

BBSR-
Online-Publikation
27/2021

Wieder- und Weiterverwendung von Baukomponenten (RE-USE)

Autorin und Autor

Dr. Viola John
Prof. Dr.-Ing. Thomas Stark



Wieder- und Weiterverwendung von Baukomponenten (RE-USE)

Potenzial zur systematischen Wieder- und Weiterverwendung von
Baukomponenten im regionalen Kontext und Realisierung eines Pilotprojektes

Gefördert durch:



Bundesministerium
des Innern, für Bau
und Heimat

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

ZUKUNFT BAU
FORSCHUNGSFÖRDERUNG

Dieses Projekt wurde gefördert vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung im Auftrag des
Bundesministeriums des Innern, für Bau und Heimat aus Mitteln des Innovationsprogramms Zukunft Bau.

Aktenzeichen: 10.08.18.7-18.17

Projektlaufzeit: 02.2019–06.2021

Impressum

Herausgeber

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR)
im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR)
Deichmanns Aue 31–37
53179 Bonn

Fachbetreuer

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
Referat WB 3 „Forschung im Bauwesen“
Daniel Wöffen
daniel.woeffen@bbr.bund.de

Autorinnen und Autoren

HTWG Konstanz
Dr. Viola John
viola.john@htwg-konstanz.de

Prof. Dr.-Ing. Thomas Stark
stark@htwg-konstanz.de

Stand

Juli 2021

Gestaltung

Dr. Viola John

Bildnachweis

Titelbild: Team RE-USE HTWG Konstanz 2020: Entwurf „Haus der 1000 Geschichten“
Fotografen: Christian Witt: S. 43 und S. 70, Christopher Klages: S. 50, Viola John: S. 65, weitere Bildnachweise ab S. 88

Vervielfältigung

Alle Rechte vorbehalten

Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter. Die geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit denen des Herausgebers übereinstimmen.

Zitierweise

John, Viola; Stark, Thomas: Wieder- und Weiterverwendung von Baukomponenten (RE-USE): Potenzial zur systematischen Wieder- und Weiterverwendung von Baukomponenten im regionalen Kontext und Realisierung eines Pilotprojektes. BBSR-Online-Publikation 27/2021, Bonn, Oktober 2021.

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	6
Abstract	8
1 Einführung	10
2 Problemstellung	12
3 Zielsetzung	14
4 Forschungsdesign	15
4.1 Arbeitshypothesen	15
4.2 Methodischer Ansatz	15
4.3 Projektteam und Organisation, Kooperationspartner	16
4.4 Arbeitspakete und Meilensteine	18
5 Projektverlauf	20
5.1 Grundlagenermittlung: Analyse und Recherche	20
5.1.1 Analyse von Ablauf und Organisationsstruktur der Entsorgung von Rückbaukomponenten im Landkreis Konstanz	21
5.1.2 Identifikation von Herausforderungen und Hemmnissen für die Wieder- und Weiterverwendung von Rückbaukomponenten	24
5.1.2.1 Ziel Abfallvermeidung	24
5.1.2.2 Logistik für Demontage, Transport und Zwischenlagerung	24
5.1.2.3 Schadstoffe	24
5.1.2.4 Wirtschaftlichkeit	26
5.1.2.5 Faktor Zeit	26
5.1.2.6 Rechtliche Hemmnisse	27
5.1.2.7 Konsequenzen für die Planung des RE-USE Pilotgebäudes	27
5.1.3 Recherche zum Thema Wieder- und Weiterverwendung am Bau: Plattformen und Bauteilbörsen	29
5.1.3.1 SALZA	32
5.1.3.2 Madaster	34
5.1.3.3 Concular	36
5.1.4 Analyse des baulichen Bestandes und der Gebäudeabbrüche in der Stadt Konstanz	38
5.2 Begleitforschung zum Bau eines Pilotprojektes	40
5.2.1 RE-USE Bauteilrückbau	40
5.2.1.1 Ablauf vor dem selektiven Rückbau von Wunschbauteilen	40
5.2.1.2 Ablauf während des selektiven Rückbaus von Wunschbauteilen	41
5.2.2 RE-USE – Entwurf Pilotprojekt „Haus der 1000 Geschichten“	50
5.2.3 RE-USE – Vertiefungsthemen zum Pilotprojekt „Haus der 1000 Geschichten“	55
5.2.3.1 Die Bauteile und ihre Geschichten	55
5.2.3.2 Technischer Ausbau	56
5.2.3.3 Werksplanung, 3-D-Modell und Projektfilm	57
5.2.4 RE-USE – Entwurf „Stadtmöbel der 100 Geschichten“	64
5.2.5 RE-USE – Auszeichnung	65

6	Ergebnisse	66
6.1	Aufbau eines Netzwerks der Akteure im Landkreis Konstanz	66
6.2	Erstellung einer RE-USE Map	67
6.3	Erstellung eines RE-USE Baustoff-Lexikons	71
6.4	Erstellung einer RE-USE Projektwebsite	75
6.5	Veranstaltung einer RE-USE Konferenz	75
6.6	Virtueller Rundgang durch ein Bestandsgebäude	76
6.7	RE-USE Planungsleitfaden	79
6.7.1	Ableitung von Erkenntnissen aus dem RE-USE Forschungsprojekt für den zukünftigen Umgang mit dem Gebäudebestand und der Planung von Neubauten	79
6.7.1.1	Ziel Abfallvermeidung	79
6.7.1.2	Logistik für Demontage, Transport und Zwischenlagerung	80
6.7.1.3	Schadstoffe	80
6.7.1.4	Wirtschaftlichkeit	81
6.7.1.5	Faktor Zeit	82
6.7.1.6	Rechtliche Hemmnisse	82
7	Fazit, Ausblick	83
8	Verzeichnisse	86
8.1	Literaturverzeichnis	86
8.2	Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	88
9	Anlagen	91
9.1	Interview mit Petra Reiner vom Landratsamt Konstanz	92
9.2	Interview mit dem Abbruchunternehmer Meinrad Joos von der Joos GmbH	95
9.3	Interview mit dem Schadstoffprüfer Thomas Veigel von der HPC AG	97
9.4	Interview mit Jacqueline Hagel von der Hämmerle Recycling GmbH	101
	Kurzbiographien	102

Kurzfassung

Die großen Herausforderungen des nachhaltigen Bauens im Bereich Ökologie liegen zukünftig in der Optimierung der Baumaterialien hinsichtlich des Ressourcenbedarfs bei der Herstellung und Verwendung. Das Ziel für die Zukunft muss eine möglichst umfassende Kreislaufwirtschaft sein, für die neue Bewertungskriterien gelten (stofflicher, energetischer und logistischer Aufwand im Zyklus). Im Sinne eines ökologisch optimierten Kreislaufansatzes bieten hier die Strategien Wiederverwendung und Weiterverwendung große Potenziale. Es mangelt jedoch bisher an Analysen zur systematischen Wieder- und Weiterverwendung von Baukomponenten im regionalen Kontext und der Übertragung auf Anforderungen an zukünftige Neubauvorhaben.

Das Ziel des Forschungsprojektes RE-USE war es, im Landkreis Konstanz die Grundlagen zur regionalen Etablierung einer geeigneten Organisationsstruktur für eine Wieder- und Weiterverwendung im Hochbau zu schaffen und zu dokumentieren. Zudem erfolgte die Analyse des baulichen Bestandes in Konstanz sowie der Hemmnisse, die derzeit die Wiederverwendung von Bauteilen erschweren. Die relevanten Akteure im Landkreis Konstanz wurden bereits früh in das Projekt involviert und untereinander vernetzt. In Abstimmung mit den derzeitigen Abläufen beim Abbruch von Gebäuden, wurden die für die Demontage von wiederverwendbaren Bauteilen erforderlichen, zusätzlichen logistischen Abläufe des Gebäuderückbaus mit den Akteuren abgestimmt. Dies geschah vor dem Hintergrund, dass im Rahmen des Forschungsprojektes die Planung und die bauliche Umsetzung eines Pilotgebäudes aus Rückbaukomponenten wissenschaftlich begleitet werden sollte.

