernd, da abhängig von verfügbaren Komponenten kurzfristig gehandelt werden musste [28, S. 59].

Bei Betrachtung der Kosten, welche sich mit jenen für einen reinen Neubau decken, wurde eine „Verschiebung [...] weg von den Anschaffungskosten von Materialien und Bauteilen hin zu Planung, Koordination, Wiederaufbereitung und Logistik“ sichtbar [28, S. 60]. So wird ein weiterer Punkt der Nachhaltigkeit mit der Stärkung „lokaler Wertschöpfungsketten in Handwerk und Logistik“ adressiert, zusätzlich zur Schaffung von wichtigen Erkenntnissen für weitere Projekten [28, S. 60].



Abbildung 30: Aufstockung K.118 ²⁷

5.2.2.6 Science- und Erlebniscenter Primeo Energie Kosmos – Projekt Münchenstein

Der Schweizer Energieversorger Primeo Energie erweiterte sein bestehendes Elektrizitätsmuseum in den Science- und Erlebniscenter Primeo Energie Kosmos. Der Fokus soll nun mehr auf der Wissensvermittlung über den Klimawandel und auf der Gestaltung und Umsetzung der Energiewende liegen. In Kombination mit der Renovierung

²⁷ Bildquelle: <https://www.swiss-architects.com/images/CmsImageContent/82/85/18/b71d88957f464ef698260c1e8767e5de/b71d88957f464ef698260c1e8767e5de.f5fb7444.jpg?1662537409> (Zugriff am 04.02.2024)

des Elektrizitätsmuseums wurde ein Informationszentrum gebaut, das vor allem auf Schulklassen ausgerichtet ist [59, S. 18]. Das Projekt wird im Rahmen eines Forschungsvorhabens des Schweizer Bundesamts für Energie realisiert, um unter anderem zu ermitteln, welchen Einfluss die Aspekte Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit bei der Umsetzung von kreislaufgerechten Gebäuden auf deren Lebenszyklus haben [59, S. 21]. Es wird deutlich, dass dieser Bau mit der Wiederverwendung auf eine altbewährte Technik zurückgreift, denn „erst mit fortschreitender Technisierung, der leichteren Gewinnung von Rohstoffen und Herstellung von (Verbund-)Materialien hat die Gesellschaft verlernt, mit Baustoffen sparsam und ökologisch umzugehen, indem sie diese mehrfach verwendet“ [59, S. 18]. Eine Wiederverwendung konnte an manchen Stellen aus „statischen, juristischen oder wirtschaftlichen Gründen“ nicht umgesetzt werden. Im Allgemeinen wurde beim Einsatz von neuen Komponenten dafür auf deren Rückbaubarkeit geachtet [59, S. 19]. Das in Holz-Skelettbauweise errichtete Gebäude weist eine möglichst geringe Fläche auf. Zur Energieeinsparung liegen Elemente wie Laubengänge, Rettungswege und Aufzug außerhalb des Gebäudes [59, S. 19]. Elemente des Holzfußbodens stammen von einem alten Bootshaus. Für die Treppenstufen wurden die Holzlatten der provisorischen Bautreppe weiterverwendet. Weiterhin wurde auf die Basler Bauteilbörse zurückgegriffen. Von hier stammen unter anderem alle „Waschbecken, Trennwände und Armaturen“ für die Toiletten, sowie die dort verbauten Fliesen. Für die Beleuchtung kommen reparierte und mit LEDs neu ausgestattete Lampen zum Einsatz. Für die Fassade wurden Reststoffe anderer Baustelle aus der Nähe verwendet, welche zwar kostengünstig waren, jedoch aufgrund deren Kleinteiligkeit einen erhöhten Aufwand mit sich brachten und zudem „ästhetische Kompromisse erforderte“ [59, S. 20].

Ein weiteres Highlight stellen wiederverwendete Hochspannungs-Gittermasten dar. Diese konnten vom „Netzbetreiber Swissgrid als Schrottmaterial“ gewonnen werden [59, S. 20]. Das Material der Masten findet sich außen vor den Laubengängen als Rankhilfe für Pflanzen, wodurch das Gebäude vor größeren Temperaturunterschieden geschützt wird, sowie im Gebäudeinneren als Brüstungen. Das Projekt zeigt auf, dass das zukünftige Bauen eine stärkere Zusammenarbeit der Beteiligten erfordert, welche von flexiblem und kompromissbarem Arbeiten geprägt ist, sowie mehr einen Prozess darstellt als eine schlichte Umsetzung des Geplanten [59, S. 21]. Insgesamt sind „mehr als zwei Drittel seiner Bauteile [...] wiederverwendet, recyclebar oder aus

nachwachsenden Rohstoffen und stammen, wann immer möglich, aus der Region, um graue Energie zu vermeiden“ [59, S. 19]. Auch in diesem Projekt halten sich die Preise mit jenen eines Neubaus die Waage, wobei mehr in die Planung investiert wurde, als in die Beschaffung der Materialien. Der Architektur werden somit neue Aufgaben gestellt, wie das Anfertigen digitaler Modelle und auch dem Handwerk kommt mehr Bedeutung zu [59, S. 21].



Abbildung 31: Primeo Energie Kosmos²⁸

5.2.2.7 Kindergarten The Swan – Projekt Kopenhagen

Eigentlich sollte der Bestand von zwei ehemaligen Schulgebäuden auf dem Grundstück erhalten werden. Deren Zustand war jedoch nach zehn Jahren Leerstand in einem mangelhaften Zustand. Zudem wurde mit neuen Anforderungen wie Barrierefreiheit keine zufriedenstellende Lösung gefunden. So kam es zu einem Neubau, in welchem viele Komponenten der alten Gebäude vor Ort wiederverwendet wurden [60]. Die Architektur ist an die Umgebung der Industriegebäude angelehnt und soll zudem den Charakter des Kindergartens spielerisch widerspiegeln. Die im Innenraum sichtbaren Dachsparren stellen eine enge Verbindung zu den alten Schulgebäuden dar. Ansonsten wurden aufgrund hoher Anforderungen in Bezug auf schadstofffreies

²⁸ Bildquelle: <https://www.primeo-energie.ch/magnolia/.imaging/focalpoint/597x398/dam/jcr:d7efd59e-3ef7-4788-a440-fa3abdfead3a/W6-04-Klima+Bau.jpeg> [Zugriff am 10.03.2024]

Bauen im Innenraum weitestgehend auf wiederverwendete Bauteile verzichtet. Durch die einzelnen Gebäude entsteht zudem die Assoziation zu einem kleinen Dorf. Bemerkenswert bei diesem Projekt ist die aufgenommene Mühe für zeitlich anspruchsvolle Arbeiten, wie das Demontieren, Säubern und Ausbessern der alten Baukomponenten. Dies war möglich, da die zuständige Kommune bereit war entstehende Zusatzkosten zu übernehmen [60].

Zudem wird betont, dass entgegengesetzt zu bisherigen Standardgebäuden die Arbeit der Architekten einen neuen Fokus bekommt, welcher auf dem Rückbau und dem Entwerfen mit den geborgenen Komponenten liegt. Das Ausschreiben für Rückbauarbeiten muss früher erfolgen als bisher und erfordert mehr Detail in Bezug auf „Anweisungen und Kriterien für den Ausbau“ [60]. Ein Ausblick der Projektverantwortlichen sieht in Zukunft eine angepasste Besteuerung von Bauteilen „zugunsten kohlenstoffarmer Materialien“ [60]. Zudem wird eine Effizienzsteigerung im Bereich der Wiederverwendung zu einer entsprechenden Preissenkung führen und das nachhaltige Bauen somit attraktiver gestalten [60].



Abbildung 32: Kindergarten The Swan²⁹

²⁹ Bildquelle: <https://www.dbz.de/imgs/1/9/4/2/4/0/6/NCF02204.jpeg-d813bd72ff4ce50f.jpg> (Zugriff am 26.03.2024)

6 Folgerungen

Im Folgenden werden die Ergebnisse in Bezug auf den Vergleich der bei den Projekten wiederverwendeten Komponenten dargestellt und die Zielfragen beantwortet. In den beschriebenen Projekten konnten zahlreiche verschiedene Bauteile wiederverwendet werden. In Tabelle 5 wird deutlich, dass dies unter den verschiedenen ermittelten Kategorien an Baukomponenten bei Fassadenelementen am häufigsten der Fall ist.

Tabelle 5: Übersicht über die wiederverwendeten Komponenten (eigene Aufstellung)

Wieder-verwendete Komponenten	Konstruktion	Fassade	Innenwand	Boden	Dach	Dämm-material	Fenster, Tür	Sanitär
Projekte in DE	Stuttgart, Neustadt, Karlsruhe, Berlin	Stuttgart, Cottbus, Neustadt, Hannover, Chemnitz, Korbach, Karlsruhe, Viersen, Berlin, Bremerhaven, Bedburg	Cottbus, Neustadt, Hannover, Chemnitz, Korbach, Berlin, Bremerhaven, Bedburg	Neustadt, Hannover, Korbach, Karlsruhe, Viersen, Bremerhaven	Chemnitz, Karlsruhe	Hannover	Stuttgart, Hannover, Chemnitz, Karlsruhe, Berlin, Bremerhaven, Bedburg	Hannover, Karlsruhe, Berlin
Anzahl der Projekte in DE	4	11	8	6	2	1	7	3
internationale Projekte	Atlanta, Basel, Winterthur, Kopenhagen	Maastricht, Dübendorf, Atlanta, Winterthur, Münchenstein, Kopenhagen	Atlanta, Kopenhagen	Dübendorf, Atlanta, Winterthur, Münchenstein	Winterthur, Münchenstein, Kopenhagen	Basel, Münchenstein	Maastricht, Dübendorf, Basel, Winterthur	Winterthur, Münchenstein
Anzahl der internationalen Projekte	4	6	2	4	3	2	4	2

6.1 Wiederverwendbarkeit verschiedener Bauteile

Konstruktion

Für die Rohbaukonstruktion eines Gebäudes kommen verschiedenen Materialien in Frage. Bei dem Großteil der Projekte wurde hierbei auf Holz zurückgegriffen. Im Vergleich zu anderen Einsatzbereichen wie der Fassade und dem Innenausbau, kommt in der Konstruktion jedoch nur selten wiederverwendetes Holz zum Einsatz. Dass der Einsatz von Holz in diesem Anwendungsbereich dennoch möglich ist, zeigt das Projekt

Basel. Hier sind vorgefertigte Holzbauelemente aus Abbruchmaterial gefertigt. In zwei Projekten konnten Holzkomponenten für tragende Deckenstrukturen wiederverwendet werden (Kopenhagen, Atlanta). Im Projekt Kopenhagen wurde hierbei das Experiment durchgeführt, zusammenhängende Sparrengebände der alten Gebäude als ein Element zurückzubauen und wiederzuverwenden. Von 61 existierenden Sparrengebänden wurden 26 demontiert – jedoch nur 6 Elemente entsprechend wiederverwendet, wobei zusätzlich Ertüchtigungen notwendig waren. Der Erfahrung nach ist es sinnvoller „die Gebinde zu zerlegen, um mit den einzelnen Sparren flexibler arbeiten zu können“ [60]. Auch das Projekt Atlanta setzt einen Fokus auf die Deckenkonstruktion. In dem Massivholztragsystem konnten jedoch nur die Holzbalken aus wiederverwendetem Material eingebaut werden, denen keine tragende Funktion zukommt [24, S. 105]. Auch die genannten Herausforderungen in Bezug auf Schadstoffe werden deutlich. So war beim Projekt Berlin Altholz vor Ort aus dem umzubauenden Gebäude vorhanden, welches jedoch aufgrund von Schadstoffbelastungen nicht weiterverwendet werden konnte [22].

Bei der Anwendung von Holzbauweisen liegt der Fokus allgemeiner auf der Tatsache eines CO₂-speichernden und natürlichen Baustoffs. In vielen Projekten sind die Holzbauteile bewusst rückbaubar errichtet (Bsp. Projekt Viersen). Der Einsatz wird somit auf eine zukünftige Wiederverwendung ausgelegt, was auch beinhaltet, dass die Wiederverwendung von Holz in der Konstruktion möglich ist.

In einigen Projektbeschreibungen wurde betont, beispielsweise durch Holzbauweisen den Einsatz von Beton zu reduzieren und nur an Stellen darauf zurückzugreifen, an denen es „aufgrund der Anforderungen an Schall- und Brandschutz oder aus statischen Gründen“ die aktuell beste und einfachste Lösung darstellt [58, S. 19].

Einen weiteren für die Konstruktion relevanten Baustoff stellt Stahl dar. Bei diesem Baustoff ist die aktuell stattfindende Rückführung in die Produktion zu erwähnen, welche im Vergleich zu anderen Komponenten in einem deutlich höheren Maß umgesetzt wird, wofür unter anderem rechtliche Qualitätsanforderungen zugrunde liegen [6, S. 76]. Die Rückführung und Wiederaufbereitung ist jedoch, wie die Produktion, mit einem hohen Energieaufwand verbunden, welcher bei der direkten Wiederverwendung entfällt. In einigen der vorgestellten Projekte wird Stahl in Form von Stahlträgern wiederverwendet eingesetzt. So stellt die Grundlage für die Aufstockung in Winterthur ein Stahlskelett dar, dessen Rückbau und Wiederverwendung aufgrund des

verschraubten modularen Bausystems unkompliziert zu realisieren war [28, S. 59]. Herausfordernder gestaltete sich die Wiederverwendung von Stahlträgern in Berlin. Hier mussten Proben der einzelnen Elemente der ehemaligen Dachkonstruktion abgeschnitten und analysiert werden, wodurch die Wiederverwendung mit einem erhöhten Aufwand verbunden war. Nach „Schweiß- und Belastbarkeitsprüfung“ konnten diese als „Tragstruktur der Treppe“ im gleichen Projekt wieder eingesetzt werden [22]. Generell wäre es lohnend, verstärkt wiederverwendete Komponenten in der Tragstruktur einzusetzen. Wenn beispielsweise Gebäude in Holzelementbauweise zunehmend rückbaubar errichtet werden, wird es in Zukunft hier eine größere Materialquelle für diesen Einsatzbereich geben. Tragende Komponenten sind „für lange Nutzungsdauern ausgelegt und oft durch die Schichten des Ausbaus vor Abnutzung geschützt“ [31]. So kann es sich lohnen, die Tragkonstruktion wiederzuverwenden, da diese zudem „den größten Anteil der Baustoffmassen eines Bauwerks“ darstellen und somit ihrer Rolle als Speicher von grauer Energie längerfristig gerecht werden könnten [31]. Auch wenn nur in wenigen Projekten Konstruktionskomponenten wiederverwendet wurden, konnten gute Umsetzungsbeispiele deutlich gemacht werden.

Fassade

An Fassaden können vielerlei Materialien zum Einsatz kommen, wie in den beschriebenen Projekten beispielsweise Holz, Blech, Kupfer, Beton, Klinker und Glasbausteine. Somit ist in diesem Anwendungsbereich eine breite Auswahl an möglichen Alt Komponenten gegeben, wenn grundlegende Eigenschaften wie Wetterbeständigkeit gegeben sind. Die Realisierung ist somit nicht von einem expliziten Material abhängig, was eine Wiederverwendung in diesem Bereich erleichtert. Deutlich wird diese Vielfältigkeit vor allem im Projekt Kopenhagen, bei welchem die zu einem Kindergarten gehörenden Einzelgebäude jeweils unterschiedliche Fassadenkomponenten aufweisen. Die Lebensdauer von Fassadenelementen ist meist kürzer als jene des Rohbaus [28, S. 94]. Die Elemente sind einer starken Beanspruchung ausgesetzt, können jedoch im Vergleich zu konstruktiven Komponenten leichter ausgetauscht oder ertüchtigt werden. Die Fassade stellt somit einen Bereich dar, in welchem statt auf Neubaukomponenten auf wiederverwendete Bauteile zurückgegriffen wird. Dieser Einsatzbereich eignet sich somit für Komponenten, die in ihrem ursprünglichen bestimmungsgemäßen Zweck ausgedient haben, entsprechende Anforderungen nicht mehr erfüllen. Da

Fassadenelemente unter anderem durch die Witterung stark beansprucht werden, können diese Komponenten wie beispielsweise Holzbauteile als Fassadenelemente noch einen letzten Einsatz durchlaufen vor ihrem Lebensende [15, S. 109]. Dies ist unter anderem im Projekt Karlsruhe realisiert. Zum Schutz der Verkleidung, und damit die Möglichkeit einer nachfolgenden Kompostierung erhalten bleibt, wurde die Holzfassade mit einer pilzbasierten Imprägnierung als Witterungsschutz versehen.

Wenn der geplanten Fassadenverkleidung keine Aspekte der Statik und Traglast zukommen, ist der diesbezügliche Zustand der Bauteile nicht prioritär zu betrachten und der Fokus kann auf die Optik der Elemente gelegt werden [24, S. 69]. Hierbei ist auch eine Kombination verschiedener Materialien möglich. Dies wurde beispielsweise in den Projekten Basel und Hannover umgesetzt, wobei letzteres mit dem „Sonderpreis Nachhaltigkeit beim Deutschen Fassadenpreis 2020“ ausgezeichnet wurde [61]. In den Fassadengestaltungen der Projekte wird somit gut der Aspekt der verstärkten Kreativität deutlich, welche beim Einsatz von Altbaukomponenten vonnöten ist.