Das Pilotgebäude, ein Ausstellungspavillon, der zu 100% aus Rückbaukomponenten und (Bau-)Abfällen aus dem Landkreis Konstanz bestehen sollte, wurde mithilfe eines dialektischen Entwurfsansatzes entwickelt, dessen besondere Herausforderung darin bestand, Bauteilakquise und Planungsfortschritt parallel zu bearbeiten und den Entwurf mit fortschreitendem Detaillierungsgrad immer wieder anzupassen und weiterzuentwickeln. Studierende der Architektur und des Bauingenieurwesens nahmen sich dieser Aufgabe gemeinsam an. Aufgrund der Corona-Pandemie konnte es zwar nicht zur Realisierung des Bauvorhabens kommen, jedoch wurden die bis zur Umsetzung notwendigen Planungsschritte und Arbeitsabläufe dokumentiert. Es entstanden ein 3-D-Modell und ein Präsentationsfilm. Die ursprüngliche Idee des Forschungsvorhabens, mit dem Pilotgebäude ein „Haus der 1000 Geschichten“ zu erschaffen, in dem jedes Bauteil über einen QR-Code seinen Herkunftsgeschichte erzählt, wurde von Studierenden mit verschiedenen Konzeptideen für die Form der Erzählung weiterentwickelt.

Im Verlauf des Forschungsvorhabens entstanden Arbeitsinstrumente, die zukünftig bei der Demontage von Rückbaukomponenten und deren Wiederverwendung im Landkreis Konstanz, aber auch darüber hinaus, eingesetzt werden bzw. als Anregung für zukünftige Rückbau- und Wiederverwendungsprojekte dienen können. Ein RE-USE Baustoff-Lexikon dokumentiert die Verfügbarkeit und Eignung einzelner Baustoffe zur Wiederverwendung. Es ist online abrufbar auf der für das Forschungsvorhaben erstellten RE-USE Website. Außerdem entstand eine RE-USE Map, auf der die Akteure sowie die im Rahmen des Projektes für den Ausbau von Wunschbauteilen genutzten Abbruchgebäude und Transportdistanzen der demontierten Bauteile kartiert sind. Auch eine Übersicht über den aktuellen Gebäudebestand in Konstanz ist dort verzeichnet. Des Weiteren entstand ein virtueller Rundgang durch ein Konstanzer Bestandsgebäude, der es ermöglicht, Informationen zu einzelnen Wunschbauteilen abzurufen (z.B. Bauteilbezeichnung, Maße, geschätztes Gewicht, Ökobilanzdaten, Rückbaumöglichkeit, Wiederverwendbarkeit, Recyclingfähigkeit). Insbesondere bei größeren Abbruchvorhaben, die aufgrund ihrer Größe unübersichtlich sind, kann eine solche Darstellung hilfreich sein, um Demontageabläufe vorab in Absprache mit allen Akteuren zu planen und die auszubauenden Wunschbauteile mit relativ einfachen Mitteln eindeutig zu kennzeichnen. Darüber hinaus konnte ein Netzwerk der lokalen Akteure aufgebaut werden, das, ebenso wie die logistischen Abläufe und die Form der Inventarisierung bei der Dokumentation von Wunschbauteilen, die im Rahmen dieses Projektes erarbeitet wurden, auch für zukünftige Demontagevorhaben genutzt werden kann.

Eine wichtige Erkenntnis aus dem Forschungsprojekt ist, dass für eine auf regionaler Ebene optimierte Kreislaufwirtschaft großes Potenzial besteht, das allerdings derzeit noch nicht voll ausgeschöpft werden kann. Mit den Arbeitsinstrumenten, Analysen und Erkenntnissen aus diesem Forschungsprojekt kann aber ein Beitrag für eine zukünftige Wieder- und Weiterverwendung von Bauteilen im regionalen Kontext geleistet werden. Dennoch werden die Hemmnisse, die einer umfangreichen Wiederverwendung von Bauteilen aus Bestandsgebäuden derzeit im Wege stehen, ohne politische und wirtschaftliche Anreize nur schwierig zu überwinden sein. Da die Wiederverwendung im Bestandsbau mit großen Hürden verbunden ist, ist es umso wichtiger, aktuelle Bauvorhaben dergestalt zu planen, dass Bauteile später einfacher rückbaubar sind, als dies heute der Fall ist. Material- und Gebäudepässe könnten in dieser Hinsicht vielversprechende Instrumente sein, um das Wissen um die verbauten Materialien und deren Fügungen bereits heute für den späteren Rückbau zu dokumentieren.

Abstract

In the future, the major challenges of sustainable construction in the field of ecology will lie in the optimization of building materials with regard to resource consumption during their production and use phase. Therefore, the goal for the future must be a circular economy that is as exhaustive as possible, and for which new evaluation criteria apply (in terms of material as well as energy and logistical input in the lifecycle). In terms of an ecologically optimized closed-loop approach, the strategy of reuse offers great potential. However, there is a lack of analyses on the systematic reuse of building components in a regional context and the transfer to requirements for future new building projects.

The aim of the RE-USE research project was to establish and document the basis for a suitable regional organizational structure for reuse in building construction in the district of Constance. In addition, the building stock in Constance was analyzed, as well as the barriers that currently impede the reuse of building components. The relevant stakeholders in the district of Constance were involved in the project at an early stage and a stakeholder network was established. In accordance with the current procedures for the demolition of buildings, additional logistical processes required for the dismantling of reusable building components were coordinated with the stakeholders. This was done due to the fact that the research project was to provide scientific support for the planning and structural implementation of a pilot building made of components from demolished buildings.

The pilot building, an exhibition pavilion that was to consist of 100% deconstruction components and (construction) waste from the district of Constance, was developed with the help of a dialectical design approach, the particular challenge of which was to process the acquisition of components and the planning progress simultaneously. The design had to be continually adapted and further developed as the level of detail progressed. Students of architecture and civil engineering tackled this task together. Due to the Corona pandemic, the building project could not be realized, but the planning steps and work processes required up to implementation were documented. A 3-D-model and a presentation film were created. The original idea of the research project, to create a „House of a 1000 Stories“ with the pilot building, in which each component tells its origin story via a QR code, was further developed by students with various concept ideas for the form of the narrative.

In the course of the research project, several working tools were created that can either be used in the future for the dismantling of components and their reuse or serve as inspiration for future deconstruction and reuse projects in the district of Constance, but also beyond. A RE-USE building materials lexicon documents the availability and suitability of individual building materials for reuse. It is available online on the RE-USE website created for the research project. In addition, a RE-USE Map was created, on which the stakeholders are mapped, as well as the demolition buildings used in the project and the transport distances of the dismantled components. An overview of the current building stock in Constance is also featured there. Furthermore, a virtual tour through an existing building in Constance was created, which makes it possible to retrieve information on individual desired components (e.g. component designation, dimensions, estimated weight, life cycle assessment data, deconstruction option, reusability, recyclability). Particularly in the case of larger demolition projects, which are confusing due to their size, such a tool can help to plan dismantling procedures in advance in consultation with all stakeholders and to clearly identify the desired components to be removed with relatively simple means. In addition, a network of local stakeholders was established, as well as the logistical procedures and the form of inventory for the documentation of desired components, which were developed within the framework of this project and which can be used for future dismantling projects.

An important finding is that although there is great potential for a circular economy at the regional level, this potential cannot yet be fully utilized at present. However, the working tools, analyses and findings from this research project can make a contribution to the future reuse of building components in a regional context. Nevertheless, the barriers that currently prevent an extensive reuse of building components from existing buildings will be difficult to overcome without political and economic incentives. Since reuse in existing

buildings is associated with major impediments, it is all the more important to plan current construction projects in such a way that building components can be deconstructed more easily in the future than is the case today. In this respect, material and building passports could be promising instruments for later deconstruction, as they would allow for documenting the knowledge of the components and how they are jointed.

1 Einführung

Der Bausektor gehört zu den ressourcenintensivsten Wirtschaftssektoren [1]. Die aktuellen Entwicklungen im Bereich des Bauens mit dem Ziel eines CO₂-neutralen Gebäudebetriebs weisen darauf hin, dass der Energiebedarf in der Nutzungsphase durch effiziente Gebäudehüllen und Nutzung erneuerbarer Energie zunehmend eine untergeordnete Rolle spielt. Die großen Herausforderungen des nachhaltigen Bauens im Bereich Ökologie liegen zukünftig daher in der Optimierung der Baumaterialien hinsichtlich des Ressourcenbedarfs bei der Herstellung und Verwendung. Das Ziel ist eine möglichst umfassende Kreislaufwirtschaft, für die neue Bewertungskriterien gelten, was den stofflichen, energetischen und logistischen Aufwand im Zyklus betrifft. Hier muss differenziert werden zwischen dem Umgang mit Bestandsgebäuden und Neubauvorhaben. Für den Bestand kann folgende Rangfolge an Prioritäten definiert werden:

- möglichst umfassende Bestandserhaltung von Gebäuden
- möglichst umfassende Wiederverwendung von Rückbaukomponenten in Gebäuden
- möglichst umfassende Weiterverwendung von Rückbaukomponenten in anderen Nutzungen
- möglichst umfassende Zuführung von Rückbaumaterial in den Herstellungsprozess (Recycling)
- möglichst umfassende Weiternutzung von Rückbaumaterial in andere Nutzung (Downcycling)

Zur überragenden Bedeutung der Bestandserhaltung gibt es bereits ein hohes Bewusstsein in der Baubranche und zahlreiche Hilfestellungen [2]. Der Umgang mit dem teilweisen oder vollständigen Rückbau von Gebäuden ist geprägt durch Bauabfälle und deren Entsorgung durch entsprechende Unternehmen. Hier konnten in den letzten Jahrzehnten erhebliche Fortschritte im Sinne einer Kreislaufwirtschaft erzielt werden. Bauschutt wird inzwischen zu knapp 80 Prozent einem Recycling- bzw. Downcyclingprozess zugeführt [3]. Der klassische Recyclingprozess erfordert jedoch erhebliche logistische, stoffliche und energetische Ressourcen, um in neue Bauprodukte münden zu können. Zudem ist der Anteil der zuführbaren Recyclingstoffe meist stark begrenzt. Im Sinne eines ökologisch optimierten Kreislaufansatzes bieten hier die Strategien Wiederverwendung und Weiterverwendung große Potenziale. Diese sind bislang nahezu ungenutzt, da die klassischen Organisations- und Logistikstrukturen der Bauindustrie nicht dazu geeignet sind, wirtschaftliche Lösungen zu realisieren. Die bisherigen Ansätze deuten darauf hin, dass hierzu der lokale bzw. regionale Maßstab einen entscheidenden Beitrag leisten kann und muss [4]. Eine sinnhafte Wieder- und Weiterverwendung von Baukomponenten erfordert eine systematische Koordination von regionalen Akteuren. Im Bereich des Neubaus liegt der Fokus entsprechend auf Planungs- und Realisierungsstrategien, durch die ein möglichst hoher Anteil an Baukomponenten einer Wieder- und Weiterverwendung zugeführt werden kann. Wesentliche Ansätze hierzu sind die Verwendung nachwachsender Rohstoffe (insb. Holz und Holzwerkstoffe) sowie modularer Baukomponenten und Gebäudestrukturen, wie etwa in der Fertigteilbauweise mit ihren oftmals demontagefähigen Verbindungen. Nach Angaben des Statistischen Bundesamts [5] werden bereits 20-24 % aller Bauwerke als Fertigteilbau errichtet. Eine wesentliche Voraussetzung der Bauteilwiederverwendung ist damit bereits bei vielen Bestandsbauten gegeben. Seit dem 31.12.2020 gilt zudem das neue Gesetz des Landes Baden-Württemberg zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Gewährleistung der umweltverträglichen Abfallbewirtschaftung (Landes-Kreislaufwirtschaftsgesetz – LKreiWiG) [6]. In § 3 Absatz (1) heißt es dort: "Bei der Konstruktion und der Materialauswahl zur Errichtung baulicher Anlagen soll darauf geachtet werden, dass die nach dem Ende der Nutzungsphase beim Rückbau und Abbruch der Anlagen anfallenden Abfälle verwertet werden können, soweit dies technisch möglich und wirtschaftlich zumutbar ist." Und in Absatz (2) wird ergänzt: "Bei der Errichtung und beim Abbruch baulicher Anlagen ist sicherzustellen, dass die dabei anfallenden Abfälle möglichst hochwertig verwertet werden, soweit dies technisch möglich und wirtschaftlich zumutbar ist." Damit wird dem Thema Wieder- und Weiterverwendung von Bauteilen in Baden Württemberg zunehmend Bedeutung beigemessen. Es mangelt jedoch an Analysen zur systematischen Wieder- und Weiterverwendung von Bau-

komponenten im regionalen Kontext und einer Übertragbarkeit auf Anforderungen an zukünftige Neubauvorhaben. Durch einen umfassenden Ansatz im Zusammenschluss aller relevanten regionalen Akteure und die Umsetzung eines Pilotgebäudes soll diese Lücke im Rahmen des Forschungsprojektes RE-USE geschlossen werden.

2 Problemstellung

Zu den Themenfeldern Bestandserhaltung, Recycling von Baustoffen in industriellen Prozessen und demontegerechte Konstruktionen gibt es umfangreiche Studien und Forschungsergebnisse. Es mangelt jedoch bislang an Analysen zur systematischen Wieder- und Weiterverwendung von Baukomponenten im regionalen Kontext und einer Übertragung auf Anforderungen an zukünftige Neubauvorhaben. Eine Wiederverwendung von Baukomponenten findet bereits heute statt, über sogenannte Bauteilbörsen (vgl. Kapitel 5.1.3), jedoch in sehr geringem Umfang. Die Geschäftsgrundlage solcher Bauteilbörsen ist der fachmännische Rückbau von Baukomponenten in Bestandsgebäuden und deren Vermittlung an Interessenten. Die bisherigen Erfolge bilden jedoch einen deutlichen Kontrast zur Bedeutung des Themas im Kontext des Nachhaltigen Bauens. Die Ökobilanz als Kernelement der ökologischen Bewertung von Gebäuden umfasst neben der Herstellung und Nutzung explizit auch die Rückbauphase. In der Bilanzierung des gesamten Lebenszyklus fließt daher die Fähigkeit eines Gebäudes ein, nach Beendigung der primären Nutzungsphase als unmittelbare Ressource für andere Sanierungs- und Neubauprojekte zu dienen. Aspekte der Kreislauffähigkeit, der so genannten „Circular Economy“, werden aber erst seit 2019 auch in der DGNB Nachhaltigkeitszertifizierung von Gebäuden berücksichtigt [7]. Somit besteht auch hier noch ein großer Aufholbedarf, um insbesondere im Bereich der Wieder- und Weiterverwendung von Bauteilen zukünftig großmaßstäbliche Erfolge erzielen zu können. Die bisherige Analyse der Hemmnisse ergibt in diesem Kontext folgende Hinweise auf zu untersuchende Thesen:

- These 1: Es mangelt an Bewusstsein

Zahlreiche Gespräche mit unterschiedlichen Akteuren haben ergeben, dass es für den Teilaspekt Wieder- und Weiterverwendung von Baukomponenten derzeit kein nennenswertes Bewusstsein gibt. Dies bezieht sich sowohl auf die Bedeutung des Themas für die Nachhaltigkeit und die Vorteile gegenüber dem klassischen Recycling als auch auf die Information, welche Komponenten prinzipiell geeignet wären. Im Rahmen des Projektes erfolgt hierzu die wissenschaftliche Begleitforschung zur Planung eines voll funktionsfähigen Plusenergie-Gebäudes, das zu 100 Prozent aus Rückbaukomponenten von Gebäuden im Landkreis Konstanz besteht. Zudem wird ein Baustoff-Lexikon erarbeitet, das einen Überblick über die wichtigsten im Landkreis Konstanz verfügbaren Baukomponenten und deren Eignung für eine Wieder- und Weiterverwendung bieten soll. Parallel dazu entsteht ein virtueller Rundgang durch ein Konstanzer Bestandsgebäude, in dem Informationen zu einzelnen Baukomponenten abrufbar sind (Bauteilbezeichnung, Maße und geschätztes Gewicht, Ökobilanzdaten, Rückbaumöglichkeit, Wiederverwendbarkeit, Recyclingfähigkeit). Durch das zu erwartende überregionale Interesse und die Zugänglichkeit über das Internet wird eine sehr große Öffentlichkeitswirkung und Sensibilisierung für dieses Thema erwartet.