Für den Einsatz wiederverwendeter Fassadenelemente ist generell eine Adaption des bisherigen Planungsvorganges unumgänglich. Um gewünschte Öffnungen wie Fenster und Türen einplanen zu können und das allgemeine Design festzulegen, ist nun der Schritt der Materialauswahl vorgelagert zu bearbeiten, statt bisher erst nach dem Gebäudeentwurf [16]. Dies war in zahlreichen der vorgestellten Gebäude der Fall.

Um Fassaden bei Neubauten rückbaubar zu gestalten, ist die Verbindung zu den tragenden Schichten und Isolierungen trennbar zu gestalten. So wird auch die Wartung innenliegender Strukturen wie von Komponenten der Gebäudetechnik erleichtert [24, S. 69].

Innenwand

Bei der Wandgestaltung bestehen allgemein viele Möglichkeiten. In vielen Bestandsgebäuden finden sich verputzte Mauerwerke. Eine Wiederverwendung der einzelnen Steine ist meist sehr aufwändig, da „seit den 30iger Jahren [...] überwiegend mit zementhaltigem Mörtel gemauert [wird]“ [15, S. 63]. Wände liegen meist nicht frei, sondern sind mit Putz oder Dämmung beaufschlagt [29, S. 99]. Eine zerstörungsfreie Demontage ist somit erschwert. Das es dennoch möglich ist, wird im Projekt Chemnitz deutlich, wo das alte Ziegelmauerwerk sorgsam rückgebaut, von Putzrückständen bereinigt und wiederverwendet wurde [46]. Auch im Projekt Korbach konnte „das

Mauerwerk der nichttragenden Wände“ im Gegensatz zum standardmäßigen Abriss selektiv rückgebaut und wiederverwendet werden [26, S. 80].

Um Neubauten rückbaubar zu gestalten, wird vorgeschlagen, die Wände in ihrer rohen Ausführung zu belassen [16]. Außerdem gibt es bereits mörtelfreie Bautechniken, wie im Projekt Dübendorf angewendet. Weiterhin stellen „lehmverputzte Lehmbauplatten“ eine gute Möglichkeit dar, „welche [...] sich am Ende des Gebäudelebenszyklus vollständig und ohne Wertverlust rezyklieren [lassen] und anschließend in gleicher Qualität wiederverwerten oder in natürliche Lager zurückgeben“ werden können [28, S. 78]. Dies wurde beispielsweise im Projekt Karlsruhe realisiert. In diesem Projekt wurde außerdem die modulare Bauweise angewendet, wodurch das Gebäude an sich wandelnde Anforderungen an die Innenraumauslegung anpassbar ist und somit eine längerfristige Nutzbarkeit erreicht werden kann.

Generell kann festgehalten werden, dass nicht tragende Wände für eine flexible Gestaltung der Innenräume und für einen erleichterten Rückbau besonders geeignet sind [26, S. 35]. Dies ist beispielsweise im Projekt Neustadt mit wiederverwendeten Bürotrennwänden realisiert. Außerdem wird deutlich, dass auch bei wiederverwendbaren Materialien noch eine gewisse Flexibilität besteht. Die Trennwände passten zunächst nicht zur Raumhöhe ihres neuen Einsatzortes, konnten jedoch entsprechend angepasst werden, sodass nicht nach weiteren Bauteilen gesucht werden musste. Außerdem wurden der Einsatz der Bürotrennwände schon in der Planung berücksichtigt und das Gebäude so entworfen „dass die Flurtrennwände keine Brandschutzanforderungen erfüllen mussten und keine Bauteilzulassung erforderlich war“, wodurch deren Wiederverwendung erleichtert wurde [42, S. 14].

Auch Betonplatten können gut als neue Innenwände eingesetzt werden, wie am Projekt Cottbus deutlich wird. Außerdem wird in Projekt Hannover erneut die Nutzbarkeit von Messebauplatten aufgezeigt.

Ein häufig für Wandverkleidungen im Sanitärbereich genutzter Baustoff sind Fliesen. Entgegen der intuitiven Erwartung, dass diese aufgrund ihrer Einbautechnik nur schwer wiederzugewinnen sind, wurden in einigen Projekten wiederverwendete Fliesen verbaut (Projekt Neustadt, Korbach, Münchenstein). Generell kann es bei einem Rückbau und Entfernen des Mörtels von Altfliesen zum Bruch dieser kommen. Das UBA zeigt auf, dass vor allem historische Keramikfliesen gut rückgebaut werden können, da diese „im Dickbettverfahren (in einem Mörtelbett, in Sand oder Lehm verlegt

(sind)“ [15, S. 62]. Komplizierter gestaltet sich der Rückbau bei Fixierungen über Zement oder entsprechende Kleber, wie sie heute meist angewendet werden. Allgemein ist die Wiederverwendung von Fliesen mit einem erhöhten Aufwand verbunden, jedoch ist der Einsatz der Altbaukomponenten beliebt, da beispielsweise auch nur einzelne beschädigte Fliesen ausgetauscht werden können [15, S. 62].

Eine besondere Gestaltung der Innenwände findet sich im Projekt Atlanta, bei welchem die Wände der Sanitäreinrichtungen unter anderem aus gewonnenen Schiefer-schindeln gestaltet sind, „die als Bedachung das Ende ihrer Nutzungsdauer erreicht hatten“ [24, S. 103].

Bodenbelag

Auch bei der Wiederverwendung von Bodenmaterialien finden sich kreative Quellen und Wege zum Einsatz wie beispielsweise im Projekt Münchenstein, bei welchem der Holzboden unter anderem aus einem alten Bootshaus stammt. Auch das Projekt Atlanta hat für die Bodengestaltung auf wiederverwendete Holzdielen zurückgegriffen und auch Treppenstufen als Sitzelemente wurden aus anfallenden Holzresten realisiert. Im Projekt Hannover wurden erneut Messebauplatten als Bodenelemente umfunktioniert.

Auch als Bodenbelag können wiederverwendete Materialien zum Einsatz kommen, wie im Projekt Neustadt ein aus alten Fischernetzen bestehender Teppichboden. Im Projekt Dübendorf wird die Möglichkeit der Wiederverwendung über einen geliehenen Teppichboden aufgezeigt, welcher nach der Nutzungsdauer an den Hersteller zurückgegeben, aufbereitet und erneut eingesetzt werden kann.

Bauteilbörsen sind eine gute Anlaufstelle für gebrauchte Bodenmaterialien „wie Parkett, Dielen und Fliesen“. Diese „müssen für den Wiederverkauf gut gereinigt und frei von Anhaftungen (Mörtel und Kleber) sein“ [15, S. 61].

Dach

Die Wiederverwendung von Komponenten für den Dachbau ist in den Projekten eher die Ausnahme. In Kopenhagen wurden alle verwendeten Materialien für die Dacheindeckung wiederverwendet. 12.000 Dachziegel stammen hierbei aus dem rückgebauten Schulgebäude, auf dessen Grundstück die neuen Gebäude errichtet wurden. An einem Gebäude kamen die Ziegel zudem für die Fassade zum Einsatz. Es ist somit

grundsätzlich möglich, auch Komponenten aus dem und für den Dachbau wiederzuverwenden.

Generell sind die typischen Dachziegel aufgrund ihrer eingehängten Montageweise leicht rückzubauen. „Wenn ihre Oberflächen nicht beschädigt, d.h. frei von Flechten und Ausblühungen sind“, was Andeutungen für eingedrungene Feuchtigkeit darstellt, steht der Wiederverwendung nichts im Weg [15, S. 63]. Als Richtwert kann festgehalten werden, dass Komponenten für „mindestens weitere 40 Jahre“ in ihrem Einsatzgebiet geeignet sein müssen, damit sich das Verbauen der gebrauchten Dachelemente lohnt [15, S. 63].

Jedoch stellt der erhaltende Rückbau und Transport der Dachziegel einen deutlich höheren Aufwand dar, da vorsichtiger vorgegangen werden muss als bei einem Abdecken des Dachs unter Einsatz von Schuttrutschen, welche für Zeitersparnis bei einem Abriss sorgen. Je mehr Dachziegel von einer Baustelle wiedergewonnen werden können, desto wirtschaftlicher ist der Rückbau und desto eher ist deren Wiederverwendung möglich [15, S. 63].

Auch der Einsatz von alternativen Dachmaterialien wie Kupfer im Falle des Projekts Karlsruhe stellt eine Möglichkeit dar, Dächer aus wiederverwendeten Komponenten zu gestalten. Die Elemente für die Kupferfassade im Projekt Dübendorf wurden ebenfalls als Dachmaterial geborgen.

Dämmmaterial

Meist ist das Dämmmaterial in Gebäuden über geklebte Verbindungen an Wänden fixiert, was „eine selektive Abtrennung des Dämmmaterials vor Abbruch des Hauses erfordert.“ [15, S. 154] Dämmstoffe enthalten häufig Schadstoffe, was einer Wiederverwendung im Weg steht. Das Unternehmen Concular gibt an, bisher aufgrund von häufigen Schadstoffgehalten noch kaum Dämmmaterialien zur Wiederverwendung vermittelt zu haben [16]. Es finden dennoch gebrauchte Dämmmaterialien in Form von Steinwolle in zwei Projekten Anwendung (Münchenstein, Basel). In Basel stammt diese beispielsweise von Überresten auf anderen Baustellen [34].

In Bezug auf Mineralwolle, zu welcher auch Steinwolle zählt, wird zwischen alter, krebserzeugender und neuer, nicht krebserzeugender Mineralwolle unterschieden. Es wird über ein Rücknahmesystem mancher Herstellerfirmen berichtet, welche insbesondere bei alter Mineralwolle im Einzelfall über eine Rücknahme entscheiden [15, S.

158 f.]. Bei den Herstellern werden die Überreste zwar wieder in die Produktion übergeben, es kommt jedoch zu einem Einschmelzvorgang, für welchen ein hoher Energieeinsatz notwendig ist [35]; immerhin müssen dafür keine neuen Rohstoffe abgebaut werden. Bei einer direkten Wiederverwendung entfällt dieser energieintensive Schritt. Im Projekt Basel stellte sich dennoch die Frage, ob der Aufwand für die Wiederverwendung der Dämmmaterialien lohnenswert war [35]. Denn im Vergleich zu anderen Komponenten, bei welchen bisher die Entsorgung die einzige Alternative zur Wiederverwendung ist, besteht für Dämmstoffen bereits ein Recyclingsystem.

Dämmungen können zudem aus recycelten und nachwachsenden Materialien gestaltet werden, wie im Projekt Hannover mit alten Jutesäcken und im Projekt Berlin und Winterthur auf Strohbasis.

Fenster und Türen

Die Wiederverwendung von Fenstern und Türen ist bei entsprechender rechtzeitiger Einplanung in den Entwurf – Fenster und auch Türen können unterschiedliche Maße haben – verhältnismäßig leicht umsetzbar und ist deshalb auch in vielen Projekten wiederzufinden. Vor einer Wiederverwendung ist es notwendig, die Eigenschaften in Bezug auf Wärme- und Schallschutz zu prüfen. Hierbei ist ggf. eine Anpassung an energetische Standards vorzunehmen [15, S. 53 f.]. Dass dies möglich ist, wird im Projekt Berlin deutlich. Hier wurden verfügbare doppeltverglaste Altfenster von einer Firma zur Dreifachverglasung aufgerüstet. Die verwendeten Holz-Alu-Fenster aus einem zwei Jahre alten Rückbau konnten bereits vor Planungsbeginn erworben werden [22]. Sollte beispielsweise eine Außentür energetischen Anforderungen für ihren ursprünglichen Zweck nicht mehr erfüllen, kann diese als Innentür umfunktioniert werden [15, S. 54]. Auch die Dichtigkeit von Fenstern und Türen muss gewährleistet werden, was bei Bedarf beispielsweise durch Erneuerung der Dichtungen erfüllt werden kann [15, S. 54]. Für eine hochwertige Wiederverwendung ist ein vorsichtiger Rückbau und entsprechende Lagerung die Voraussetzung.

Außerdem wurde beispielsweise im Projekt Karlsruhe demonstriert, dass es nicht notwendig ist, bei einem Gebäude stets identische Fenster einzusetzen. Dies erleichtert die Wiederverwendung auch für Großbauten, bei welchen der Bedarf an Material in einem kurzen Zeitraum sehr hoch ist. Zudem ist die Schwelle für den Erwerb

gebrauchter Fenster eher gering. Im Projekt Karlsruhe beispielsweise konnten diese unter anderem über die Verkaufsplattform ebay erworben werden.

In Bezug auf Türen zeigt das Projekt Chemnitz, dass nach einer bedarfsgerechten Restaurierung auch bei Gebäuderenovierungen idealerweise auf die identischen Elemente zurückgegriffen werden kann. Dass auch die Wiederverwendung von Brandschutztüren möglich ist, zeigt das Projekt Berlin.

Sanitärobjekte

Bei Sanitäreinrichtungen, worunter „Waschtische, Bade- und Duschwannen, WCs und Urinale“ verstanden werden, ist die Wiederverwendung stark von der vorausgehenden Nutzungsdauer und den hygienischen Anforderungen [15, S. 66 f.]. Außerdem stellt der Rückbau der Einrichtungen je nach Installationen in manchen Fällen eine Herausforderung dar beispielsweise bei eingemauerten Badewannen [15, S. 67]. In den Projekten stellt die Wiederverwendung somit eher die Ausnahme dar.

Auf der anderen Seite ist der Einsatz ausgebauter Altbestandteile im Vergleich zu anderen Komponenten mit einem geringen Aufwand verbunden und die Auswahl der Objekte kann leicht auf die Gegebenheiten angepasst werden. Da „Restbestände von Sanitärfachgeschäften oder aus Musterausstellungen“ oft an Bauteilbörsen gegeben werden, besteht in diesem Bereich meist eine verhältnismäßig große Auswahl [15, S. 67]. So finden sich beispielsweise im Projekt Karlsruhe Sanitärobjekte, welche von Messebauten stammen. Zudem können leicht besondere Ausführungen eingesetzt werden wie beispielsweise im Projekt Hannover eine Waschschale aus Edelstahl von einem ehemaligen Sportcenter.

Zusammengefasst ist mit der Weichenstellung für die Wiederverwendung von Bauteilen das Ermöglichen langer Nutzungsdauern von Gebäuden und ihrer Komponenten mit langlebigen ressourcensparenden Materialien verbunden. Der Fokus auf Trennbarkeit in der Einbauphase zur Steigerung der Flexibilität des Einsatzbereiches und der Stärkung der Wiederverwendbarkeit unterstützt die zentralen Forderungen für die Umsetzung des nachhaltigen Bauens [8, S. 31].

6.2 Heutige Umsetzung der Wiederverwendung

Zentrale Hindernisse und Chancen

Die Wiederverwendung vieler Bauteile ist bereits möglich, was anhand der Projektbeispiele deutlich wird. Von einigen Projektbeteiligten wird der erhöhte Aufwand im Vergleich zum Einsatz neuer Bauteile angesprochen. Dieser bildet sich beispielsweise bei der notwendigen Arbeitszeit für den Rückbau ab. Der erhöhte Aufwand ist bislang mit keinem Kosten-Nutzen-Vorteil von wiederverwendeten Komponenten verbunden, da die finanziellen Aufwendungen sich bislang im Bereich der Verwendung neuer Bauteile bewegen. In den Projekten wird diese Tatsache deutlich an Aussagen wie der, dass der „Ausbau der Materialien, Logistik und Planungsaufwand [...] aber dafür [sorgen], dass das Bauen nicht unbedingt günstiger wurde als wenn man mit Neuware gearbeitet hätte“ [34].

Dies dürfte ein Hauptgrund dafür sein, warum die Wiederverwendung bisher nicht im größeren Maßstab umgesetzt wird. Daraus lässt sich folgern, dass durch eine steigende Verbreitung und Einrichtung weiterer notwendiger Strukturen die Wiederverwendung gut in die Bauwirtschaft zu integrieren sein dürfte. Da der Einsatz wiederverwendeter Komponenten preislich gesehen bereits konkurrenzfähig mit der Verwendung neuer Baukomponenten ist, kann eine Senkung der Hürden dazu führen, dass die Vorteile der Wiederverwendung nicht nur mehr im ökologischen Bereich liegen. Im Projekt Korbach wurde festgehalten, dass „die Lebenszykluskosten für das Modellprojekt zwar nicht untersucht [wurden], Erkenntnisse aus Analysen (...) zeigen aber, dass die Kosten kreislaufgerechter Konstruktionen über den gesamten Lebenszyklus unter Berücksichtigung von Instandhaltungs-, Rückbau- und Entsorgungskosten niedriger sind als diejenigen vergleichbarer konventioneller Konstruktionen“ [24, S. 90].

Es wurde deutlich, dass eine Umsetzung der Wiederverwendung dann wahrscheinlich ist, wenn der Aufwand z.B. bei der Materialbesorgung und dem entsprechenden Transport gering ist. Dies ist vor allem der Fall, wenn ein Rückbauprojekt direkt an einen Neubau vor Ort gekoppelt ist, wie dies beispielsweise im Projekt Cottbus der Fall war. Um diese Chance erleichtert nutzen zu können, besteht die Idee der Einrichtung städtischer Materiallager.

Folgerungen für Deutschland und die Schweiz

Deutschland: In Deutschland gibt es zwar bereits einige Bauten, in denen wiederverwendete Komponenten Anwendung finden, es handelt sich dabei jedoch noch um Ausnahmen und Leuchtturmprojekte in Rahmen von Wettbewerben wie beispielsweise am Projekt Karlsruhe ersichtlich. Zudem werden bei den Gebäuden meist nur manche Aspekte aus wiederverwendeten Komponenten gestaltet, wie beispielsweise im Projekt Viersen deutlich wird, bei dem der Fokus auf der Fassade aus wiederverwendetem Klinker liegt. Dies ist auch an den Steckbriefen ersichtlich, da sich hier Einträge meist auf einen Teilbereich konzentrieren. Der Punkt, dass die Wiederverwendung standardmäßig in allen Bauten berücksichtigt wird, ist hierbei noch nicht erreicht. Dies wird aktuell durch viele gesetzliche Regelungen wie auch die Landesbauordnungen erschwert. Dennoch lassen die vorgestellten deutschen Forschungsprojekte auf ein erstarkendes Wissen und Bewusstsein der Handlungsmöglichkeiten im Bauwesen schließen. Zudem wird ersichtlich, dass aktuell vor allem auf kommunaler und städtischer Ebene Projekte realisiert und erste Schritte für die stärkere Berücksichtigung nachhaltiger Bauweisen getätigt werden. Dies wird beispielsweise am Projekt Korbach mit dem Neubau des Rathauses deutlich, aber auch an den Vorgaben, die sich Städte wie Berlin gesteckt haben in Bezug auf Rückbau von Gebäuden, Trennung der Materialien und Einsatz recycelter Komponenten [19].

Generell kann das Vorgehen in Deutschland als vorsichtig beschrieben werden, was beispielsweise auch an im Vergleich zu anderen Ländern geringeren Einsatzquoten von Recyclingbeton als Zuschlag zu neuem Material deutlich wird [16]. Trotz des großen Anteils an den Treibhausemissionen und dem Ressourcenverbrauch in Deutschland, kommt der Baubranche bislang verhältnismäßig wenig Aufmerksamkeit zu im Vergleich zu den Bereichen Industrie, Mobilität und Energiewirtschaft [4, S. 24]. Um den Green Deal und die Forderung nach einer Kreislaufwirtschaft bis 2050 umzusetzen, steht die Bundesregierung noch vor der Umsetzung weitreichender Maßnahmen, beispielsweise um die Wiederverwendung von Baukomponenten zu erleichtern. Stellungnahmen wie jene der baden-württembergischen Regierung sowie das Inkrafttreten von Regelwerken wie der DIN SPEC, zeigen auch in Deutschland Wege für eine zukünftige Berücksichtigung wiederverwendeter Baukomponenten auf.

Schweiz: Im Vergleich dazu ist bei den vorgestellten Projekten aus der Schweiz überwiegend ein ganzhaltiges, konsequentes Wiederverwendungskonzept zu erkennen, mit Steckbriefeinträgen in allen Bereichen. Als Folgerung ist hierbei möglich, dass in der Schweiz bessere Rahmenbedingungen für eine Wiederverwendung vorherrschen. In der Schweiz finden sich sowohl auf Planungs- als auch auf Umsetzungsseite mehrere renommierte Unternehmen in diesem Fachbereich wie das Baubüro in situ und somit eine starke Expertise für Wiederverwendung von Baukomponenten, sodass dies nicht mehr nur in Forschungsprojekten umgesetzt wird. Allerdings finden sich auch deutsche Beteiligungen an Realisierungen in der Schweiz, wie im Projekt Dübendorf ersichtlich. Es ist denkbar, dass die rechtliche Situation in der Schweiz einfacher gestaltet ist. Weiterhin ist ein stärkeres Bewusstsein für die Nachhaltigkeit der Wiederverwendung von Baukomponenten denkbar, sowie ein besseres Gespür für dessen wirtschaftliches Potential.

7 Ausblick

Es wird deutlich, dass es sich bei der Wiederverwendung um ein wichtiges, herausforderndes und vielschichtiges Feld der aktuellen Zeit mit guten Handlungsmöglichkeiten in Bezug auf Ressourcenschutz und Emissionsminderung handelt, welches zudem Berührungspunkte zu anderen gesellschaftlich bedeutenden Aspekten aufweist. So konnte in dieser Arbeit nur ein kleiner Einblick in die Thematik gegeben werden und es bestehen zahlreiche Möglichkeiten sich der Problemstellung über andere Zielsetzungen zu nähern.

In unserer derzeitigen Situation sind bisher Abriss und Neubau von Gebäuden die Regel, wobei bisher nur langsam und in Nischen ein Umdenken zu erkennen ist. Der bestehenden Wohnungsmarktkrise soll von der Regierung mit dem Schaffen von jährlich 400.000 Wohnungen begegnet werden [4, S. 11]. Neben dem Rückgriff auf Bestandsgebäude werden hierbei auch Neubauten eine große Rolle spielen, bei welchen im besten Fall auf die zahlreichen Möglichkeiten der Wiederverwendung zurückgegriffen wird. Da in verschiedensten Gebieten des Bundes Bedarf an Baumaterialien für den Wohnungsbau herrscht und wiederverwendete Komponenten nicht immer aus direkter Umgebung bezogen werden können, ist eine Ausweitung der Forschung auf überregionale Kataster und zudem ein Fokus auf wiederzuverwendende Gebäude

wünschenswert, da durch letzteres mit Erhalt des Rohbaus ein Großteil an Treibhausgasen und Ressourcen eingespart werden kann. Durch diesen Aspekt kann auch auf einen bedeutenden Einfluss einer konsequenten CO₂-Bepreisung im Bausektors geschlossen werden.

Die in dieser Arbeit vorgestellten Projekte stammen überwiegend aus dem europäischen Bereich, wodurch industrialisierte Nationen mit schnelllebigen Wirtschaftsformen gut repräsentiert sind. Hier wäre es zudem erkenntnisreich, einen Vergleich zu Entwicklungsländern zu ziehen und zu untersuchen, inwiefern die Neubaukultur abhängig vom Wohlstand eines Landes entstanden ist. Es sind andere Beweggründe für das Einsetzen wiederverwendeter Baukomponenten als in Industrieländern zu vermuten. Zudem ist es denkbar, dass traditionelle Baukulturen existieren, in welchen Wiederverwendung ein zentrales Instrument darstellt. Im Gegensatz dazu wird durch aktuelle Trends der Bautechnik und eine verstärkte individuelle Gestaltung von Baukomponenten deren Wiederverwendung erschwert. Recherchen und Untersuchungen in diese Richtung wären auch unter dem Aspekt spannend, durch welche Strukturen Bautraditionen verdrängt wurden, und ob es möglich ist, für unsere heutige Zeit von entsprechenden Kulturen und Bauweisen zu lernen. Der Austausch und die Zusammenarbeit über Ländergrenzen und Bautraditionen hinweg stellt hierbei eine Möglichkeit dar, nachhaltige Bauweisen zu stärken und zu erhalten.

Literaturverzeichnis

- [1] L. Kreiß et al., „Baustelle Ressourcenwende: Glossar“, Jan. 2022. Zugegriffen: 9. März 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://rebau.info/wp-content/uploads/2022/12/1221_Handbuch_Glossar_digital.pdf
- [2] Umweltbundesamt, „Erdüberlastungstag: Ressourcen für 2022 verbraucht“, Erdüberlastungstag: Ressourcen für 2022 verbraucht. Zugegriffen: 26. März 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/erdueberlastungstag-ressourcen-fuer-2022-verbraucht>
- [3] „Bauteil-Entwicklung - renat-Bau“. Zugegriffen: 13. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.renatbau.de/bauteil-entwicklung.html>
- [4] B. Bundesstiftung und R. Nagel, „Baukultur Bericht 2022/23: neue Umbaukultur“, Bundesstiftung Baukultur, Jan. 2022. Zugegriffen: 26. März 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bundesstiftung-baukultur.de/publikationen/baukulturbericht/2022-23>
- [5] „Abfallwirtschaft in Deutschland 2023 Fakten, Daten, Grafiken“, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV), 2023. Zugegriffen: 2. Mai 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/abfallwirtschaft_2023_bf.pdf
- [6] Deutsche Energie-Agentur, „DENA-GEBÄUDEREPORT 2022: Zahlen, Daten, Fakten“, Jan. 2021. [Online]. Verfügbar unter: https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2021/dena-Gebaeudereport_2022.pdf
- [7] Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, „Umweltfußabdruck von Gebäuden in Deutschland: Kurzstudie zu sektorübergreifenden Wirkungen des Handlungsfelds ‚Errichtung und Nutzung von Hochbauten‘ auf Klima und Umwelt“, Bonn, Dez. 2020. [Online]. Verfügbar unter: https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/bbsr-online/2020/bbsr-online-17-2020-dl.pdf?__blob=publicationFile&v=3
- [8] L. Kreiß et al., „Baustelle Ressourcenwende: Architektur“, Jan. 2022. Zugegriffen: 9. März 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.re-source.com/wp-content/uploads/2023/06/ReBAU-2023-Baustelle-Ressourcenwende-Architektur.pdf>

- [9] Oliver S. Kaiser, „Rückbau im Hochbau – Aktuelle Praxis und Potenziale der Ressourcenschonung“, Jan. 2019. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.ressource-deutschland.de/service/publikationen/detailseite/ka-26-rueckbau-im-hochbau/>
- [10] F. Müller u. a., „Leitsätze einer Kreislaufwirtschaft“, Umweltbundesamt, Feb. 2020. Zugegriffen: 26. März 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020_04_27_leitlinie_kreislaufwirtschaft_bf.pdf
- [11] J. Kirchherr, D. Reike, und M. Hekkert, „Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions“, *Resour. Conserv. Recycl.*, Bd. 127, S. 221–232, Dez. 2017, doi: 10.1016/j.resconrec.2017.09.005.
- [12] Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V., „Die EU-Taxonomie: Eine Einführung für Bauunternehmen“. Zugegriffen: 26. März 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.bauindustrie.de/fileadmin/bauindustrie.de/Media/Veroeffentlichungen/EU-Taxonomie_final.pdf
- [13] B. Saebel und N. Razavi, „Wieder- und Weiterverwendung von Bauteilen und -elementen: Antrag und Stellungnahme“. 1. Januar 2023. Zugegriffen: 26. März 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.landtag-bw.de/files/live/sites/LTBW/files/dokumente/WP17/Drucksachen/4000/17_4008_D.pdf
- [14] G. Schiller u. a., „Kartierung des anthropogenen Lagers IV: Erarbeitung eines Gebäudepass- und Gebäudekatasterkonzepts zur regionalisierten Erfassung des Materialhaushaltes mit dem Ziel der Optimierung des Recyclings - Konzepte für Materialinventare und -kataster“, 2022. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/kartierung-des-anthropogenen-lagers-iv-erarbeitung>
- [15] U. Dechantsreiter u. a., „Instrumente zur Wiederverwendung von Bauteilen und hochwertigen Verwertung von Baustoffen“, Umweltbundesamt, 2014. Zugegriffen: 30. März 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_93_2015_wiederverwertung_von_bauteilen_0.pdf
- [16] S. Reich, „Kreislaufwirtschaft im Gebäudesektor: wie funktioniert zirkuläres Bauen“. Zugegriffen: 2. Mai 2024. [Online]. Verfügbar unter:

<https://zukunftswerk.buzzsprout.com/1878675/13685885-kreislaufwirtschaft-im-gebauedesektor-wie-funktioniert-zirkulares-bauen>

[17] Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat, „Leitfaden Nachhaltiges Bauen: Zukunftsfähiges Planen, Bauen und Betreiben von Gebäuden“, Jan. 2019. [Online]. Verfügbar unter: https://www.bmwsb.bund.de/SharedDocs/downloads/Webs/BMWSB/DE/publikationen/bauen/leitfaden-nachhaltiges-bauen.pdf;jsessionid=09A1DDC8FAB978FD0F10A5D352C68D80.live871?__blob=publication-File&v=5

[18] A. Braune, C. Ruiz Durán, und J. Gantner, „Leitfaden zum Einsatz der Ökobilanzierung“, DGNB, Leitfaden, 2018. [Online]. Verfügbar unter: https://static.dgnb.de/fileadmin/_archiv/de/dgnb_system/service/reports/DGNB-LCA-Leitfaden.pdf?m=1581496840&

[19] Deutsche Presse-Agentur, „Der Umwelt zuliebe: Heidelberg baut aus alten Häusern neue“. Zugegriffen: 15. April 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.schwaebische.de/wirtschaft/der-umwelt-zuliebe-heidelberg-baut-aus-alten-haeusern-neue-2424297>

[20] M. Bauer, P. Mösle, und M. Schwarz, *Green Building: Leitfaden für nachhaltiges Bauen*, 2. Aufl. 2013. Zugegriffen: 26. März 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642-38297-0>

[21] Dr. C. Lemaitre, „Die Lücke schließen: das DGNB Zertifikat für Rückbau“. Zugegriffen: 26. März 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://blog.dgnb.de/die-luecke-schliessen-das-dgnb-zertifikat-fuer-rueckbau/>

[22] J. Ahrenberg, „CRCLR house, Berlin Aufgebaut aus Ruinen“, *dbz*, Nr. 05 2023, S. 48–51.

[23] M. Porth und H. Schüttrumpf, *Wasser, Energie und Umwelt: Aktuelle Beiträge aus der Zeitschrift Wasser und Abfall II*, 1. Aufl. Wiesbaden: Springer Fachmedien (2022), 2022. [Online]. Verfügbar unter: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-658-35607-1>

[24] D. Hebel und F. Heisel, *Besser - Weniger - Anders Bauen: Kreislaufgerechtes Bauen und Kreislaufwirtschaft: Grundlagen - Fallbeispiele - Strategien*. Basel:

Birkhäuser, 2022. Zugegriffen: 26. März 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://e-bookcentral.proquest.com/lib/kxp/detail.action?docID=7127783>

[25] *Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen: KrWG*. 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.gesetze-im-internet.de/krwg/>

[26] Dr.-Ing. A. Mettke, „Material- und Produktrecycling – am Beispiel von Plattenbauten: Zusammenfassende Arbeit von 66 eigenen Veröffentlichungen“, Brandenburgische Technische Universität Cottbus, Cottbus, Jan. 2010. Zugegriffen: 26. März 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.researchgate.net/publication/331398039_Material-_und_Produktrecycling_-_am_Beispiel_von_Plattenbauten

[27] Dipl.-Ing. S. Heyn und Dr.-Ing. A. Mettke, „Rückbau industrieller Bausubstanz – Großformatige Betonelemente im ökologischen Kreislauf: Schlussbericht zum Forschungsvorhaben“, Brandenburgische Technische Universität Cottbus, Cottbus, Jan. 2008. Zugegriffen: 26. März 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www-docs.b-tu.de/ag-baurecycling/public/Forschungsberichte/0__Einfuehrung.pdf

[28] Dirk Hebel, *Sortenrein Bauen - Methode, Konstruktion, Material*. 2023. Zugegriffen: 30. März 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.researchgate.net/publication/374264938_Sortenrein_Bauen_-_Methode_Konstruktion_Material

[29] Dr. Viola John, Prof. Dr.-Ing. Thomas Stark und BBSR, „Wieder- und Weiterverwendung von Baukomponenten (RE-USE): Potenzial zur systematischen Wieder- und Weiterverwendung von Baukomponenten im regionalen Kontext und Realisierung eines Pilotprojektes“. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/bbsr-online/2021/bbsr-online-27-2021.html>

[30] „Den Bestand wiederverwenden“, *Deutsche BauZeitschrift*, 29. Juni 2021. [Online]. Verfügbar unter: https://www.dbz.de/artikel/dbz_Den_Bestand_wiederverwenden-3662941.html

[31] B. Hauke, B. Kasal, H. Kloft, und O. Tessmann, „Wiederverwendung von tragenden Bauteilen: Wie Holz-, Stahl- und Betonelemente zirkulär genutzt werden können“. [Online]. Verfügbar unter:

<https://www.bauingenieur24.de/artikel/wiederverwendung-von-tragenden-bauteilen-wie-holz-stahl-und-betonelemente-zirkulaer-genutzt-werden-koennen/>

[32] Dr. W. Trinius *u. a.*, „Grundlagen und Empfehlungen zur Beschreibung der Rückbau-, Nachnutzungs- und Entsorgungsphase von Bauprodukten in Umweltproduktdeklarationen Grundlagen und Empfehlungen zur Beschreibung der Rückbau-, Nachnutzungs- und Entsorgungsphase von Bauprodukten in Umweltproduktdeklarationen – Ein Leitfaden für Bauproduktindustrie und Normungsgremien zur Ausgestaltung der Module C und D in EPD und PCR“, Jan. 2020. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/grundlagen-empfehlungen-zur-beschreibung-der>

[33] D. Fischer und D. Pyschny, „Wiederverwendung“. Zugegriffen: 26. März 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.nbau.org/2023/10/18/wiederverwendung/>

[34] „Kultur- und Gewerbehäuser von baubüro in situ und zirkular / Urban Mining in Basel - Architektur und Architekten - News / Meldungen / Nachrichten - BauNetz.de“. Zugegriffen: 31. März 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.baunetz.de/meldungen/Meldungen-Kultur-_und_Gewerbeh%C3%A4user_von_baubuero_in_situ_und_zirkular_7608855.html

[35] T. Cieslik, „Gewerbe- und -Kulturhaus Elys, Basel/CH - Deutsche BauZeitschrift“, *Dtsch. Bauz.*, Nr. 04 2021, S. 30–35.