- These 2: Es mangelt an Organisationsstrukturen

Trotz eines hohen Interesses einzelner Akteure an der Wieder- und Weiterverwendung von Baukomponenten mangelt es zurzeit an den erforderlichen Organisationsstrukturen für die Umsetzung. So wäre beispielsweise für Bestandsbauten eine Prüfung der Bauunterlagen und eine Gebäudebegehung nötig, um die verfügbaren Baustoffarten und -mengen in ihrer jeweiligen Einbausituation auf ihre Wiederverwendbarkeit zu untersuchen und gegebenenfalls in einer Datenbank zu erfassen. Ausbau- sowie Abbruchtechniken und Sicherheitsanforderungen müssten festgelegt werden, um den Rückbau strukturiert angehen zu können. Für Bauteile, die wieder- oder weiterverwendet werden können, wären eine Marktanalyse und eine Kostenkalkulation durchzuführen, um zu ermitteln, ob das Vorhaben auch aus wirtschaftlicher Sicht sinnvoll ist und ob sich die gewonnenen Baustoffe gut vermarkten lassen. Und schließlich wäre ein Demontageplan für den schnellen Ablauf des Rückbaus erforderlich. Das Forschungsprojekt soll mit der Begleitforschung zur Planung eines voll funktionsfähigen Plusenergie-Gebäudes, das zu 100 Prozent aus Rückbaukomponenten von Gebäuden im Landkreis Konstanz besteht, den Weg zur regionalen Etablierung einer geeigneten Logistik- und Organisationsstruktur für eine Wieder- und Weiterverwendung im Hochbau schaffen und dokumentieren. Hierbei geht es neben dem exemplarischen Einsatz von gebrauchten Bauteilen auch um die konsequente Planung geeigneter, demontierbarer Konstruktionen.

- These 3: Es mangelt an Anreizen für betriebswirtschaftliche Geschäftsmodelle

Selbst bei hoher Sensibilisierung und organisatorischen Möglichkeiten fehlen bislang meist die finanziellen Anreize für eine Wieder- und Weiterverwendung, da es sich in der Regel um Einzelmaßnahmen handelt, bei denen der Aufwand für den schadensfreien Rückbau, der erhöhte Zeitaufwand, die Prüfung der Schadstofffreiheit und die Aufbereitung des Produktes in einem ungünstigen Verhältnis zu den Kosten eines Neuproduktes steht. Im Rahmen des Projektes werden die betriebswirtschaftlichen Aspekte analysiert und ausgewertet und Ideen für mögliche Konzepte / Geschäftsmodelle entwickelt.

- These 4: Es mangelt an konkreten Planungshinweisen

Einer der wichtigsten Aspekte dieses Themenfeldes besteht darin, die heutigen Hemmnisse bei der Wieder- und Weiterverwendung von Baukomponenten aus Bestandsgebäuden zukünftig zu vermeiden. Es ist daher von elementarer Bedeutung, Sanierungs- und Neubauprojekte baukonstruktiv so zu gestalten, dass sie die zu schaffenden neuen Strukturen einer systematischen Wieder- und Weiterverwendung optimal unterstützen. Hierzu gehört auch, dass zu jedem Bauelement im Falle des Rückbaus alle relevanten Informationen verfügbar sein sollten. Im Rahmen des Projektes werden daher Konzepte für konstruktive Lösungen sowie für eine analoge und digitale Bauteilkennzeichnung in Form von Gebäudematerialpässen entwickelt.

3 Zielsetzung

Das Projekt verfolgt das Ziel zu klären, welche Hemmnisse und Potenziale für eine systematische Wieder- und Weiterverwendung von Baukomponenten bestehen und durch welche lokalen Maßnahmen beim Rückbau von Gebäuden und Neubauvorhaben eine wesentliche Steigerung erzielt werden kann. Auf Basis eines interdisziplinären Forschungsansatzes soll eine möglichst umfassende Bewertungsgrundlage zum Potenzial einer systematischen Wieder- und Weiterverwendung von Baukomponenten im regionalen Kontext bereitgestellt werden. Im Zentrum des Projektes stand die Planung und Realisierung eines Pilotprojektes, das vollständig aus Rückbaukomponenten aus dem Landkreis bestehen sollte (Haus der 1000 Geschichten).

- Schaffung einer umfassenden Bewertungsgrundlage zum Potenzial der systematischen Wieder- und Weiterverwendung von Baukomponenten im regionalen Kontext (Landkreis Konstanz)
- Realisierung eines Pilotprojektes, das vollständig aus Rückbaukomponenten aus dem Landkreis Konstanz besteht („Haus der 1000 Geschichten“)

4 Forschungsdesign

4.1 Arbeitshypothesen

Eine auf regionaler Ebene optimierte Kreislaufwirtschaft führt zu einer wesentlichen Verbesserung des logistischen, stofflichen und energetischen Ressourcenbedarfs. Durch einen umfassenden Ansatz im Zusammenschluss aller relevanten regionalen Akteure sowie der Umsetzung eines Pilotgebäudes wird die systematische Wieder- und Weiterverwendung von Baukomponenten in der Region Konstanz gefördert.

Die erste Grundthese des Projektes RE-USE besteht in der Annahme, dass durch geeignete Maßnahmen, Strategien und Instrumente auf regionaler Ebene eine erhebliche Steigerung der Wieder- und Weiterverwendung von Baukomponenten erreicht werden kann. Die zweite Grundthese besteht in der Annahme, dass sich auf Basis dieser Maßnahmen, Strategien und Instrumente sowie die neuen Strukturen unterstützende Anforderungen an die Planung und Realisierung von Neubauvorhaben ableiten lassen. Eine auf regionaler Ebene optimierte Kreislaufwirtschaft kann damit insgesamt zu einer wesentlichen Verbesserung des logistischen, stofflichen und energetischen Ressourcenbedarfs führen.

4.2 Methodik

Die Projektstruktur ist breit angelegt und basiert auf vier wissenschaftlichen Methoden, die parallel über den gesamten Projektzeitraum angewandt werden und sich dauerhaft gegenseitig ergänzen:

- Im ersten Forschungsstrang erfolgt, bezogen auf den Landkreis Konstanz, die wissenschaftliche Analyse der relevanten Akteure sowie der vorhandenen Organisationsstrukturen, der Abfall- und Entsorgungslogistik und der Material- und Stoffströme. Ergänzend erfolgen die Kartierung der Akteure und die Klärung der Verfügbarkeit von Rückbaukomponenten in Form einer RE-USE-MAP. Die Nutzbarmachung von wieder- und weiterverwendbaren konstruktiven Baukomponenten für bauliche Stoffströme hängt von der Akzeptanz aller involvierten Akteure sowie von geeigneten rechtlichen und organisatorischen Randbedingungen ab. In der Analyse des Landkreises Konstanz werden daher zunächst die relevanten Akteure identifiziert und deren Einschätzung der Hemmnisse und Chancen über Interviews und Gespräche erörtert. Zudem werden die lokalen Organisationsstrukturen und Materialströme erfasst. Danach erfolgt die Analyse des baulichen Bestandes bezogen auf die Stadt Konstanz.
- Im zweiten Forschungsstrang erfolgt die wissenschaftliche Begleitforschung zur Realisierung eines Pilotprojektes (Neubau), das zu 100 Prozent aus Rückbaukomponenten und (Bau-)Abfall aus dem Landkreis bestehen soll. Ziel ist die Umsetzung eines voll funktionsfähigen, architektonisch überzeugenden Plusenergiegebäudes. Die wissenschaftliche Begleitforschung als Kern des Projektes soll die gesamte Planungs- und Realisierungsphase des Pilotprojektes umfassen. Mit Einbindung der Hochschulinfrastruktur und unter Mitwirkung von Studierenden der HTWG soll in einem interdisziplinären Team auf dem HTWG-Campus ein Gebäude realisiert werden. Hierzu werden keine neuen, kommerziellen Produkte verwendet. Stattdessen soll der komplette Materialbedarf aus Rückbau und Entsorgung aus dem Landkreis Konstanz gedeckt werden. Auch alle neu entstehenden Baukomponenten sollen mit Unterstützung der Projektpartner auf dem Campus entwickelt und im eingebauten Zustand mit einem QR-Code versehen werden. Mit üblichen Smartphones sollen dadurch sämtliche Informationen zu den Bauelementen, deren Herkunft und Entstehungsprozess abrufbar sein. Jedes einzelne Element erzählt so eine eigene Geschichte. Das Projekt wird daher unter dem Arbeitstitel „Haus der 1000 Geschichten“ entwickelt. Auch digitale Informationstechnologie soll eingebunden werden (virtuelles 3D-Modell), um die Bauteildaten auch über eine Online-Plattform zugänglich zu machen. Unter anderem sollen im Rahmen der Bauteilkennzeichnung Informationen zum Rückbauort, zum zurückgelegten Transportweg an den neuen Standort, zu Maßnahmen der Aufbereitung und zur

Ökobilanz abrufbar sein, um das Einsparpotenzial an grauer Energie und Treibhausgasemissionen aufzuzeigen. In einer digitalen Landkarte (RE-USE-MAP) soll die Vernetzung der verschiedenen Herkunftsorte sichtbar gemacht werden. Das Pilotgebäude soll dem Stand der Technik entsprechend als Plusenergie-Gebäude ausgeführt werden und höchste gestalterische Ansprüche erfüllen. Ziel ist es, ein in jeder Hinsicht überzeugendes Projekt zu realisieren, das wertvolle neue Informationen, Erfahrungen und Empfehlungen sowie eine breite Sensibilisierung für das Themenfeld Wieder- und Weiterverwendung im Bauwesen hervorbringt.

- Im dritten Forschungsstrang soll ein exemplarisches Bestandsgebäude hinsichtlich seiner Rückbaufähigkeit untersucht werden. Die Informationen zu allen für den Rückbau interessanten Bauteilen werden erfasst und über einen virtuellen Rundgang in Form einer Webanwendung der Öffentlichkeit zugänglich gemacht. Dies soll mit dem Ziel geschehen, bei den relevanten Akteuren und in der interessierten Bevölkerung eine Sensibilisierung für die Wieder- und Weiterverwendungspotenziale von Bestandsbauten im eingebauten Zustand zu erreichen und Gebäude so mit anderen Augen zu sehen. Der regionale Kontext scheint hierfür besonders geeignet, um die komplexen Zusammenhänge überschaubar zu präsentieren. Eine solche virtuelle Begehung von Bestandsbauten könnte zukünftig als Basis für den effizienten Rückbau von Bestandsbauwerken dienen.
- Im vierten Forschungsstrang sollen alle Erkenntnisse aus den ersten drei Forschungssträngen gebündelt werden, um eine Einschätzung zum Potenzial einer systematischen Wieder- und Weiterverwendung von Baukomponenten im regionalen Kontext zu ermöglichen, sowie Anforderungen und Hinweise zu deren Förderung abzuleiten, betreffend
 - die erforderliche regionale Organisationsstruktur,
 - ggf. anzupassende rechtliche Randbedingungen,
 - die zukünftige Analyse von Bestandsgebäuden,
 - die zukünftige Planung und Realisierung von Neubauprojekten und
 - die erforderlichen Instrumente zur Informationsvermittlung.

Die Ergebnisse sollen in Form eines Planungsleitfadens gebündelt und dokumentiert werden.

4.3 Projektteam und Organisation, Kooperationspartner

Das Forschungsvorhaben basiert auf einer langjährigen praktischen und wissenschaftlichen Beschäftigung mit Fragen zu nachhaltigen und kostengünstigen Bauweisen. Angeregt durch die Umsetzung und Begleitung zahlreicher Null- und Plusenergiegebäude an der HTWG Konstanz sowie der intensiven Beschäftigung mit der ökologischen Bewertung von Bauprodukten entstand das Forschungsvorhaben RE-USE. Zur Bearbeitung des Projektes hat sich ein ambitioniertes Team aus Forschungseinrichtungen, kommunalen Einrichtungen, Unternehmen und Planungsbüros zusammengeschlossen, das in allen erforderlichen Teildisziplinen über umfangreiche Kompetenzen verfügt und das Projekt in enger Zusammenarbeit bearbeitete.

4.3.1 Antragsteller

Hochschule Konstanz Technik, Wirtschaft und Gestaltung, Alfred-Wachtel-Str. 8, 78462 Konstanz
Forschende Stelle: Fakultät Architektur und Gestaltung / Fachgebiet Energieeffizientes Bauen, **Ansprechpartner:** Prof. Dr.-Ing. Thomas Stark

Projektleiterin: Dr. Viola John

4.3.2 Weitere beteiligte Forschungseinrichtungen

ISC International Solar Research-Center Konstanz e.V., Rudolf-Diesel-Str. 15, 78467 Konstanz, Ansprechpartner: Dr. Kristian Peter

4.3.3 Mitfinanzierende Stellen (Drittmittelgeber)

- Städtische Wohnungsbaugesellschaft mbH Konstanz (WOBAK), Benediktinerplatz 7, 78467 Konstanz, Ansprechpartner: Thomas Gerwatowski
- Geiger Holzsystembau (vormals Bauer Holzbausysteme GmbH & Co.KG / Variahome), Fabrikstraße 1, 86356 Neusäß, Ansprechpartner: Jörg Bauer und Mario Reisacher
- Hämmerle Recycling GmbH, Entsorgungsfachbetrieb, Wolfgang-Spengler-Str. 11, 78467 Konstanz, Ansprechpartnerin: Jacqueline Hagel
- Entsorgungsbetriebe Stadt Konstanz, Fritz-Arnold-Str. 2 b, 78467 Konstanz, Ansprechpartner: Achim Lehle
- Handwerkskammer Kreis Konstanz, Webersteig 3, 78462 Konstanz, Ansprechpartner: Peter Schürmann
- Schaller-Sternagel Architekten, Zum Eichelrain 3, 78476 Allensbach, Ansprechpartner: Till Schaller
- ee concept GmbH, Spreestraße 3, 64295 Darmstadt, Ansprechpartner/in: Amani Badr und Dr.-Ing. Martin Zeumer
- cradle to cradle e.V. Baubündnis / Regionalgruppe Bodensee, Nellenbachstraße 14, 88662 Überlingen, Ansprechpartnerin: Nicole Conrad

4.3.4 Weitere Kooperationspartner

- Ing. Büro b.a.u., Freibühlstr. 8, 78224 Singen, Ansprechpartner: Karl-Peter Kunz
- GeoPro GmbH, Gaswerkstraße 17, 78333 Stockach, Ansprechpartner: Wolfram Frey
- HPC AG, Fritz-Reichle-Ring 6a, 78315 Radolfzell, Ansprechpartner: Thomas Veigel
- Landratsamt Konstanz Amt für Abfallrecht und Gewerbeaufsicht, Max-Strohmeyer-Straße 166/168, 78467 Konstanz, Ansprechpartnerin: Petra Reiner
- Joos GmbH, Neubohlingen 7, 78315 Radolfzell, Ansprechpartner: Meinrad Joos
- i+R Industrie- & Gewerbebau GmbH, Bücklestraße 1-5, 78467 Konstanz, Ansprechpartner: Martin Epp

4.3.5 RE-USE Entwurfsbetreuer/innen:

Prof. Lydia Haack (Architektur), Dr. Viola John (Architektur), Prof. Stefan Krötsch (Architektur), Prof. Dr.-Ing. Thomas Stark (Architektur), Prof. Dr. Maike Sippel (Bauingenieurwesen), Prof. Dr. Markus Fallthauer (Statik), die Lehrbeauftragten Tilmann Weber (Architektur) und Sandra Czajka (Architektur) sowie Prof. Dr.-Ing. Pedro da Silva, Prof. Dr. Wolfgang Francke und Prof. Dr. Gunnar Schubert