[36] „Cradle to Cradle® | Drees & Sommer“. Zugegriffen: 29. April 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.dreso.com/de/dreso/nachhaltig/cradle-to-cradle>

[37] Dipl.-Ing. S. Heyn, Dr.-Ing. A. Mettke, S. Asmus, und E. Ivanov, „Wiederverwendung von Plattenbauteilen in Osteuropa“, Brandenburgische Technische Universität Cottbus, Endbericht – Bearbeitungsphase I, 2008. [Online]. Verfügbar unter: https://www-docs.b-tu.de/ag-baurecycling/public/Forschungsberichte/AZ_22286_Bericht_DBU_Tschechien.pdf

[38] „Klimaneutraler Neubau mit Betonfertigteilen - Nachhaltigkeit - BTU Cottbus-Senftenberg“. Zugegriffen: 30. März 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.b-tu.de/nachhaltigkeit/aktuelles/ansicht/22745-klimaneutraler-neubau-mit-betonfertigteilen>

[39] N. Haustein und T. Pross, *Bauhäusle*. Köln: Rudolf Müller Verlag, 1986.

- [40] B. Epple, „Bauhäusle: Wohnheim zum Selberbauen“. 1. Januar 2021. Zugegriffen: 26. März 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.swr.de/room-tour/bauhaeusle-wohnheim-zum-selberbauen-100.html>
- [41] „Nationale Stadtentwicklungspolitik - Projekte - Cottbus-Sachsendorf-Madlow ‚Stadt villen‘“. Zugegriffen: 30. März 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.nationale-stadtentwicklungspolitik.de/NSP/SharedDocs/Projekte/WSPProjekte_DE/Cottbus_Sachsendorf_Madlow_Stadt villen.html;jsessionid=1FCEF1A94BF8813057F0B1B0A8C1A-EDA.live11293?nn=2890948#doc1563498bodyText1
- [42] C. Ryll, „Verwaltungsgebäude und Betriebshof, Neustadt in Holstein: Ein Neubau mit recycelten und wiederverwendeten Materialien“, *Zuschnitt88*, Bd. 23. Jahrgang, S. 14–15, Jan. 2023.
- [43] C. Porschen, „Recycling beim Bau“. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.kfw.de/stories/gesellschaft/bauen/neustadt-kreislaufwirtschaft/>
- [44] [Online]. Verfügbar unter: <https://www.nachhaltigkeitspreis.de/architektur/preistraeger-architektur/2021/sieger-und-finalisten-2021/recycling-haus?c=vaqrk&cHash=de680041b5f9de0670ffc208fbb9a01d>
- [45] Konradin Medien GmbH, „Casa Rossa Chemnitz“. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.arcguide.de/projekte/casa-rossa-chemnitz-bodensteiner-fest/>
- [46] „Casa Rossa Chemnitz - Architekturobjekte - heinze.de“. Zugegriffen: 9. Mai 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.heinze.de/architekturobjekt/casa-rossa-chemnitz/12813577/>
- [47] Dr. C. Mostert, Dr. H. Sameer, D. Glanz, Prof. Dr. S. Bringezu, und Prof. Dr. A. Rosen, „Neubau aus Rückbau: Wissenschaftliche Begleitung der Planung und Durchführung des selektiven Rückbaus eines Rathausanbaus aus den 1970er-Jahren und der Errichtung eines Neubaus unter Einsatz von Urban Mining (RückRat)“, Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, Jan. 2021. Zugegriffen: 26. März 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/bbsr-online/2021/bbsr-online-15-2021.html>

- [48] Team Deutschland Solar Decathlon Europe 21/22 et al., *Solares und kreislaufgerechtes Bauen : die deutschen Beiträge zum Solar Decathlon Europe 21/22*. Karlsruher Institut für Technologie (KIT), 2023. doi: 10.5445/IR/1000153927.
- [49] dbz, „ANERKENNUNG Neubau Kreisarchiv Viersen: DGM Architekten, Krefeld“. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.dbz.de/artikel/anererkennung-neubau-kreisarchiv-viersen-3945149.html>
- [50] Dr. M. Habersack, „Nachhaltig und zirkulär – der Neubau des Kreisarchivs Viersen“. Zugegriffen: 30. März 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.lkt-nrw.de/aktuelles-und-presse/verbandszeitschrift/schwerpunkte/nachhaltig-und-zirkulaer-der-neubau-des-kreisarchivs-viersen/>
- [51] C. Schöningh, M. Lorenz, J. Baier, A. Flock, J. Tiemeier, und K. Le Roux, „Transformation bauen – das CRCLR-Haus in Berlin“. Zugegriffen: 26. März 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.nbau.org/2022/12/08/transformation-bauen-das-crclr-haus-in-berlin/>
- [52] C. Vallero, „Concular führt das Baumaterial zurück in den Kreislauf und revolutioniert damit eine ganze Branche.“, KfW Stories. Zugegriffen: 7. Mai 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.kfw.de/stories/wirtschaft/gruenden/concular/>
- [53] Partner und Partner Architekten, „De Tokomen Tied“. [Online]. Verfügbar unter: <https://partnerundpartner.com/de/projekte/gruenderzentrum-green-economy-bremerhaven-2020/>
- [54] „NACHHALTIGES BREMERHAVEN: DIE ZUKUNFT IM BLICK |“. Zugegriffen: 30. März 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://green-economy-bremerhaven.de/2022/10/nachhaltiges-bremerhaven-die-zukunft-im-blick/>
- [55] „Baugebiet ‚Ressourcenschutzsiedlung Bedburg-Kaster‘“. Zugegriffen: 18. Mai 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bedburg.de/Stadtentwicklung-Bauen-Wirtschaft-und-Ausschreibungen/Bauen/Baugrundstuecke.htm/Seiten/Baugebiet-Ressourcenschutzsiedlung-Bedburg-Kaster.html>
- [56] „Stadt als Mine - Wohnmodul im Forschungsgebäude NEST - Haute Innovation“. Zugegriffen: 19. Mai 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.haute-innovation.com/publikationen/artikel/nest-wohnmodul/>

- [57] „The Kendeda Building | The Greenest Classroom Building in the U.S.“
Zugegriffen: 30. Mai 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://livingbuilding.gatech.edu/>
- [58] C. Simme, „K.118, Winterthur Holz, Stroh, Lehm und alles, was schon da ist“, *Zuschnitt88*, Bd. 23.Jahrgang, S. 18–19, 2023.
- [59] G. Graf, „Wie die zirkuläre Bauweise funktioniert“, Bd. 2023, Nr. 3, S. 17–21.
- [60] N. Greve, „Kindergarten The Swan, Kopenhagen/DK Materiallager vor Ort“, *Dtsch. Bauz.*, Nr. 05 2023, S. 52–57, Jan. 2021.
- [61] „Projekte - Cityförster“. Zugegriffen: 4. Mai 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.cityfoerster.net/projekte/recyclinghaus_-218-1.html

Anhang

Anhang 1 - Interviews mit Unternehmen im Gebrauchtholzhandel.....	102
Hubert Rupp Historische Baustoffe	103
ResAnDes	105
Rebouw historische Baustoffe	106
Anhang 2 – Steckbriefe der Projekte aus Deutschland	107
Bauhäusle (Projekt Stuttgart)	107
Stadtvillen Cottbus (Projekt Cottbus).....	111
Verwaltungsgebäude und Betriebshof in Neustadt in Holstein (Projekt Neustadt)	113
Recyclinghaus Hannover (Projekt Hannover)	116
Casa Rossa (Projekt Chemnitz)	119
Rathaus Korbach (Projekt Korbach).....	122
RoofKIT (Projekt Karlsruhe)	125
Kreisarchiv Viersen (Projekt Viersen).....	128
CRCLR-Haus Berlin (Projekt Berlin).....	130
De Tokomen Tied (Projekt Bremerhaven).....	134
4R Haus (Projekt Bedburg)	136
Anhang 3 – Steckbriefe der internationalen Projekte	138
Recyclingcenter Kringloop Zuid (Projekt Maastricht).....	138
Forschungs- und Demonstrationsplattform NEST (Projekt Dübendorf).....	140
Kendeda Building for Innovative Sustainable Design (Projekt Atlanta)	143
ELYS (Projekt Basel).....	146
K.118 (Projekt Winterthur).....	150
Primeo Energie Kosmos (Projekt Münchenstein)	154
Kindergarten The Swan (Projekt Kopenhagen).....	158

Anhang 1 – Interviews mit Unternehmen im Gebrauchtholzhandel

Leitfragen:

1. Was lohnt sich an dem Bereich Ihrer Branche? Was sind Ihre Beweggründe?
2. Aus welchem Bereich stammen ihre Kunden? (Unternehmen, Privatpersonen?)
3. Wie denken Sie wird die zukünftige Entwicklung aussehen? Wird es mehr Unternehmen brauchen, die allgemein gebrauchte aufbereitete Baukomponenten weiterverkaufen?
4. Gibt es Beispiele für Leuchtturmprojekte, bei denen ihre Materialien verbaut wurden?
5. Wie läuft der Vorgang ab, neues Material zu bekommen: Kontakt zu Rückbau herstellen, Abholen, Rückbauen...?

Interviews mit den Unternehmen:

a) Hubert Rupp Historische Baustoffe³⁰

Interview durchgeführt am: 06.11.2023

1. Das Unternehmen, welches aus dem Restaurationsbereich stammt, sieht den Bedarf an originalgetreuen Balken für gutes originalgetreues Restaurieren. Die Wiederverwendung geht hier zwar einher, stellt jedoch nicht Hauptbeweggrund für sie dar. Außerdem reiche die Wiederverwendung laut dem Unternehmen nicht v als Vermarktungsgrund aus bzw. der Aspekt bringt vermarktungsmäßig keine Vorteile.

2. Der nachhaltige Aspekt der Wiederverwendung spiele eher bei der jungen Generation eine Rolle, welche jedoch nicht zu den Kunden zählt. Hier handelt es sich eher um Menschen, die aus ästhetischen Gründen und den entsprechenden Eigenschaften an historischem Holz interessiert sind. So sind die Zahlen der Privatkunden in letzter Zeit angestiegen wegen einem verstärkten Interesse und Trend zu entsprechenden Dekorationen oder beispielsweise Einrichtungen von Filialen, wobei die Nachfrage die möglichen Unternehmenskapazitäten übersteigen.

Das Unternehmen berichtet von überwiegend Kunden aus dem Gewerbe wie Zimmereien und Handwerksbetrieben, die für Restaurationen originalgetreues Material benötigen.

³⁰ <https://www.rupp-historische-baustoffe.de/> (Zugriff am 01.05.2024)

3. In der Zeit der Corona-Pandemie konnte das Unternehmen eine Knappheit an neuem Holz beobachten, bei welchem es somit einen preislichen Anstieg gab. Dadurch wurde auch Altholz begehrter. Zudem wurde dieses laut dem Unternehmen auch vermehrt in Schredder Anlagen verbraucht zur Herstellung und Nutzung von Hack-schnitzeln. Auch wenn für Restaurationen meist nur Kleinstmengen benötigt werden, war es hier auch für Restauratoren schwieriger an Material zu kommen. Ansonsten ist der Bereich eher selten von Engpässen betroffen, da es sich um eine Nische handelt. Generell sieht das Unternehmen eine Notwendigkeit des Umdenkens. Die Recycling-fähigkeit von Komponenten soll gestärkt werden. Zudem soll auf den Einsatz von Ver-bundstoffe aufgrund der verkleben Bestandteile verzichtet werden und damit der Rück-bau ermöglicht werden. Das Unternehmen gibt an, sich schon länger in diesem Be-reich zu beschäftigen beispielsweise über die Teilnahme einer Befragung von Studie-renden über das Opalis Netzwerk ³¹.

Außerdem erfolgt die Handlungsaufforderung an die Gesetzgebung entsprechende Rahmenbedingungen zu schaffen, um die Branche zu stärken. Das Unternehmen er-halte mehr Anfragen als es Aufträge eingehen könnte auch aufgrund von begrenzten Lagerflächen. Bisher ist laut dem Unternehmen hier kein Anreiz erkennbar, da der zeit-liche und finanzielle Aufwand für einen Rückbau deutlich höher liegt im Vergleich zum Einsatz neuer Materialien. Außerdem besteht die Meinung, dass statt mehr neuen Un-ternehmen in diesem Bereich vor allem ein größeres Netzwerk notwendig und hilfreich sei. Außerdem sei es wichtig eine breitere Spanne an Materialien und Kosten abde-cken zu können.

4. Zu dieser Frage äußert sich das Unternehmen nur mit dem Verweis auf die Stadt Kopenhagen, in welcher bereits seit über 35 Jahren Baustoffrecycling betrieben werde. Zudem werden die Bauteilbörsen der Schweiz und in Bremen positiv referenziert.

5. Um das entsprechende Material zu erhalten, habe sich das Unternehmen mit der Zeit ein stabiles Netzwerk aufgebaut. Hier kommt es zur Zusammenarbeit und der In-formationweitergabe. Nach einer Begutachtung, ob die zur Verfügung stehenden Bauteile gebraucht werden können, folgt der Ausbau, welcher sehr individuell je nach Projekt und Material, entweder selbst oder von anderen Kräften durchgeführt wird. Als Baustoffhändler sei es notwendig sehr breit aufgestellt zu sein mit verschiedenen

³¹ <https://opal.is.eu/en> (Zugriff am 01.05.2024)

Kompetenzen, wie beispielsweise Ausbauspezialisten zur Bergung der Komponenten. Da es sich um ein recht kleines Unternehmen handelt (eine angestellte Person, zwei Hilfskräfte), muss die verfügbare Lagerkapazität genau im Blick behalten und gut organisiert werden. Allgemein werde viel Material vor Ort vorrätig gehalten und dabei auch eine gewisse Vielfalt angeboten. Das Annehmen von Aufträgen sei nur dann möglich und sinnvoll, wenn alles notwendige Material von einem Restaurationsunternehmen angeboten werden könne.

b) ResAnDes32

Interview durchgeführt am: 30.10.2023

1. Das Unternehmen ResAnDEs kommt aus dem Bereich des Innenausbau und der Restaurierung. Es sei eher unbeabsichtigt durch einen Hype an ästhetischen, alten Baukomponenten in Handel eingestiegen. Nun steht es nach eigenen Angaben als Marktführer im ostdeutschen Raum dar und handle überwiegend mit Komponenten aus Osteuropa.

2. Bei den Kunden handle es sich jeweils zur Hälfte um das Gewerbe und Privatpersonen. Diese stammen vor allem aus der Schweiz, Österreich und Frankreich. Unter den Kunden finden sich Personen aus nahen Städten, die beispielsweise für eine Palette an besonderen Ziegeln angereist kommen und somit als Liebhabende an dem Stil angesehen werden können. Auch für Arbeiten im Denkmalschutz hat sich das Unternehmen einen Namen gemacht, wobei gute Kontakte zu zuständigen Behörden bestehen. Einer Schätzung nach sind nur 0,2% der Kunden aufgrund der Nachhaltigkeit von alten Holzbauteilen an den angebotenen Produkten interessiert. Eine Vermutung legt nahe, dass Menschen mit diesen Beweggründen sich die entsprechenden Altholzkomponenten meist nicht leisten können.

3. Das Unternehmen gibt an nicht direkt im Bereich der Kreislaufwirtschaft, vor allem aus einer ökologischen Perspektive tätig zu sein. Die Zukunft in diesem Gebiet sei ungewiss und stark von politischen Entscheidungen abhängig, weshalb das Unternehmen zu dieser Frage keine Einschätzung abgeben möchte.

³² <https://resandes.de/alholz-recycling> (Zugriff am 01.05.2024)

4. Das Unternehmen gibt an Ziegel für einen Bau auf der Museumsinsel in Berlin geliefert zu haben. Zudem waren sie an der Bereitstellung von Komponenten für das Mauerwerk eines Jagdschlusses Potsdam beteiligt.