4.3.6 Team RE-USE HTWG Konstanz (Studierende)

- **Sommersemester 2019:** Architektur: Patrick Dangelmaier, Daniela Förderer, Kevin Fritz, Uriel Geipel, Moritz Gut, Ina Janetschek, Selin Kalafatoglu, Daniel Kalzic, Hannah Klopstock, Daniel Loh, Daniel Schulze, Dominik Vukovic, Bianca Wagner, Daniel Brotz und Jessica Wider; Bauingenieurwesen und Wirtschaftsingenieurwesen Bau: Carl-Constantin Bauer, Christoph Bauer, Lea Biesinger, Auron Bislimi, Manuel Blum, Jonathan Burandt, Clemens Brosch, Tobias Camen, Carolin Christ, Enis Dogan, Stephanie Erdmann, Fabio Ferreira, Anik Gantzkow, David Greichgauer, Philipp Gurr, Henrik Handwerker, Christina Hartauer, Katrin Heil, Ellen Heiter, Jocelyne Hellwig, Karolina Herrmann, Robin Jäkle, Dominik Jankowski, Andreas Jochum, Süle Karacan, Adrian Knobel, Sarah Laubenberger, Muriel Lauschke, Max Lemle, Ludwig Leuthe, Timo Lübben, Moritz Lück, Markus Mohr, Robert Muth, Lukas Pfeilsticker, Julia Philipp, Lena Püthe, Dominik Putze, Loic Rastello, Tino Renneberg, Caro Riedmüller, Hannes Sauter, Tanja Schanz, Henning Scherer, Frederik Schölch, Marten Schwerdt, Marek Sülzle, Andreas van Eyken, Florian Völler, Alicia Waggershauser, Nick Weinläder, Ilona Wöhr, Tobias Wolf, Caro Zipperle, und David Zoyke
- **Wintersemester 2019/20:** Architektur: Carolin Baar, Jana-Marie David, Felix Dold, Leonie Eggstein, Benedict Hofmann, Roman Kreuzer, Andreas Lorenz, Lisa Märkl, Isabel Ohorn, Nadina Omerasevic, Isabel Rau, Julia Schmid, Julia Schubert, Katja Siebler, Lukas Steigerwald, Katharina Straub, Calliope Trouillet, Franziska Wanka, Carla Weiland, Carolin Weinmann, Rebecca Bader, Judith Blatter, Annali Geiger und Michelle Kaszas; Bauingenieurwesen: Lara Apfelbaum, Marco Männle, Christian Lanthaler. Kevin Rosa und Amer Salcin; Wirtschaftsingenieurwesen Bau: Timo Bauer, Jennifer Krüger, Jonathan Löffler, Marcel Middendorf; Elektrotechnik: Tarek Abou-Emara; Grafik: Theresa Haugg; Fotos: Christian Witt
- **Sommersemester 2020 (online):** Architektur: Sandra Al-Moukamal, David Belling, Kevin Brenner, Jana-Marie David, Simon Denking, Felix Dold, Leonie Eggstein, Viktor Eisele, Helen Frick, Ruben Francois, Uriel Geipel, Tatjana Günther, Carolin Hensolt, Benedict Hofmann, Selin Kalafatoglu, Jakob Keilhofer, Pauline Klafke, Maximilian Koberski, Michael Krug, Christine Kugler, Andreas Lorenz, Lisa Märkl, Richard Mödinger, Irina Nitzschke, Magdalena Ochs, Isabel Ohorn, Heike Ortmann, Isha Rajbhandari-Shersta, Sonja Ramos, Isabel Rau, Tim Schöne, Lukas Steigerwald, Katharina Straub, Carmen Strauck, Calliope Trouillet und Carla Weiland; International Project Engineering (IPE): Benedikt Sienz; Master Bau- und Umweltingenieurwesen Fachrichtung Baubetrieb und Baumanagement: Natalie Fernolend, Tobias Mayer, Elisa Raus, Alessandra Romano, Marten Schwerdt, Lea Weber; Master Bau- und Umweltingenieurwesen Fachrichtung Wasserwirtschaft, Umwelttechnik und Verkehrswesen: Carina Braxmeier, Jan Prutscher, Raphael Schüler, Leonard Holpp; Kommunikationsdesign: Eduard Schmitt; Fotos: Christian Witt.
- **Wintersemester 2020/21 (online):** Architektur: Lea Asner, Abdul Halabli, Stefanie Heller, Jona Meyboden, Adrian Munz, Jan Schiller, Fabian Seifert, Manuela Stuwe und Sinan Yesidal
- **Sommersemester 2021 (online):** Architektur: Adona Abdi, Annabel Arens, Marc Dietrich, Stefanie Heller, Jasmin Huber, Philipp Jenckel, Lena Küpper, Verena Leser, Lennart Melzer, Adrian Munz, Mona-Helen Pfeifer, Addison Potter, Hannah Reimann, Selina Reinhardt, Jan Schiller, Fabian Seifert, Malin Thalheimer, Svenja Twardon, und Salome Weisser; Bauingenieurwesen: Timon Baumgärtner, Jonas Burger, Frauke Eix, Verena Faustein, Fabio Ferreira, Verena Gasser, Judith Gosseschoff, Antje Leisner, Lukas Pfeilsticker, Niklas Rentschler, Antonia Sartor, Lukas Springer und Fabian Walter.

4.4 Arbeitspakete und Meilensteine

Das Gesamtprojekt gliederte sich in 10 Arbeitspakete (AP) und 3 Meilensteine (M), die additiv bzw. parallel bearbeitet wurden:

- AP1: Projektsteuerung: Gesamtkoordination, Organisation der Projekttreffen, Finanzverwaltung, Koordination der Dokumentation.
- AP2: Recherche: Literaturrecherche und Recherche zu Bauteilbörsen
- AP3: Analyse der Entsorgungslogistik in der Region Konstanz, Anfall an Rückbau und Abfall
- AP 4: Analyse der lokalen Akteure und deren Hemmnisse für eine Wieder- und Weiterverwendung von Baukomponenten Identifikation der relevante Akteure, Durchführung von Interviews, Identifikation der Hemmnisse.
- M 1: RE-USE Map ist online
- AP 5: Analyse und digitale Dokumentation eines Bestandsgebäudes, Analyse ausgewählter Baukomponenten des Gebäudes, Visualisierung mit Webanwendung.
- M2: Virtuelles Bestandsgebäude ist online
- AP 6: wissenschaftliche Begleitforschung des Pilotprojektes, Projektleitung und Erarbeitung aller erforderlichen logistischen Grundlagen für die Realisierung
- M3: Pilotgebäude ist realisiert (*leider konnte dieser Meilenstein nicht erreicht werden, aufgrund der Einschränkungen durch die Corona-Pandemie*)
- AP7: Definition der Anforderungen an den Umgang mit Bestandsprojekten, Systematische Ableitung der Ergebnisse für Bestandsgebäude und Definition von Anforderungen
- AP8: Ableitung der Übertragbarkeit auf Sanierungs- und Neubauprojekte, Systematische Ableitung der Ergebnisse für Sanierungs- und Neubauprojekte und Definition von Anforderungen
- AP9: Entwicklung Planungsleitfaden, Zusammenfassung, Strukturierung und Aufbereitung der Ergebnisse mit konkreten, Planungshinweisen, differenziert nach Akteursgruppe
- AP10: Ergebnisdokumentation, Ausführliche Dokumentation der Projektergebnisse als Printmedium und als Webinformation, Organisation einer Fachtagung zur Weiterverwendung von Baumaterialien im regionalen Kontext (RE-USE Konferenz)

5 Projektverlauf

5.1 Grundlagenermittlung: Analyse und Recherche

Im ersten Forschungsstrang wurden zunächst die erforderlichen Grundlagen für das Forschungsvorhaben geschaffen. Um die genauen Prozessabläufe bei der Entsorgung von Baukomponenten im Landkreis Konstanz abbilden zu können, wurden Recherchen zur Organisationsstruktur und zu den rechtlichen Grundlagen angestellt. Die Analyse des baulichen Bestandes und die Erarbeitung eines Baustoff-Lexikons erlaubten Rückschlüsse auf die Wiederverwendungspotenziale in Stadt und Landkreis zu ziehen. Ergänzend wurden in Gesprächen und Interviews mit den Akteuren im Landkreis die momentan bestehenden Hemmnisse für eine konsequente Wieder- und Weiterverwendung von Rückbaukomponenten identifiziert. Zudem wurde zum Thema Wieder- und Weiterverwendung von Bauteilen mittels Bauteilbörsen recherchiert.

Zeitgleich begannen der Aufbau eines Netzwerks der lokal involvierten Akteure sowie die Akquise weiterer Unterstützer für das Forschungsvorhaben im Landkreis Konstanz. Eine erste Version einer RE-USE Map, einer Übersichtskarte der Akteure und des baulichen Bestands in Konstanz, wurde erstellt. Außerdem wurde eine Projektwebsite erarbeitet und eine RE-USE Konferenz geplant. Die Konferenz fand am 31. Oktober 2019 an der HTWG statt und diente als Auftaktveranstaltung für die Entwurfsphase des Pilotprojektes. Das Forschungsthema RE-USE wurde überdies in mehrere Lehrveranstaltungen an der Hochschule Konstanz eingebunden. Die Ergebnisse und gewonnenen Erkenntnisse aus dem ersten Forschungsstrang werden in den folgenden Unterkapiteln vorgestellt.

Definitionen

- Eine Wiederverwendung im Sinne des Kreislaufwirtschaftsgesetzes KrWG [8] ist ein Verfahren, bei dem Erzeugnisse oder Bestandteile, die keine Abfälle sind, wieder für denselben Zweck verwendet werden, für den sie ursprünglich bestimmt waren.
- Eine Vorbereitung zur Wiederverwendung im Sinne des KrWG ist jedes Verwertungsverfahren der Prüfung, Reinigung oder Reparatur, bei dem Erzeugnisse oder Bestandteile von Erzeugnissen, die zu Abfällen geworden sind, so vorbereitet werden, dass sie ohne weitere Vorbehandlung wieder für denselben Zweck verwendet werden können, für den sie ursprünglich bestimmt waren.
- Eine Weiterverwendung ist ein Verfahren, bei dem Erzeugnisse oder Bestandteile, die keine Abfälle sind, für einen anderen Zweck verwendet werden, als den, für den sie ursprünglich bestimmt waren.
- Eine Vorbereitung zur Weiterverwendung ist jedes Verwertungsverfahren der Prüfung, Reinigung oder Reparatur, bei dem Erzeugnisse oder Bestandteile von Erzeugnissen, die zu Abfällen geworden sind, so vorbereitet werden, dass sie für einen anderen Zweck verwendet werden können, als den, für den sie ursprünglich bestimmt waren.

In der Analyse- und Recherchephase wurden die nötigen Grundlagen für die Planung eines Pilotgebäudes aus Rückbaukomponenten geschaffen. Dies geschah unter Berücksichtigung folgender planungsrelevanter Aspekte:

- Analyse von Ablauf und Organisationsstruktur der Entsorgung von Rückbaukomponenten im Landkreis Konstanz
- Analyse der lokalen Akteure und Identifikation von Herausforderungen und Hemmnissen für die Wieder- und Weiterverwendung von Rückbaukomponenten
- Recherche zum Thema Wieder- und Weiterverwendung am Bau: Bauteilbörsen
- Analyse des baulichen Bestandes und der Gebäudeabbrüche in der Stadt Konstanz

5.1.1 Analyse von Ablauf und Organisationsstruktur der Entsorgung von Rückbaukomponenten im Landkreis Konstanz

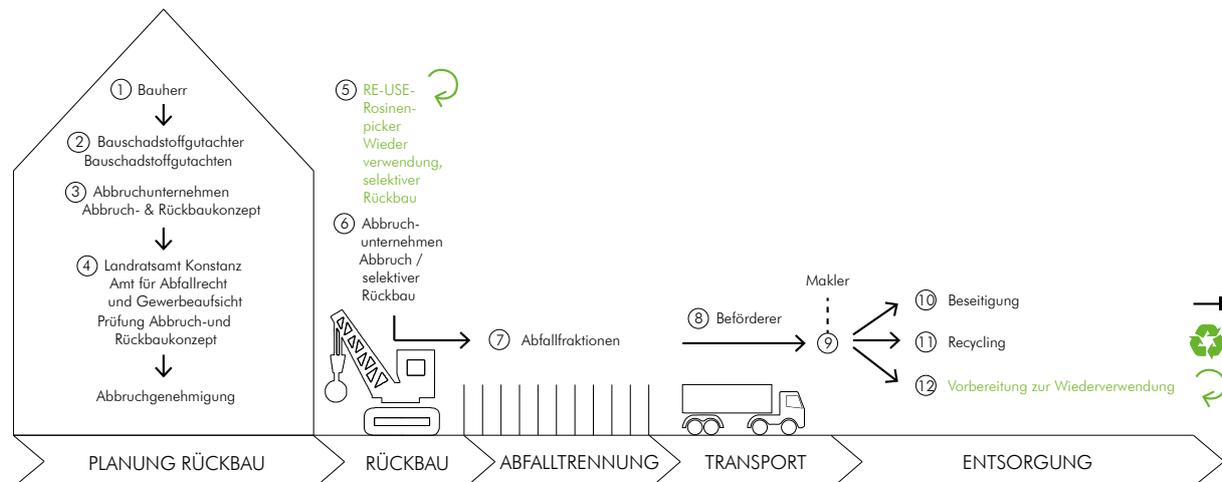
Voraussetzung für eine erfolgreiche Wieder- bzw. Weiterverwendung von Materialien ist nach Vorgaben des Kreislaufwirtschaftsgesetzes [8] der selektive Rückbau von Abbruchgebäuden. Im Landkreis Konstanz wird diese gesetzliche Vorgabe bereits umgesetzt. Für die Wieder- und Weiterverwendung ganzer Bauteile bietet sich dagegen die gezielte Demontage zur Wiederverwendung an. Für historisch interessante Bauteile gibt es in einigen Bundesländern und auch im Ausland bereits etablierte Bauteilbörsen und Fachhändler, die sich eine geeignete Infrastruktur aufgebaut haben, um historische Baustoffe auf dem Markt anzubieten (vgl. Kapitel 5.1.3).

Definitionen [9]

- Bei einem konventionellen Abbruch wird ohne eine Separierung der Abfälle abgebrochen, wodurch eine Vermischung der Materialien verursacht wird.
- Bei einem selektiven Abbruch werden die anfallenden Materialien vor, während oder nach dem Abbruch selektiert und separiert.
- Beim selektiven Rückbau werden die Materialien vor dem Abbruch der Konstruktion sortenrein ausgebaut.
- Bei der Demontage zur Wiederverwendung werden die Bauteile in umgekehrter Reihenfolge zur Montage akkurat demontiert, damit sie für die gleiche Nutzung an einem anderen Bauwerk wieder zum Einsatz kommen können.

Im Landkreis Konstanz unterliegen Abbruchvorhaben strengen Auflagen. Zunächst wird ein Gebäudeabbruch in fast allen Fällen im Kenntnissgabeverfahren angezeigt. Ausnahmen bilden Gebäude der Gebäudeklassen 1 und 3 nach LBO BW [10]. Nach der Meldung beim Landratsamt muss ein Schadstoffgutachten erstellt werden. Hierzu werden potenziell schadstoffbelastete Bauteile stichprobenartig untersucht, um diese im Nachgang sachgemäß ausbauen zu können. Nach dem Ausbau der Gefahrstoffe wird die Gebäudesubstanz rückgebaut und die verschiedenen Bauabfälle nach Abfallfraktionen sortiert. Um zu veranschaulichen wie ein selektiver Gebäuderückbau im Landkreis Konstanz typischerweise abläuft und an welcher Stelle die Gewinnung von Baukomponenten durch eine gezielte Demontage sinnvollerweise ansetzen sollte, zeigt Abbildung 1 einen Überblick über den Ablauf und die involvierten Akteure.

Abbildung 1
Stationen und Akteure des Gebäuderückbaus im Landkreis Konstanz.