5. Das Unternehmen habe sich ein großes Netzwerk in Osteuropa aufgebaut, und konnte hier wegen der praktischen Lage an polnisch-tschechischen Grenze Fuß fassen. Außerdem werde der Kontakt zu Kommunen über geltendes Entsorgungsrecht gehalten. Hierbei seien die Behörden nach Angaben des Unternehmens froh über den Kontakt mit ResAnDes, da diese den Rückbau unterstützen. Das Unternehmen weist zudem unter anderem einen bestehenden Vertrag mit der Stadt Breslau auf, in welchem festgelegt ist, dass alle dort anfallenden Komponenten aus Rückbauten an ResAnDes gehen, wodurch zunächst kein weiteres Unternehmen Einzug in diese Nische erfahren wird. Das Unternehmen habe allgemein ein großes Einzugsgebiet, in welchem Mitarbeitenden nach der Begutachtung möglicher brauchbarer Komponenten vor Ort diese selbst zurückbauen. Hierbei handle es sich beispielsweise Ziegel aus Industrieabrissen.

c) Reboww historische Baustoffe³³

Interview durchgeführt am: 30.10.2023

1. Das Unternehmen ist durch den Bau eines neuen Gebäudes vor zehn Jahren auf Altbaukomponenten gestoßen - historische Klinker von vier Gebäuden aus Belgien wurden verwendet - und habe daraufhin den Handel aufgebaut.

2. Die Kundenzusammensetzung sei sehr gemischt. Es gäbe viele Neubaukunden, aber auch Museen und Projekte mit denkmalgeschützten Gebäuden, da hier besondere Anforderungen bzgl. Der Baustoffe eingehalten werden müssen.

3. Das Unternehmen geht davon aus, dass der Bereich weiterhin eine Nische bleiben wird, da viel Wissen erforderlich ist z.B. darüber, welche Baustoffe noch wiederverwendbar sind. Außerdem sind Vorgaben beispielsweise im Bereich Denkmalschutz regional verschieden und sehr komplex.

4. Das Unternehmen ist an vielen kleinen Projekten beteiligt, welche hier jedoch nicht genannt werden dürfen.

³³ <https://www.reboww.net/> (Zugriff am 01.05.2024)

5. Das Unternehmen hat eine Zusammenarbeit mit der Firma Altbauhaus, welche geplante Abrissgebäude an Rebouw meldet. Das Unternehmen schickt anschließend Expert*innen vor Ort zur Begutachtung und Ermittlung noch zu verwertender Komponenten. Nach einem extern durchgeführten Rückbau werden diese an Rebouw geliefert, vor Ort gelagert und in den Handel eingebunden.

Anhang 2 – Steckbriefe der Projekte aus Deutschland

Bauhäusle (Projekt Stuttgart)		
Objekt	Studierendenwohnheim aus mehreren Einzelhäusern mit 30 Zimmern	
Ort	Stuttgart	
Bauherr*in	Universität Stuttgart	
Architektur	Peter Sulzer, Peter Hübner, Architektur-Studierende der Universität Stuttgart	
Nutzfläche/ umbauter Raum	13 - 22 m ² pro Zimmer	
Fertigstellung	1982	
Wiederverwendete Baukomponenten - Rohbau/Fassade/Dach		Materialquelle
Holz für Fassade, Fußboden, Treppen		k.A.
Gelenk für drehbare Holzrahmenkonstruktion (Bild 10)		Traktorfelge von Schrottplatz
Fassade aus Offsetplatten		Elemente, mit denen früher Papiertüten bedruckt wurden
Wiederverwendete Baukomponenten - Fenster/Türen		Materialquelle
Fenster, Türen		k.A.
Wiederverwendete Baukomponenten - Innenausbau		Materialquelle
Treppe		alte Leiter
Geländer		alte Hängematte
Gesamtmenge an wiederverwendetem Material		
k.A.		

Sonstiges

- meiste Komponenten aus Materialspenden
- stetiger Umbau durch neue Bewohnende

Verwendete Quellen:

- T. P. Norbert Haustein, *Bauhäusle*. Köln: Rudolf Müller Verlag, 1986.
- Bastian Epple, *Bauhäusle: Wohnheim zum Selberbauen*, 2021. Zugriff am: 12. März 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.swr.de/room-tour/bauhaeusle-wohnheim-zum-selberbauen-100.html>

Bild 1



Bild 8



Bild 2



Bild 3



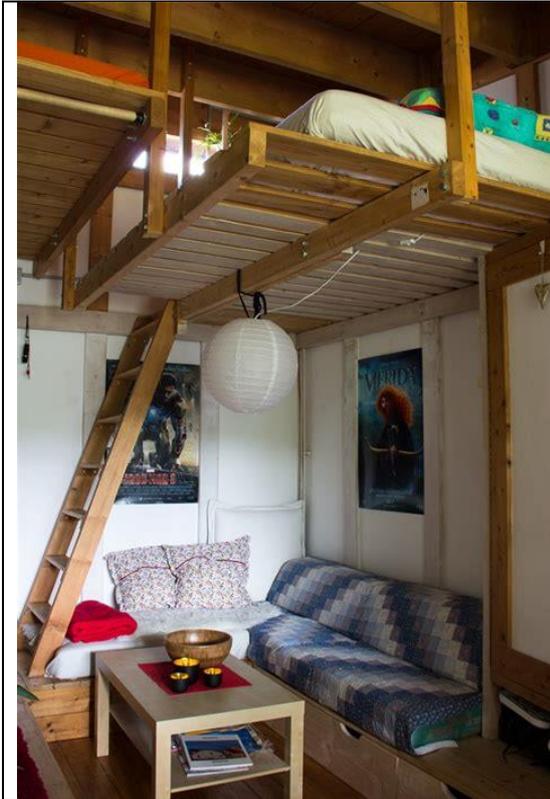
Bild 4



Bild 5



Bild 6



Bildquellen:

Bild 1: <https://tse2.mm.bing.net/th?id=OIP.wsDwKkbOF3oLJ9QQtucqSQHaFh&pid=Api> (Zugriff am 02.02.2024)

Bild 2: <https://bauhaeusle.de/img/gallery/slide-1.jpg> (Zugriff am 02.02.2024)

Bild 3: <https://bauhaeusle.de/img/gallery/slide-13.jpg> (Zugriff am 02.02.2024)

Bild 4: <https://bauhaeusle.de/img/gallery/slide-5.jpg> (Zugriff am 02.02.2024)

Bild 5: <https://bauhaeusle.de/img/gallery/slide-9.jpg> (Zugriff am 02.02.2024)

Bild 6: <https://tse4.mm.bing.net/th?id=OIP.ARTc96fBJ2yGbjkyM8s3qwHaFj&pid=Api> (Zugriff am 02.02.2024)

Bild 7: <https://tse3.mm.bing.net/th?id=OIP.L5tRWwyvRGCuq8NvE7pMIgHaLH&pid=Api> (Zugriff am 02.02.2024)

Bild 8: <https://tse1.mm.bing.net/th?id=OIP.6yPgOyN0KrkmtGiasInm9QAAAA&pid=Api> (Zugriff am 02.02.2024)

Stadtvillen Cottbus (Projekt Cottbus)



Objekt	5 Mehrfamilienhäuser aus Plattenbau-Rückbau
Ort	Cottbus-Sachsendorf-Madlow
Bauherr*in	k.A.
Architektur	Zimmermann & Partner
Nutzfläche/ umbauter Raum	1.050 m ² ; 5 Gebäude mit 13 Wohnungen und bis zu 85 m ²
Fertigstellung	2002
Wiederverwendete Baukomponenten - Rohbau/Fassade/Dach	Materialquelle
Betonplatten für Außenwände	rückgebauter Plattenbau
Wiederverwendete Baukomponenten - Fenster/Türen	Materialquelle
k.A.	
Wiederverwendete Baukomponenten - Innenausbau	Materialquelle
Betonplatten für Innenwände	rückgebauter Plattenbau
Sanitärzellen	rückgebauter Plattenbau
Treppenläufe und -podeste	rückgebauter Plattenbau
Gesamtmenge an wiederverwendetem Material	
<ul style="list-style-type: none"> • ein Drittel der Bauteile eines Plattenbaus • 274 Betonfertigteile 	
Sonstiges	
<ul style="list-style-type: none"> • 15-20% preisgünstiger als ein vergleichbares Neubauprojekt • Auszeichnung mit dem Bauherrenpreis 2003 	

Verwendete Quellen:

- „Nationale Stadtentwicklungspolitik - Projekte - Cottbus-Sachsendorf-Madlow ‚Stadtvillen‘“. Zugegriffen: 30. März 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.nationale-stadtentwicklungspolitik.de/NSP/SharedDocs/Projekte/WSProjekte_DE/Cottbus_Sachsendorf_Madlow_Stadtvillen.html;jsessionid=1FCEF1A94BF8813057F0B1B0A8C1A-EDA.live11293?nn=2890948#doc1563498bodyText1

- S. Heyn, A. Mettke, S. Asmus, und E. Ivanov, „Wiederverwendung von Plattenbauteilen in Osteuropa“, Brandenburgische Technische Universität Cottbus, Endbericht – Bearbeitungsphase I, 2008. S.152 f. [Online]. Verfügbar unter: https://www-docs.b-tu.de/ag-baurecycling/public/Forschungsberichte/AZ_22286_Bericht_DBU_Tschechien.pdf

- https://www.baunetz.de/meldungen/Meldungen_Brandenburgisches_Modellprojekt_in_Cottbus_abgeschlossen_10739.html (Zugriff am 09.05.2024)

Bild 1



Bild 2



Bild 3



Bildquellen:

Bild 1: <https://cms.dbu.de/inc/phpThumb/phpThumb.php?src=/media/051109101958prug.jpg&w=800>
(Zugriff am 30.03.2024)

Bild 2: <http://www.deutscherbauherrenpreis.de/wp-content/uploads/2016/12/web-2-Cottbus-257x170.jpg>
(Zugriff am 09.05.2024)

Bild 3: <https://tse2.mm.bing.net/th?id=OIP.lfWZv6stm7SBYnTW1o9NcgHaEK&pid=Api> (Zugriff am 09.05.2024)

**Verwaltungsgebäude und Betriebs-
hof Neustadt in Holstein (Projekt
Neustadt)**



Objekt	Verwaltungsgebäude und Betriebs- hof	
Ort	Neustadt in Holstein	
Bauherr*in	Stadtwerke Neustadt in Holstein	
Architektur	IBUS Architektengesellschaft mbH, Architekten Riss- mann & Spieß, Ingenieurbüro Tara	
Nutzfläche/ umbauter Raum	Grundstücksfläche 8.300 m ²	
Fertigstellung	2018	
Wiederverwendete Baukomponenten - Rohbau/Fassade/Dach	Materialquelle	
Fassade aus alten Eichenbalken	Abbruchgebäude	
Wiederverwendete Baukomponenten - Fenster/Türen	Materialquelle	
k.A.		
Wiederverwendete Baukomponenten - Innenausbau	Materialquelle	
Bürotrennwände aus Aluminium und Glas	Abbruchobjekt aus Hamburg	
Kacheln und Fliesen	k.A.	
Historische Säule	Karlsruhe	
Teppichböden	alte Fischernetze	
Schaumglasschotter	Altglas	
Gesamtmenge an wiederverwendetem Material		
k.A.		
Sonstiges		
<ul style="list-style-type: none"> • Holzfaserdämmung mit Baupapier statt Folien dazwischen und Seegras aus Ostsee als Akustikabsorber • 3 Massivholzgebäude mit Passivhausstandard • wiederverwendetes Blockheizkraftwerk • 29% CO2 im Vergleich zu konventionellen Gebäuden wird eingespart, da- von 5% durch die wiederverwendeten Bauteile • Förderung durch Deutsche Bundesstiftung Umwelt • außer Stahlbeton nur recycelte oder nachwachsende Rohstoffe • alle Bauteile in Bauteilekatalog dokumentiert 		

Verwendete Quellen:

- Christine Ryll, "Verwaltungsgebäude und Betriebshof, Neustadt in Holstein: Ein Neubau mit recycelten und wiederverwendeten Materialien," *Zuschnitt88*, Jg. 23. Jahrgang, S. 14–15, 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.proholz.at/publikationen/zuschnitt-88>
- Carmen Porschen. "Recycling beim Bau." Zugriff am: 19. März 2024. [Online.] Verfügbar: <https://www.kfw.de/stories/gesellschaft/bauen/neustadt-kreislauf-wirtschaft/>

Bild 1



Bild 2



Bild 3



Bild 4



Bild 5



Bild 6



Bild 7



Bildquellen:

Bild 1: <https://www.proholz.at/holzbauten/architektur/verwaltungsgebaeude-und-betriebshof-in-neu-stadt-in-holstein> (Zugriff am 02.02.2024)

Bild 2: https://www.proholz.at/fileadmin/proholz/media/zuschnitt_Fotos_Plaene/88/Fotos/174A8848.jpg (Zugriff am 02.02.2024)

Bild 3: https://www.kfw.de/stories/kfw/bilder/gesellschaft/bauen/neustadt/stadtwerke-neustadt-fliesen_rs_text_image_portrait_large.jpg (Zugriff am 19.03.2024)

Bild 4: https://www.kfw.de/stories/kfw/bilder/gesellschaft/bauen/neustadt/stadtwerke-neustadt-neubau_rs_gallery_image_large.jpg (Zugriff am 19.03.2024)

Bild 5: https://www.kfw.de/stories/kfw/bilder/gesellschaft/bauen/neustadt/buero-neustadt-stadtwerke_rs_gallery_image_large.jpg (Zugriff am 19.03.2024)

Bild 6: https://tse4.mm.bing.net/th?id=OIP.nS8R_OPP8geTaxPKFFfVAQHaE8&pid=Api (Zugriff am 02.02.2024)

Bild 7: https://www.drewes-speth.de/fileadmin/_processed_/c/8/csm_SWNH_160616_Visualisierung_bearbeitet_f32ac3e77a.jpg (Zugriff am 02.02.2024)

**Recyclinghaus Hannover
(Projekt Hannover)**



Objekt	Recyclinghaus Prototyp, zweistöckiges Einfamilienhaus, Niedrigenergiehaus	
Ort	Hannover	
Bauherr*in	Gundlach Bau und Immobilien GmbH & Co. KG	
Architektur	Architekturbüro Cityförster, urbanism PartGmbH	
Nutzfläche/ umbauter Raum	273,64 m ²	
Fertigstellung	2019	
Wiederverwendete Baukomponenten - Rohbau/Fassade/Dach	Materialquelle	
Fassadendämmung	recycelte Jutesäcke von Kakaobohnen	
Holzplatten	gebrauchte Saunabänken	
Profilbaugläser für Fassade	abgerissene Lackiererei	
gebrauchten Faserzementplatten, Wellblech und Eternitplatten für Fassade	k.A.	
Wiederverwendete Baukomponenten - Fenster/Türen	Materialquelle	
Türen	altes Bauernhaus und Messebau	
Fenster	k.A.	
Wiederverwendete Baukomponenten - Innenausbau	Materialquelle	
Ziegelsteine	abgerissene Scheune	
Gebrauchtes Waschbecken	Ehemaliger Sportcenter	
Kronkorken als Mosaikfliesen für Boden	k.A.	
Messebauplatten für Innenwände und Bodenmaterial	Messebau	
Estrichersatz auf Brettstapeldecken	Gebrauchte Betongehwegplatten	
Gesamtmenge an wiederverwendetem Material		
mehr als die Hälfte der verwendeten Werkstoffe vor Deponie gerettet		

Sonstiges

- Großteil der Altbaukomponenten aus Gebäudebestand der Bauherrin (Gundlach)
- Prototyp für experimentelles Bauen, Reallabor für neue Möglichkeiten und Potenzialen von Recycling
- viele Auszeichnungen
- viele lokale Fundteile verbaut
- rückbaueeignet errichtet

Verwendete Quellen:

- Deutscher Nachhaltigkeitspreis. "Jurybegründung zur Nominierung: Recyclinghaus, Hannover." Zugriff am: 19. Januar 2024. [Online.] Verfügbar: <https://www.nachhaltigkeitspreis.de/architektur/preistraeger-architektur/2021/sieger-und-finalisten-2021/recyclinghaus?c=vaqrk&cHash=de680041b5f9de0670ffc208fbb9a01d>
- Lillith Kreiß et al., "Baustelle Ressourcenwende: Architektur," 2022. S. 83, Zugriff am: 9. März 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.re-source.com/wp-content/uploads/2023/06/ReBAU-2023-Baustelle-Ressourcenwende-Architektur.pdf>

Bild 1



Bild 2



Bild 3

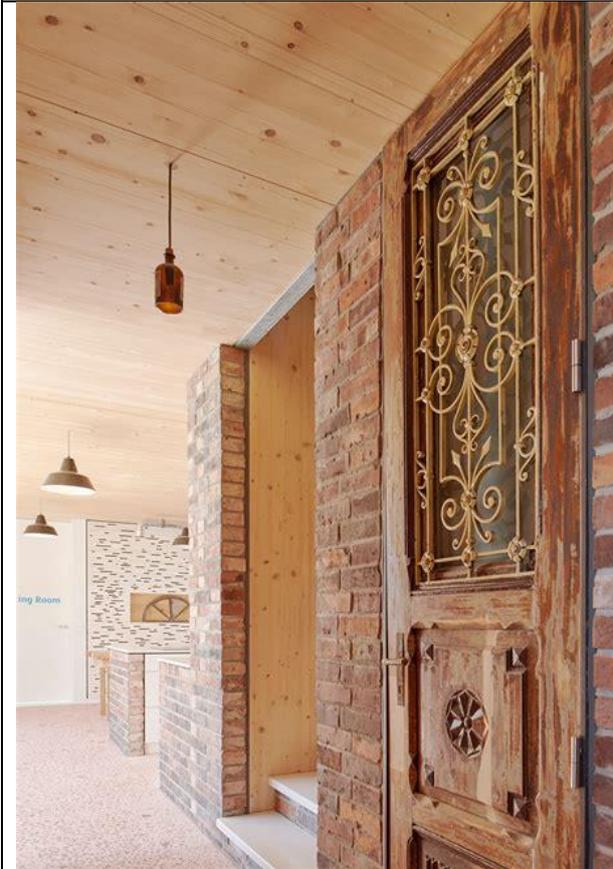


Bild 4



Bildquellen:

Bild 1: <https://tse1.mm.bing.net/th?id=OIP.ecSIM-yrWopMw95t8hPyAAHaFV&pid=Api> (Zugriff am 02.02.2024)

Bild 2: https://tse4.mm.bing.net/th?id=OIP.IQp9pcrz_C22Ea5EBHSTbwHaE8&pid=Api (Zugriff am 02.02.2024)

Bild 3: https://tse2.mm.bing.net/th?id=OIP.AK_Kkshy6alyNHfGjtBZhQHaKb&pid=Api (Zugriff am 02.02.2024)

Bild 4: <https://tse3.mm.bing.net/th?id=OIP.IPX83dfyKd9aXr2DEWJoZgHaKw&pid=Api> (Zugriff am 02.02.2024)

Casa Rossa (Projekt Chemnitz)



Objekt	Sanieretes Wohngebäude mit 6 Wohnungen	
Ort	Chemnitz	
Bauherr*in	Bodensteiner Fest Stroux GbR	
Architektur	bodensteiner fest Architekten BDA Stadtplaner Part-GmbH	
Nutzfläche/ umbauter Raum	1028 m ²	
Fertigstellung	2020	
Wiederverwendete Baukomponenten - Rohbau/Fassade/Dach	Materialquelle	
Betonstürze, Gesimse, Stahlträger, Ziegelmauerwerk	gleiches Gebäude, restauriert	
Dachziegel	Wiederverwendung der Abbruchziegel	
Wiederverwendete Baukomponenten - Fenster/Türen	Materialquelle	
Eingangs- und Zimmertüren	gleiches Gebäude, restauriert	
Wiederverwendete Baukomponenten - Innenausbau	Materialquelle	
Ziegel, Holz, Schwarzstahl und Beton	gleiches Gebäude, restauriert	
Wände und Treppenhaus aus Abbruchziegeln	gleiches Gebäude, restauriert	
Gesamtmenge an wiederverwendetem Material		
k.A.		
Sonstiges		
<ul style="list-style-type: none"> • nominiert für deutschen Nachhaltigkeitspreis Architektur 2021 • Standard KfW Effizienzhaus 100 		

Verwendete Quellen:

- „Casa Rossa Chemnitz - Architekturobjekte - heinze.de“. Zugegriffen: 9. Mai 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.heinze.de/architekturobjekt/casa-rossa-chemnitz/12813577/>

- Konradin Medien GmbH. "Casa Rossa Chemnitz." Zugriff am: 23. März 2024. [Online]. Verfügbar: <https://www.arcguide.de/projekte/casa-rossa-chemnitz-bodensteiner-fest/>

Bild 1



Bild 2



Bild 3



Bild 4



Bild 5



Bildquellen:

Bild 1: <https://tse2.mm.bing.net/th?id=OIP.IGt4XIdqbuculAyvCFI7IAHaD-&pid=Api> (Zugriff am 02.02.2024)

Bild 2: https://tse3.mm.bing.net/th?id=OIP.kXWZWi_9N4IkSp_lfgtI5gHaFj&pid=Api (Zugriff am 02.02.2024)

Bild 3: <https://tse4.mm.bing.net/th?id=OIP.VzkrJTRyLWVLTEDI5e08VQHaE8&pid=Api> (Zugriff am 02.02.2024)

Bild 4: https://tse4.mm.bing.net/th?id=OIP.1WyFQyKxAIK_SH1Sy0qmZAHaE8&pid=Api (Zugriff am 02.02.2024)

Bild 5: <https://tse1.mm.bing.net/th?id=OIP.ks-MrARCueQ1YrEI6EfCcgHaE7&pid=Api> (Zugriff am 02.02.2024)

Rathaus Korbach (Projekt Korbach)



Objekt	Rathaus Korbach - Rückbau und Neubau	
Ort	Korbach	
Bauherr*in	Stadt Korbach	
Architektur	ARGE agn - heimspiel architekten	
Nutzfläche/ umbauter Raum	7.000 m ²	
Fertigstellung	2022	
Wiederverwendete Baukomponenten - Rohbau/Fassade/Dach	Materialquelle	
Sichtbetonfassade	Betonabbruch des Altbaus (gleiches Projekt)	
Beton- und Mauerwerksabbruch (und weitere Mineralik)	Altbau (gleiches Projekt)	
Wiederverwendete Baukomponenten - Fenster/Türen	Materialquelle	
k.A.	k.A.	
Wiederverwendete Baukomponenten - Innenausbau	Materialquelle	
nicht tragende Wände, Estrich, Fliesen (und weitere Mineralik)	Altbau (gleiches Projekt)	
Gesamtmenge an wiederverwendetem Material		
k.A.		
Sonstiges		
<ul style="list-style-type: none"> • Umsetzung nach Evaluation und Analysen nach regionalen, finanziellen und ökologischen Aspekten • keine Zusatzkosten durch Urban Mining trotz Einplanung • begleitet durch Universität Kassel: durch ortsnahe Wiederverwendung des Betons konnten 1-7 % an Treibhausgasen im Vergleich zu konventionellem Beton eingespart werden 		

Verwendete Quellen:

- Dr. Clemens Mostert et al., "Neubau aus Rückbau: Wissenschaftliche Begleitung der Planung und Durchführung des selektiven Rückbaus eines Rathausanbaus aus den 1970er-Jahren und der Errichtung eines Neubaus unter Einsatz von Urban Mining (RückRat)," 2021. Zugriff

am: 19. Januar 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/bbsr-online/2021/bbsr-online-15-2021.html>

- Inga Glander et al, "Baukultur Bericht 2022/23: neue Umbaukultur," 2022.
- Lillith Kreiß et al., "Baustelle Ressourcenwende: Architektur," 2022. Zugriff am:9.März 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.re-source.com/wp-content/uploads/2023/06/ReBAU-2023-Baustelle-Ressourcenwende-Architektur.pdf>

Bild 1



Bild 2



Bild 3



Bild 4



Bild 5



Bild 6



Bild 7



Bildquellen:

Bild 1: <https://tse4.mm.bing.net/th?id=OIP.GHnLHMI6z8zhsPOOFFPdZoQHaEK&pid=Api> (Zugriff am 02.02.2024)

Bild 2: https://tse3.mm.bing.net/th?id=OIP.1lv-MMPMbDJGNuG_DdsZBAHaFa&pid=Api (Zugriff am 02.02.2024)

Bild 3: <https://tse1.mm.bing.net/th?id=OIP.9XCxksIWYdowL7nlj7AdpQHaE6&pid=Api> (Zugriff am 02.02.2024)

Bild 4: <https://tse3.mm.bing.net/th?id=OIP.2sSQvy0wP1Vyu7Mnzj3uiwAAAA&pid=Api> (Zugriff am 02.02.2024)

Bild 5: <https://tse4.mm.bing.net/th?id=OIP.c-tF9iwZr9BvpN4dlwXkxwHaEK&pid=Api> (Zugriff am 02.02.2024)

Bild 6: <https://tse3.mm.bing.net/th?id=OIP.Z9INDvdxJRoMQE8YD2XIAHaEK&pid=Api> (Zugriff am 02.02.2024)

Bild 7: https://tse1.explicit.bing.net/th?id=OIP._xnWcepEeLi3CtQvBv2o9wHaFj&pid=Api (Zugriff am 02.02.2024)

RoofKIT (Projekt Karlsruhe)



Objekt	House Demonstration Unit des Teams RoofKIT für den Solar Decathlon Europe (SDE) 2021/22	
Ort	Karlsruhe	
Bauherr*in	Karlsruher Institut für Technologie (KIT)	
Architektur	KIT Architektur Fakultät	
Nutzfläche/ umbauter Raum	46 m ²	
Fertigstellung	2022	
Wiederverwendete Baukomponenten - Rohbau/Fassade/Dach	Materialquelle	
Alte Holzbalken für Fassade	Alte Scheune im Schwarzwald	
Altholz für die Fassade	Restado	
Mineralisches Abbruchmaterial für die Terrasse	k.A.	
Stahl für exponierte Tragwerkselemente	k.A.	
Dach aus wiederverwendetem Kupfer	k.A.	
Geliehene Außentreppe	k.A.	
Wiederverwendete Baukomponenten - Fenster/Türen	Materialquelle	
Alte Holztür als Eingangstür	Gebäude aus dem 19. Jhd.	
Fenster	B-Ware, Restposten, von Abbruchgebäude aus Basel, ebay	
Wiederverwendete Baukomponenten - Innenausbau	Materialquelle	
Alte Holzbalken für den Fußboden	Alte Scheune im Schwarzwald	
Bad- und Küchenarmaturen	Messerückbauten	
Gesamtmenge an wiederverwendetem Material		
<ul style="list-style-type: none"> • konzipiert als 100% kreislauffähige Bauweise • alle Materialien entweder wiederverwendet, recycelt oder kombostierbar 		
Sonstiges		
<ul style="list-style-type: none"> • innovatives Bauen mit Platten aus recycelten Kunststoff-Joghurtbechern, Plizmyzelen etc. • Gewinner des SDE 21/22 		

Verwendete Quellen:

Team Deutschland Solar Decathlon Europe 21/22 *et al.*, *Solares und kreislaufgerechtes Bauen : die deutschen Beiträge zum Solar Decathlon Europe 21/22*. Karlsruher Institut für Technologie (KIT), 2023. Zugriff am: 13. Februar 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://publikationen.bibliothek.kit.edu/1000153927>



Bild 6



Bild 7



Bildquelle:

Alle Bilder: eigene Aufnahmen

Kreisarchiv Viersen (Projekt Viersen)



Objekt	Kreisarchiv Viersen	
Ort	Viersen	
Bauherr*in	Kreis Viersen	
Architektur	DGM Architekten	
Nutzfläche/ umbauter Raum	k.A.	
Fertigstellung	2022	
Wiederverwendete Baukomponenten - Rohbau/Fassade/Dach	Materialquelle	
Fassade als zweischalige Wand mit Vorsatzschale	wiederverwendeter Backstein von Fabrikabbruch	
Wiederverwendete Baukomponenten - Fenster/Türen	Materialquelle	
k.A.		
Wiederverwendete Baukomponenten - Innenausbau	Materialquelle	
Gussasphalt der Böden	wiederaufbereitetes Abfallprodukt	
Holzfaserdämmstoffe und Schaumglas		
Gesamtmenge an wiederverwendetem Material		
k.A.		
Sonstiges		
<ul style="list-style-type: none"> • nachhaltiges Heizsystem • Planung und Dokumentation über BIM mit Lebenszyklusrechnung • Entwurf als Sieger von ausgeschriebenem Architekturwettbewerb 		

Verwendete Quellen:

- Lillith Kreiß et al., "Baustelle Ressourcenwende: Architektur," 2022. S. 94, Zugriff am: 9. März 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.re-source.com/wp-content/uploads/2023/06/ReBAU-2023-Baustelle-Ressourcenwende-Architektur.pdf>
- dbz. "ANERKENNUNG Neubau Kreisarchiv Viersen: DGM Architekten, Krefeld." Zugriff am: 23. März 2024. [Online.] Verfügbar: <https://www.dbz.de/artikel/anerkennung-neubau-kreisarchiv-viersen-3945149.html>
- „Nachhaltig und zirkulär – der Neubau des Kreisarchivs Viersen“. Zugegriffen: 30. März 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.lkt-nrw.de/aktuelles-und-presse/verbandszeitschrift/schwerpunkte/nachhaltig-und-zirkulaer-der-neubau-des-kreisarchivs-viersen/>

Bild 1



Bild 2



Bild 3



Bild 4



Bildquellen:

Bild 1: <https://tse3.mm.bing.net/th?id=OIP.MgibYO2FFE0vKWEzOhidGAHaEE&pid=Api> (Zugriff am 23.03.2024)

Bild 2: <https://tse1.mm.bing.net/th?id=OIP.oi7xFu48An7kyvHuzLckFQHaE8&pid=Api> (Zugriff am 23.03.2024)

Bild 3: <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSfOIAMW0Uz3RjAlGagKSo71YumMTGGTDbyY7w&usqp=CAU> (Zugriff am 23.03.2024)

Bild 4:

https://www.dbz.de/imgs/1/9/4/2/3/8/4/tok_68ae7532f8c0265b53daa7125d991f83/w300_h200_x600_y450_Archiv_von_Bernd_Volkenannt-f64a5a36f5161f2c.JPG (Zugriff am 23.03.2024)

CRCLR-Haus Berlin (Projekt Berlin)



Objekt	CRCLR-Haus, Erhalt des Bestandgebäudes einer Brauerei mit Aufstockung und Umnutzung	
Ort	Berlin	
Bauherr*in	TRNSFRM eG	
Architektur	die Zusammenarbeiter, TRNSFRM eG, in situ	
Nutzfläche/ umbauter Raum	700 m ² Arbeitsfläche, 1200 m ² Wohnraum	
Fertigstellung	2023	
Wiederverwendete Baukomponenten - Rohbau/Fassade/Dach	Materialquelle	
Fachwerk- und I-Träger	Gleiches Gebäude	
Fassadenbekleidung	Zum Teil aus gleichem Gebäude	
ausgebaute Stahlträger für Aufstockung und Gewächshaus	Gleiches Gebäude	
Wiederverwendete Baukomponenten - Fenster/Türen	Materialquelle	
Schiebetüren für Telefonboxen	aus ehemaligem Impact Hub Berlin	
Holz-Alu-Fenster	Rückbau aus Versicherungsschaden	
Wiederverwendete Baukomponenten - Innenausbau	Materialquelle	
MDF-Platten	Berliner Club	
Sanitärobjekte	k.A.	
Blech	Zum Teil aus Fassade des gleichen Gebäudes	
demontierte Zweifachverglasung für Gewächshaus	Fenster von Rückbau aus Versicherungsschaden	
Gesamtmenge an wiederverwendetem Material		
Ca. 70 Prozent der verwendeten Rohstoffe und Produkte sind recycelt oder nachhaltig und stammen von Abriss-Baustellen, Messen, Museen oder aus Lagerbeständen von Firmen (Bezogen auf die eingebaute zweite Ebene, heute Co-Working-Spaces)		
Sonstiges		
<ul style="list-style-type: none"> • Strohballendämmung • Einsparung von 615 t CO₂ da Umbau statt Abriss • auf Erfahrungen aus dem Projekt K118 in Winterthur zurückgegriffen 		

Verwendete Quellen:

- Christian Schöningh et al. "Transformation bauen – das CRCLR-Haus in Berlin." Zugriff am: 19. Januar 2024. [Online.] Verfügbar: <https://www.nbau.org/2022/12/08/transformation-bauen-das-crclr-haus-in-berlin/>
- <https://www.dbz.de/artikel/crclr-house-berlin-3945221.html> (Zugriff am 02.05.2024)

Bild 1



Bild 2



Bild 3



Bild 4



Bild 5



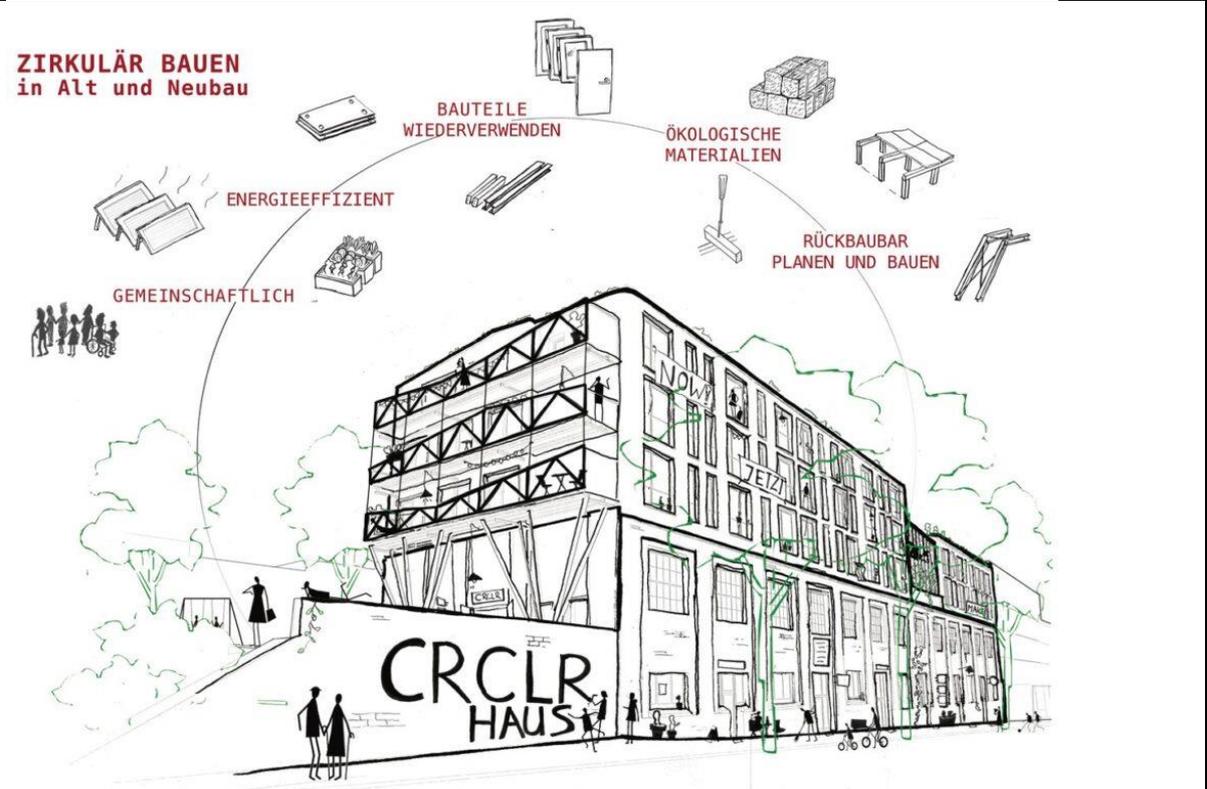
Bild 6



Bild 7



Bild 8



Bildquellen:

Bild 1: https://www.dbz.de/imgs/1/9/4/2/4/2/0/2302-NSV3434_2043-ce4cee9900d8e18e.jpg (Zugriff am 04.02.2024)

Bild 2: <https://www.nbau.org/wp-content/uploads/2022/12/Bild7-696x528.jpg> (Zugriff am 04.02.2024)

Bild 3: <https://www.nbau.org/wp-content/uploads/2022/12/Bild8-696x528.jpg> (Zugriff am 04.02.2024)

Bild 4: https://lxsy.de/assets/components/phpthumbof/cache/lxsy-architekten_arbeiten_crclr-house-berlin-05ihb.40ecfb746ce85d432ae4d2d3db256b5b242.jpg (Zugriff am 04.02.2024)

Bild 5: https://www.nbau.org/wp-content/uploads/2022/12/Bild12_neu-696x885.jpg (Zugriff am 04.02.2024)

Bild 6: https://www.zrs.berlin/wp-content/uploads/2021/12/CRCLR_by_ZRS_Architekten_Ingenieure_B08-960x720.jpg (Zugriff am 04.02.2024)

Bild 7: https://www.zrs.berlin/wp-content/uploads/2021/12/CRCLR_by_ZRS_Architekten_Ingenieure_B06-960x720.jpg (Zugriff am 04.02.2024)

Bild 8: https://www.nbau.org/wp-content/uploads/2022/12/CRCLR_Haus-696x528.jpg (Zugriff am 04.02.2024)

De Tokomon Tied (Projekt Bremerhaven)



Objekt	De Tokomon Tied, Gründerzentrum mit unter anderem Büros, Werkstätten, Veranstaltungsflächen	
Ort	Bremerhaven	
Bauherr*in	Bremerhaven Entwicklungsgesellschaft Alter/ Neuer Hafen mbH & Co. KG	
Architektur	Partner und Partner Architekten	
Nutzfläche/ umbauter Raum	6.446 m ²	
Fertigstellung	2024	
Wiederverwendete Baukomponenten - Rohbau/Fassade/Dach	Materialquelle	
Klinker	k.A.	
Glasbausteine	k.A.	
Wiederverwendete Baukomponenten - Fenster/Türen	Materialquelle	
Altfenster	k.A.	
Wiederverwendete Baukomponenten - Innenausbau	Materialquelle	
Fliesen	k.A.	
Gesamtmenge an wiederverwendetem Material		
k.A.		
Sonstiges		
<ul style="list-style-type: none"> • im Vergleich zu einem Stahlbetonskelettbau gleicher Größe wurden 5000 Tonnen Baumasse gespart • im Betrieb jährliche Senkung der Treibhausgasemissionen um 46% bzw. ca. 100 t CO₂ Einsparung • Demontier- und wiederverwendbares Holzmassivskelett aus Buchenholz • Nachhaltiges Lüftungssystem • nachhaltiges Heizsystem (Geothermie und Infrarot) 		

Verwendete Quellen:

- Lillith Kreiß et al., "Baustelle Ressourcenwende: Architektur," 2022. S. 68, Zugriff am: 9. März 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.re-source.com/wp-content/uploads/2023/06/Re-BAU-2023-Baustelle-Ressourcenwende-Architektur.pdf>

- Partner und Partner Architekten. "De Tokomen Tied." Zugriff am: 23. März 2024. [Online.] Verfügbar: <https://partnerundpartner.com/de/projekte/gruenderzentrum-green-economy-bremerhaven-2020/>



Bildquellen:

Bild 1: https://tse4.mm.bing.net/th?id=OIP.51AZ9Bk3WtYUmHDDT7_tPQHAE8&pid=Api (Zugriff am 23.03.2024)

Bild 2: <https://tse1.mm.bing.net/th?id=OIP.j6tlqT-QbCfdmmM1W-6HnAHaFP&pid=Api> (Zugriff am 23.03.2024)

Bild 3: <https://tse1.mm.bing.net/th?id=OIP.802NXn9e1FtY2aO4vEKr6AHaFj&pid=Api> (Zugriff am 23.03.2024)

Bild 4: https://tse2.mm.bing.net/th?id=OIP.X5WXOOw0n5bSpGm-oq_ePAHaE0&pid=Api (Zugriff am 23.03.2024)

**4R Haus (Projekt
Bedburg)**



Objekt	4-geschossiges Holz-Hybrid-Gebäude mit 10 Wohnungen	
Ort	Bedburg	
Bauherr*in	privat	
Architektur	Dahmen architektur, Faktor-X-Agentur	
Nutzfläche/ umbauter Raum	1200 m ² , Wohnungen mit 35 m ² bis 80 m ² Wohnfläche	
Fertigstellung	In Planung	
Wiederverwendete Baukomponenten - Rohbau/Fassade/Dach	Materialquelle	
Klinker	k.A.	
Glasbausteine	k.A.	
Backsteine	k.A.	
Wiederverwendete Baukomponenten - Fenster/Türen	Materialquelle	
Fenster	k.A.	
Wiederverwendete Baukomponenten - Innenausbau	Materialquelle	
Fliesen	k.A.	
Gesamtmenge an wiederverwendetem Material		
k.A.		
Sonstiges		
<ul style="list-style-type: none"> • Büro- und Wohnhaus mit 10 Wohnungen • Teil der Ressourcenschutzsiedlung Bedburg-Kaster • Lage am ehemaligen Tagebau Garzweiler I • Teil einer energieeffiziente Quartierlösung 		

Verwendete Quellen:

Lillith Kreiß et al., "Baustelle Ressourcenwende: Architektur," 2022. S. 60f., Zugriff am: 9. März 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.re-source.com/wp-content/uploads/2023/06/ReBAU-2023-Baustelle-Ressourcenwende-Architektur.pdf>

Bild 1



Bildquelle:

Lillith Kreiß et al., "Baustelle Ressourcenwende: Architektur," 2022. S. 60, Zugriff am: 9. März 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.re-source.com/wp-content/uploads/2023/06/ReBAU-2023-Baustelle-Ressourcenwende-Architektur.pdf>

Anhang 3 – Steckbriefe der internationalen Projekte

Recyclingcenter Kringloop Zuid (Projekt Maastricht)		
Objekt	Kringloop Zuid ("Kreislauf Süd"), Secondhandmarkt & Recyclingcenter	
Ort	Maastricht, Niederlande	
Bauherr*in	Kringloop Zuid	
Architektur	Superuse Studios	
Nutzfläche/ umbauter Raum	2.033 m ²	
Fertigstellung	2014	
Wiederverwendete Baukomponenten - Rohbau/Fassade/Dach	Materialquelle	
Wellblechtafel für Fassade	Überproduktion	
Namensschild	Gebrauchtes Rotorblatt eines Windrads	
Wiederverwendete Baukomponenten - Fenster/Türen	Materialquelle	
Alte Fensterrahmen	k.A.	
Wiederverwendete Baukomponenten - Innenausbau	Materialquelle	
k.A.		
Gesamtmenge an wiederverwendetem Material		
k.A.		
Sonstiges		
<ul style="list-style-type: none"> • Unternehmen Kringloop Zuid auf Secondhandmaterialien und -objekte spezialisiert 		

Verwendete Quellen:

Lillith Kreiß et al., "Baustelle Ressourcenwende: Architektur," 2022. S. 76, Zugriff am: 9. März 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.re-source.com/wp-content/uploads/2023/06/ReBAU-2023-Baustelle-Ressourcenwende-Architektur.pdf>



Bildquellen:

Bild 1: https://tse4.mm.bing.net/th?id=OIP.Ona_CgdPJeJDac27Hzg-4gHaEK&pid=Api (Zugriff am 01.05.2024)

Bild 2: https://tse3.mm.bing.net/th?id=OIP.JFGf3dPg_kPnyXUgDWoJgAHaHa&pid=Api (Zugriff am 01.05.2024)

Bild 3: <https://tse4.mm.bing.net/th?id=OIP.0a0KUQkx6hF61RO5cY-ZggHaGL&pid=Api> (Zugriff am 01.05.2024)

Bild 4: <https://tse4.mm.bing.net/th?id=OIP.HY40jRuzcSUuNWvLJj1TAHaFj&pid=Api> (Zugriff am 01.05.2024)

Forschungs- und Demonstrationsplattform NEST (Projekt Dübendorf)



Objekt	NEST (Next Evolution in sustainable building technologies), mit UMAR (Urban Mining and Recycling Unit) als eine Moduleinheit	
Ort	Dübendorf, Schweiz	
Bauherr*in	EMPA (eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt), Eawag	
Architektur	Werner Sobek, Dirk Hebel, Felix Heisel	
Nutzfläche/ umbauter Raum	126 m ²	
Fertigstellung	NEST 2016, UMAR seit 2018 eingebaut	
Wiederverwendete Baukomponenten - Rohbau/Fassade/Dach	Materialquelle	
Kupferfassade	Dachrückbau	
Mauerziegel	Unternehmen StoneCycling: neue Backsteine aus mineralischen Abfällen	
Wiederverwendete Baukomponenten - Fenster/Türen	Materialquelle	
10 Türgriffe	Geliehen von Firma Rotor Deconstruction	
Wiederverwendete Baukomponenten - Innenausbau	Materialquelle	
Teppichboden	Als Dienstleistung verspannt eingebaut	
Gesamtmenge an wiederverwendetem Material		
<ul style="list-style-type: none"> • vollständig aus wiederverwertbaren Materialien • fast ausschließlich aus Recycling-Materialien, welche bereits in anderen Projekten eingebaut waren. 		
Sonstiges		
<ul style="list-style-type: none"> • Vertikal aufeinander gestapelte Bauplätze, auf denen je nach Bedarf Module eingeschoben werden können (Büro, Wohnmodule) • Modulare Holzständerbauweise und mörtelfreie Mauertechnik • von neugewachsenen biologischen Rohstoffen über wiederverwertete Materialien bis hin zur Wiederverwendung von Materialien • Forschungsprojekt zur Entwicklung allgemein gültiger Lösungen im Bereich recycelter Baustoffe • wurde 2018 als Fallstudie auf der Plattform Madaster ausgewertet 		

Verwendete Quellen:

- F. H. Dirk Hebel, *Besser - Weniger - Anders Bauen: Kreislaufgerechtes Bauen und Kreislaufwirtschaft: Grundlagen - Fallbeispiele - Strategien*. Basel: Birkhäuser, 2022. S. 142-153. [Online]. Verfügbar unter: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/kxp/detail.action?docID=7127783>
- Barbara Saebel und Nicole Razavi, *Wieder- und Weiterverwendung von Bauteilen und -elementen: Antrag und Stellungnahme*. Zugriff am: 23. März 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.landtag-bw.de/files/live/sites/LTBW/files/dokumente/WP17/Drucksachen/4000/17_4008_D.pdf
- „Stadt als Mine - Wohnmodul im Forschungsgebäude NEST - Haute Innovation“. Zugegriffen: 19. Mai 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.haute-innovation.com/publikationen/artikel/nest-wohnmodul/>

Bild 1



Bild 2



Bild 3



Bild 4



Bild 5



Bildquellen:

Bild 1: <https://tse1.mm.bing.net/th?id=OIP.GPQtIALUQhAwoYq1dtYa3QHaDt&pid=Api> (Zugriff am 04.02.2024)

Bild 2: https://www.baublatt.ch/storage/images/crop1/50989_1.jpg (Zugriff am 04.02.2024)

Bild 3: https://www.baublatt.ch/storage/images/crop1/50983_1.jpg (Zugriff am 04.02.2024)

Bild 4: https://tse3.mm.bing.net/th?id=OIP.xumoQZZdo_LMsgVwmSu_mQHaE8&pid=Api (Zugriff am 04.02.2024)

Bild 5: <https://www.baunetz.de/img/2/7/9/2/5/4/4/6f1462522291cea5.jpeg> (Zugriff am 04.02.2024)

Kendeda Building for Innovative Sustainable Design (Projekt Atlanta)



Objekt	multifunktionales Universitätsgebäude	
Ort	Atlanta, USA	
Bauherr*in	Projektteam des Georgia Institute of Technology	
Architektur	Lord Aeck Sargent und The Miller Hull Partnership, Skanska USA	
Nutzfläche/ umbauter Raum	Ca. 3.400 m ² Bruttogeschossfläche	
Fertigstellung	2019	
Wiederverwendete Baukomponenten - Rohbau/Fassade/Dach	Materialquelle	
Kiefern Bretter	Abrissgebäude von Universitätsgelände	
Granitplatte	Altbau der Georgia Archives	
Rampe	Abrissgebäude von Universitätsgelände	
Holzbalken für Deckenkonstruktion und Sitzstufen	Film-Sets	
Wiederverwendete Baukomponenten - Fenster/Türen	Materialquelle	
k.A.		
Wiederverwendete Baukomponenten - Innenausbau	Materialquelle	
Schieferschindeln als Wandverkleidung in Sanitärräumen	ehemalig Bedachung	
Kiefern Kernholz für Treppenstufen	ehemalige Holzdielen	
Gesamtmenge an wiederverwendetem Material		
k.A.		
Sonstiges		
<ul style="list-style-type: none"> • Kernanforderungen: Minderung der CO₂-Emissionen, die Verringerung von auf Deponien verbrachten Materialmengen und der Grundsatz der Gerechtigkeit (Living Building Challenge (LBC) certification, the world's most ambitious and holistic green building achievement.) • 100% Stromversorgung über eigene PV-Anlage • Nutzung von anfallendem Regenwasser • Geführte Besichtigungen des Gebäudes werden angeboten 		

Verwendete Quellen:

F. H. Dirk Hebel, *Besser - Weniger - Anders Bauen: Kreislaufgerechtes Bauen und Kreislaufwirtschaft: Grundlagen - Fallbeispiele - Strategien*. Basel: Birkhäuser, 2022. S. 104-106. [Online]. Verfügbar unter: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/kxp/detail.action?docID=7127783>

Bild 1



Bild 2



Bild 3



Bild 4



Bild 5

Bild 6



Bildquellen:

Bild 1: https://tse2.mm.bing.net/th?id=OIP.bosy2vWAgI3ahZc_OpLnQAHaFk&pid=Api (Zugriff am 30.04.2024)

Bild 2: https://tse4.mm.bing.net/th?id=OIP.YUPPaN5NX_p4F7IZm7gLfAHaEc&pid=Api (Zugriff am 30.04.2024)

Bild 3: https://tse2.mm.bing.net/th?id=OIP.UXBRXurs_XJOILNIDZ40NAHaEc&pid=Api (Zugriff am 30.04.2024)

Bild 4: <https://tse2.mm.bing.net/th?id=OIP.Gz1liwMXza2UvJvtbZazWQHaEi&pid=Api> (Zugriff am 30.04.2024)

Bild 5: <https://tse2.mm.bing.net/th?id=OIP.laJgDj7kpv8eosNQ7LilfgHaE7&pid=Api> (Zugriff am 30.04.2024)

Bild 6: https://tse2.mm.bing.net/th?id=OIP.E_6XVVuojZ0KgwWuE3X5zAHaF7&pid=Api (Zugriff am 30.04.2024)

Kultur- und Gewerbegebäude ELYS (Projekt Basel)



Objekt	Kultur- und Gewerbegebäude ELYS (Rückbau und Instandsetzung eines Lagergebäudes)	
Ort	Basel, Schweiz	
Bauherr*in	Immobilien Basel-Stadt IBS (eine Dienststelle des Finanzdepartements des Kantons Basel-Stadt)	
Architektur	Baubüro in situ	
Nutzfläche/ umbauter Raum	23 666 m ²	
Fertigstellung	2020	
Wiederverwendete Baukomponenten - Rohbau/Fassade/Dach	Materialquelle	
Holzfassade	Rückbau aus Basel	
Aluminium-Trapezblech für Fassade	ehemaliges Getränkelager	
Holzrahmen-Elemente	Zu 40% aus Rückbau	
Steinwolldämmung	Restmaterial anderer Baustellen	
Wiederverwendete Baukomponenten - Fenster/Türen	Materialquelle	
200 Fenster	Lagerrestbestände	
Wiederverwendete Baukomponenten - Innenausbau	Materialquelle	
k.A.		
Gesamtmenge an wiederverwendetem Material		
<ul style="list-style-type: none"> • 2000 m² Trapezblech • 150 m³ Holz, insgesamt 40 % an verwendetem Holz stammen aus Rückbauten • 150 m³ Dämmung 		
Sonstiges		
<ul style="list-style-type: none"> • Neu angelegter Innenhof für mehr Licht und Luft im Gebäude • Bislang größtes Umbauprojekt des Baubüros in situ • Angefertigtes Mock-up-Modell überzeugte Bauherr*in 		

Verwendete Quellen:

- „Kultur- und Gewerbehaus von baubüro in situ und zirkular / Urban Mining in Basel - Architektur und Architekten - News / Meldungen / Nachrichten - BauNetz.de“. Zugegriffen: 31. März 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.baunetz.de/meldungen/Meldungen-Kultur-_und_Gewerbehaus_von_baubuero_in_situ_und_zirkular_7608855.html

- T. Cieslik, „Gewerbe- und -Kulturhaus Elys, Basel/CH - Deutsche BauZeitschrift“, *Dtsch. Bauz.*, Nr. 04 2021, S. 30–35.



Bild 4



Bild 5



Bild 7

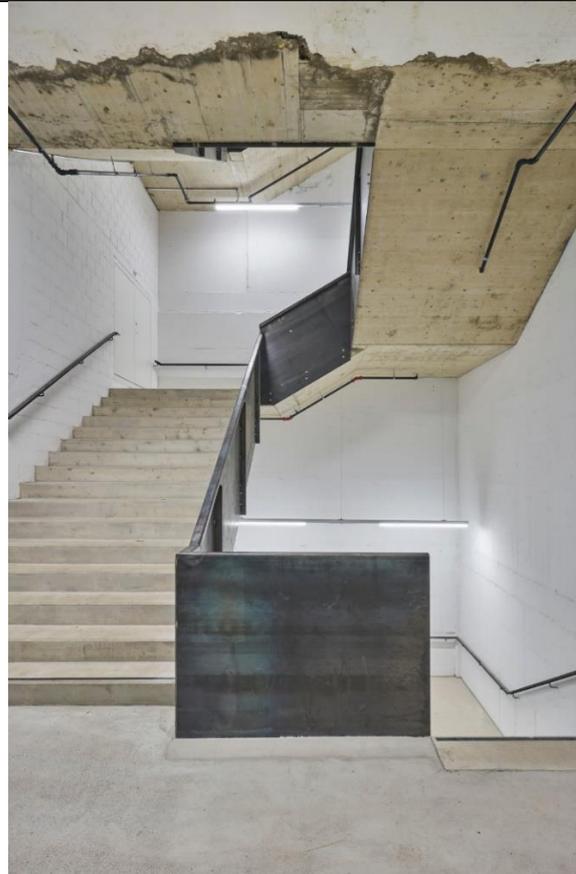


Bild 6



Bildquellen:

Bild 1: <https://tse1.mm.bing.net/th?id=OIP.9fg4Fw-BzWpfdPs-qy5qTQHaLG&pid=Api> (Zugriff am 04.02.2024)

Bild 2: https://detail-cdn.s3.eu-central-1.amazonaws.com/media/catalog/product/1/0/10-kultur-und-gewerbehaus-elys-baubu_ro-in-situ_.jpg?store=de_de&image-type=image (Zugriff am 04.02.2024)

Bild 3: https://detail-cdn.s3.eu-central-1.amazonaws.com/media/catalog/product/0/1/01-kultur-und-gewerbehaus-elys-baubu_ro-in-situ_.jpg?store=de_de&image-type=image (Zugriff am 04.02.2024)

Bild 4: https://detail-cdn.s3.eu-central-1.amazonaws.com/media/catalog/product/1/5/15-kultur-und-gewerbehaus-elys-baubu_ro-in-situ_.jpg?store=de_de&image-type=image (Zugriff am 04.02.2024)

Bild 5: https://detail-cdn.s3.eu-central-1.amazonaws.com/media/wysiwyg/Textbild_02_16-Kultur-und-Gewerbehaus-Elys-Baubu_ro-in-situ_.jpg (Zugriff am 04.02.2024)

Bild 6: https://detail-cdn.s3.eu-central-1.amazonaws.com/media/wysiwyg/Textbild_05_17-Kultur-und-Gewerbehaus-Elys-Baubu_ro-in-situ_.jpg (Zugriff am 04.02.2024)

Bild 7: https://detail-cdn.s3.eu-central-1.amazonaws.com/media/catalog/product/2/0/20-kultur-und-gewerbehaus-elys-baubu_ro-in-situ_.jpg?store=de_de&image-type=image (Zugriff 04.02.2024)

**Aufstockung des Kopfbaus K.118
(Projekt Winterthur)**



Objekt	Aufgestockte ehemalige 3-stöckige Maschinenfabrik um 3 Geschosse, heute: Atelier- und Werkräume	
Ort	Winterthur, Schweiz	
Bauherr*in	Stiftung Abendrot	
Architektur	Baubüro in situ	
Nutzfläche/ umbauter Raum	1266 m ²	
Fertigstellung	2021	
Wiederverwendete Baukomponenten - Rohbau/Fassade/Dach	Materialquelle	
Außentreppe aus Stahl	abgebrochenes Bürogebäude Orion Zürich	
Stahlskelett	Lysbüchelareal in Basel	
Fassadenbleche	ehemalige Druckerei in Winterthur	
Dachelemente	nahegelegenes vormaliges Holzbauprovisorium	
Wiederverwendete Baukomponenten - Fenster/Türen	Materialquelle	
raumhohe Industriefenster	benachbarter Industriebau	
Aluminiumisolierfenster	abgebrochenes Bürogebäude Orion Zürich	
Massivholztüren	k.A.	
Wiederverwendete Baukomponenten - Innenausbau	Materialquelle	
Heizkörper	Nachbarschaft	
Massivholzfußböden	nahegelegenes vormaliges Holzbauprovisorium	
Kabeltrassen, Elektroverteilerkasten, Lüftungsgerät und PV-Anlage	Nachbarschaft	
Plattenbeläge in Küche, WC und auf den Balkonlauben	ehemalige Granitfassade von abgebrochenem Bürogebäude Orion Zürich	
Waschbecken	Nachbarschaft	
Briefkästen	Nachbarschaft	
Gesamtmenge an wiederverwendetem Material		
<ul style="list-style-type: none"> • Aufstockung aus 70% gebrauchten Komponenten 		

Sonstiges

- Strohballen und Innenverputz aus örtlichem Aushublehm in Fassadenelementen
- 60% der Treibhausgas-Emissionen und 500 Tonnen Primärmaterialien in Vergleich zu reinem Neubau eingespart
- Auszeichnungen: Prix Acier 2021 - Recognition; Holcim Award for Sustainable Construction Global & European Gold Winner

Verwendete Quellen:

- Dirk Hebel, *Sortenrein Bauen - Methode, Konstruktion, Material*. 2023. S. 59-60. Zugegriffen: 30. März 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.researchgate.net/publication/374264938_Sortenrein_Bauen_-_Methode_Konstruktion_Material
- Christina Simme, „K.118, Winterthur Holz, Stroh, Lehm und alles, was schon da ist“, *Zuschnitt88*, Bd. 23.Jahrgang, S. 18–19, 2023.

Bild 1



Bild 2



Bild 3



Bild 4



Bild 5



Bild 6



Bild 7



Bild 8



Bildquellen:

- Bild 1: <https://www.swiss-architects.com/images/CmsImageContent/82/85/18/b71d88957f464ef698260c1e8767e5de/b71d88957f464ef698260c1e8767e5de.f5fb7444.jpg?1662537409> (Zugriff am 04.02.2024)
- Bild 2: <https://www.insitu.ch/img/full/dv20211122-150811-593.jpg> (Zugriff am 31.03.2024)
- Bild 3: <https://www.swiss-architects.com/images/CmsImageContent/32/73/05/f33d28b5b9574a168c24b741eac33c71/f33d28b5b9574a168c24b741eac33c71.f5fb7444.jpg?1662537642> (Zugriff am 04.02.2024)
- Bild 4: https://tse4.mm.bing.net/th?id=OIP.BOmanvN_vbGr95BMwcaRqQHaE8&pid=Api (Zugriff am 04.02.2024)
- Bild 5: <https://www.swiss-architects.com/images/CmsImageContent/82/42/07/4640d53bf77642dd9fbc2c6ec7dbb7d/4640d53bf77642dd9fbc2c6ec7dbb7d.f5fb7444.jpg?1662537574> (Zugriff am 04.02.2024)
- Bild 6: <https://www.b-3.ch/assets/components/phpthumb/bof/cache/dv20181220-105618-798.e9d9e31a2270fa577c583d5d12d7ef0f.jpg> (Zugriff am 04.02.2024)
- Bild 7: <https://www.swiss-architects.com/images/CmsImageContent/76/53/02/ecb0b6cc01d84c92a0da086b6282b11b/ecb0b6cc01d84c92a0da086b6282b11b.f5fb7444.jpg?1662537798> (Zugriff am 04.02.2024)
- Bild 8: <https://www.swiss-architects.com/images/CmsImageContent/97/40/82/37acfec101c74a6387a91aa65c9ebf1d/37acfec101c74a6387a91aa65c9ebf1d.f5fb7444.jpg?1662537876> (Zugriff am 04.02.2024)

Primeo Energie Kosmos (Projekt Münchenstein)



Objekt	Science- und Erlebniscenter Primeo Energie Kosmos	
Ort	Münchenstein, Schweiz	
Bauherr*in	EBM (Genossenschaft Elektra Birseck Münchenstein)	
Architektur	Rapp Architekten, Schweizer Bundesamt für Energie (BFE), Baubüro in situ und Zirkular	
Nutzfläche/ umbauter Raum	580 m ²	
Fertigstellung	2022	
Wiederverwendete Baukomponenten - Rohbau/Fassade/Dach	Materialquelle	
Dachbelag, -platten	k.A.	
Alte PV-Module	k.A.	
Stahlhülle, Rankhülle	ehemalige Strommasten	
Fassadenverkleidung	Restmaterial einer Baustelle im Raum Luzern	
Steinwolle	Restposten	
Wiederverwendete Baukomponenten - Fenster/Türen	Materialquelle	
k.A.		
Wiederverwendete Baukomponenten - Innenausbau	Materialquelle	
Bodenbeläge	Zur Hälfte aus altem Bootshaus	
Galeriebrüstung	ehemalige Strommasten	
Einbaumöbel	wiederverwendete Transportkisten, Abfallholz und Sanitärrohren	
Waschbecken, Trennwände, Armaturen	Bauteilbörse	
Küche	Bauteilbörse	
Fliesen	Restpostenbestand, aussortierte Produktion	
Beleuchtung	Alte Konstruktionen mit neuen LEDs	

Gesamtmenge an wiederverwendetem Material

- mehr als zwei Drittel der Bauteile wiederverwendet, recycelbar oder aus nachwachsenden Rohstoffen

Sonstiges

- Teil einer Studie des schweizer Bundesamts für Energie
- Architekturpreis Bronzener Hase
- Ziel: recyceltes Gebäude, das selbst wieder recycelbar ist

Verwendete Quellen:

- Lillith Kreiß et al., "Baustelle Ressourcenwende: Architektur," 2022. S. 86, Zugriff am: 9. März 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.re-source.com/wp-content/uploads/2023/06/ReBAU-2023-Baustelle-Ressourcenwende-Architektur.pdf>
- <https://blog.primeo-energie.ch/lernwelt-energie-wird-kosmos/> (Zugriff am 10.03.2024)

Bild 1



Bild 2



Bild 3



Bild 4



1. Platten, Lavabos und weitere Elemente aus Restpostenbeständen
2. Photovoltaikanlage aus alten und neuen Paneelen.
3. Holzdecken aus regionalem Holz. Dachbelag, Bodenbeläge und Platten aus zweiter Hand.
4. Stahlhülle aus ehemaligen Strommasten.
5. Wände aus dem nachwachsenden Rohstoff Holz. Wenn möglich aus regionaler Produktion.
6. Einbaumöbel aus wiederverwendeten Transportkisten, Abfallholz und Sanitärrohren.
7. Bodenplatte und Fundamente aus Recyclingbeton.
8. Fassadenverkleidung aus Abschnitten und Restposten eines anderen Projekts, die sonst als Abfall entsorgt würden.

Bild 5



Bildquellen:

Bild 1: <https://www.primeo-energie.ch/magnolia/.imaging/focalpoint/597x398/dam/jcr:d7efd59e-3ef7-4788-a440-fa3abdfead3a/W6-04-Klima+Bau.jpeg> (Zugriff am 10.03.2024)

Bild 2: <https://www.primeo-energie.ch/magnolia/.imaging/focalpoint/597x398/dam/jcr:328b30e1-b8ce-4b41-a2ee-7ed2225de1a6/W6-05-Workshop.jpeg> (Zugriff am 10.03.2024)

Bild 3: https://blog.primeo-energie.ch/wp-content/uploads/primeo-blog_content-kosmos-2.jpg (Zugriff am 10.03.2024)

Bild 4: <https://www.primeo-energie.ch/magnolia/.imaging/focalpoint/597x398/dam/jcr:06593ef7-b788-46c6-89cb-f413af20369a/W6-02-Klima.jpeg> (Zugriff am 10.03.2024)

Bild 5: <https://tse4.mm.bing.net/th?id=OIP.HISOP6c5iXtIQUWsBn3iGwHaEU&pid=Api> (Zugriff am 04.02.2024)

Kindergarten The Swan (Projekt Kopenhagen)



Objekt	Kindergarten auf ehemaligem Schulgelände in Industriegebiet	
Ort	Kopenhagen, Dänemark	
Bauherr*in	Gemeinde Gladsaxe/DK	
Architektur	Lendager (Entwurfsplanung), Kopenhagen/DK	
Nutzfläche/ umbauter Raum	1.450 m ²	
Fertigstellung	2022	
Wiederverwendete Baukomponenten - Rohbau/Fassade/Dach	Materialquelle	
61.500 Ziegelsteine, 12.000 Dachziegel	gleiches Projekt	
2.600 Fassadenbleche	gewelltes Stahlblech aus gleichem Projekt	
Sitzbänke im Außenbereich	20 Betonsäulen aus gleichem Projekt	
Holzsparren von Schuldach ertüchtigt mit Konstruktionshölzern	gleiches Projekt	
Wiederverwendete Baukomponenten - Fenster/Türen	Materialquelle	
k.A.		
Wiederverwendete Baukomponenten - Innenausbau	Materialquelle	
Alte Steine für Innenwände	gleiches Projekt	
Gesamtmenge an wiederverwendetem Material		
6.000 t Abrissbeton (nur kleiner Teil davon direkt wiederverwendet, Rest recycelt)		
Sonstiges		
<ul style="list-style-type: none"> • Trotz Ausbesserung des Dachs immer noch Einsparung von 1 781 kg CO₂/ m³ im Vergleich zu Neubau • Barrierefreie integrative Einrichtung • Danish Design Award in der Kategorie „Save Ressources“ 2022 		

Verwendete Quellen: N. Greve, „Kindergarten The Swan, Kopenhagen/DK Materiallager vor Ort“, Dtsch. Bauz., Nr. 05 2023, S. 52–57, Jan. 2021.

Bild 1



Bild 2



Bild 3



Bild 4



Bild 5



Bild 6



Bildquellen:

Bild 1: https://lendager.com/wp-content/uploads/2022/05/R_Hjortshoj-Svanen-WEB-105.jpg (Zugriff am 26.03.2024)

Bild 2: https://lendager.com/wp-content/uploads/2022/05/R_Hjortshoj-Svanen-WEB-35-3-600x400.jpg (Zugriff am 26.03.2024)

Bild 3: <https://www.dbz.de/imgs/1/9/4/2/4/0/6/NCF02204.jpeg-d813bd72ff4ce50f.jpg> (Zugriff am 26.03.2024)

Bild 4: <https://lendager.com/wp-content/uploads/2022/05/the-swan-04-web-1200x1600.jpg> (Zugriff am 26.03.2024)

Bild 5: <https://www.dbz.de/imgs/1/9/4/2/4/0/6/NCF02163.jpeg-cebd9e09fe4ff41c.jpg> (Zugriff am 26.03.2024)

Bild 6: <https://www.dbz.de/imgs/1/9/4/2/4/0/6/NCF02179.jpeg-7e542d415895b4bf.jpg> (Zugriff am 26.03.2024)

KIT Scientific Working Papers
ISSN 2194-1629

www.kit.edu