Quelle: Viola John 2019

Akteur 1 in der Entsorgungskette ist der Bauherr, dessen Gebäude abgerissen werden soll. Er ist dazu verpflichtet, sich beim Rückbau bzw. Abriss seines Gebäudes nach folgenden Vorgaben zu richten [11]:

- Kreislaufwirtschaftsgesetz KrWG (§§ 7, 15 und 22) [8]
- Gefahrstoffverordnung GefStoffV (§ 15 Absatz 5) [12]
- Baustellenverordnung BaustellV (§ 4) [13]
- Technische Regeln für Gefahrstoffe TRGS 524 (Ziffer 3.1) [14]
- Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung DGUV (Regel 101-004 Ziffer 4) [15]
- VDI-Richtlinie 6202 (Blatt 1, Ziffer 5) [16]
- Asbestrichtlinie (§41 LBO) [17]

Das Amt für Abfallrecht und Gewerbeaufsicht des Landratsamtes Konstanz (Akteur 4 in Abb. 1) wird jährlich von ca. 200-250 Abbrüchen im Landkreis Konstanz in Kenntnis gesetzt. Hinzu kommen geschätzte 50 Abbrüche, die dem Amt nicht bekannt sind. Die Landesbauordnung erlaubt bei den meisten dieser Bauten einen verfahrensfreien Abbruch, so dass eine zusätzliche Abbruchgenehmigung durch das Baurechtsamt selten erforderlich ist. Es genügt das Kenntnissgabeverfahren an das Amt für Abfallrecht und Gewerbeaufsicht, das daraufhin überprüft, ob der Abbruch fachgerecht durchgeführt werden kann und in diesem Fall eine Abbruchgenehmigung erteilt. Um eine Genehmigung für den Abbruch seines Gebäudes erteilt zu bekommen, muss der Bauherr dem Amt für Abfallrecht und Gewerbeaufsicht des Landratsamtes Konstanz zunächst ein Bauschadstoffgutachten über das abzureißende Bauwerk sowie ein darauf aufbauendes Abbruch- und Rückbaukonzept vorlegen. Ersteres kann er bei einem Bauschadstoffgutachter (Akteur 2 in Abbildung 1) in Auftrag geben und Letzteres bei einem Abbruchunternehmen (Akteur 3 in Abbildung 1). Dabei geht dem Abbruch eine eingehende Bestandsaufnahme durch den Abbruchunternehmer voraus. Falls nach dem Abriss ein neues Gebäude entstehen soll, kommt es auch vor, dass die Erstellung dieser Dokumente über den dafür beauftragten Architekten organisiert wird. Dieser tritt dann als Vermittler zwischen den Akteuren 1, 2 und 3 auf. Zur Vorlage des Schadstoffgutachtens sind immer sowohl der Bauherr als auch das Abbruchunternehmen verpflichtet. Nur so kann vom Amt für Abfallrecht und Gewerbeaufsicht geprüft werden, welche Stoffe beim Rückbau anfallen, ob das Abbruchunternehmen die Arbeiten durchführen darf und ob die Abfälle richtig selektiert und entsorgt

werden. Eine Abbruchgenehmigung wird vom Landratsamt nur erteilt, wenn dies gewährleistet ist. Bei den ca. 50 nicht gemeldeten Abbrüchen im Landkreis Konstanz kann das Landratsamt hingegen nicht überprüfen, ob alle behördlichen Vorgaben eingehalten und der Abbruch sachgemäß durchgeführt wird. Ein nicht sachgemäß durchgeführter Abbruch kann Umweltschäden nach sich ziehen (beispielsweise durch die unsachgemäße Entsorgung von schadstoffbelastetem Bauschutt oder durch Nichteinhaltung der Fraktionentrennung, woraus niedrige Recyclingquoten resultieren können) oder finanzielle Schäden verursachen (selektierte Baustoffe kosten in der Verwertung mitunter nur 10 Euro pro Tonne, während ein nicht selektiertes Gemisch in der Entsorgung ca. 150 Euro pro Tonne kosten kann). Dem Bauherrn können strafrechtliche Konsequenzen drohen, da er bei der Beauftragung Dritter für den Gebäudeabbruch verpflichtet ist, sich zu versichern, dass der Beauftragte zur ordnungsgemäßen Entsorgung imstande und rechtlich befugt ist. Im Strafgesetzbuch (StGB) § 326 heißt es dazu: „(1) Wer unbefugt Abfälle, die 1. Gifte oder Erreger von auf Menschen oder Tiere übertragbaren gemeingefährlichen Krankheiten enthalten oder hervorbringen können, 2. für den Menschen krebserzeugend, fortpflanzungsgefährdend oder erbgutverändernd sind, 3. explosionsgefährlich, selbstentzündlich oder nicht nur geringfügig radioaktiv sind oder 4. nach Art, Beschaffenheit oder Menge geeignet sind, a) nachhaltig ein Gewässer, die Luft oder den Boden zu verunreinigen oder sonst nachteilig zu verändern oder b) einen Bestand von Tieren oder Pflanzen zu gefährden, außerhalb einer dafür zugelassenen Anlage oder unter wesentlicher Abweichung von einem vorgeschriebenen oder zugelassenen Verfahren sammelt, befördert, behandelt, verwertet, lagert, ablagert, ablässt, beseitigt, handelt, makelt oder sonst bewirtschaftet, wird mit Freiheitsstrafe bis zu fünf Jahren oder mit Geldstrafe bestraft.“ [18] Der Bauherr macht sich als Erzeuger bzw. Besitzer der gefährlichen Abfälle der fahrlässigen, umweltgefährdenden Abfallentsorgung schuldig, wenn der beauftragte Dritte gefährliche Abfälle illegal entsorgt. Daher sollte es im Interesse jedes Bauherrn sein, das Amt für Abfallrecht und Gewerbeaufsicht von einem geplanten Abbruch in Kenntnis zu setzen und ein erfahrenes Abbruchunternehmen mit der Anfertigung des Abbruch- und Entsorgungskonzepts sowie dem Rückbau zu beauftragen. Das Abbruchunternehmen ist als ausführendes Unternehmen für einen vorschriftsmäßigen Abbruch und die Entsorgung mitverantwortlich. Nach erfolgter Abbruchgenehmigung darf die Durchführung des kontrollierten Gebäuderückbaus durch das Abbruchunternehmen (Akteur 6 in Abbildung 1) beginnen. Der erste Schritt hierbei ist der Ausbau und die Entsorgung gesundheits- und umweltschädlicher Stoffe. Danach erfolgt in einem zweiten Schritt die Trennung der übrigen Abbruchmaterialien nach Stoffgruppen, um diese später jeweils den für sie geeigneten Verwertungswegen zuführen zu können. Hierbei ist zu beachten, dass die novellierte Gewerbeabfall-Verordnung aus dem Jahr 2017 [19] festlegt, Bauabbruchabfälle in zehn Abfallfraktionen (vgl. Punkt 7 in Abbildung 1) zu separieren (Glas, Kunststoff, Metalle, Holz, Dämmmaterial, Bitumengemische, Baustoffe auf Gipsbasis, Beton, Ziegel, Fliesen und Keramik). Ausnahmen sind nur gültig, falls dies z.B. technisch nicht möglich oder wirtschaftlich unzumutbar wäre.

Eine wichtige Erkenntnis für das RE-USE-Forschungsprojekt ist, dass ein Eingreifen zur Gewinnung von wiederverwendbaren Baukomponenten in **Abfallvermeidung** einerseits und **Abfallnutzung** andererseits unterschieden werden kann. **Wiederverwendungs-Szenario 1: Findet die Gewinnung wiederverwendbarer Baukomponenten durch eine gezielte Demontage vor dem Abriss eines Gebäudes statt („RE-USE Rosinenpicker“), wird Abfall vermieden.** Hierfür sollte der Ausbau von Rückbaukomponenten zur Wiederverwendung am besten schon vor dem Abbruch erfolgen (durch „RE-USE-Rosinenpicker“ (vgl. Punkt 5 in Abbildung 1), die sich vorab jene Baukomponenten sichern, die sie wiederverwenden möchten) – also zu einem Zeitpunkt, wenn die Baustoffe noch nicht als Abfall kategorisiert sind. Sollen Bauteile für die Wiederverwendung ausgebaut werden, werden sie idealerweise zunächst nach Art und Menge erfasst. Dann müssen der Rückbau, Abtransport und bei Bedarf die Zwischenlagerung (erforderliche Flächen) organisiert werden. **Wiederverwendungs-Szenario 2: Findet die Gewinnung wiederverwendbarer Baukomponenten erst nach deren Rückbau und Entsorgung statt (Vorbereitung zur Wiederverwendung), wird Abfall genutzt.** Sobald Bauteile und -stoffe als Abfall separiert wurden, müssen die Bauabbruchmaterialien dem KrWG entsprechend den Weg der Entsorgung gehen. D.h., sie werden von einem Beförderer (vgl. Punkt 8 in Abbildung 1) abtransportiert und dann entweder der Beseitigung (vgl. Punkt 10 in Abbildung 1), dem Recycling (vgl. Punkt 11 in Abbildung 1) oder alternativ einer Vorbereitung zur Wiederverwendung (vgl. Punkt 12 in Abbildung 1) zugeführt.

5.1.2 Identifikation von Herausforderungen und Hemmnissen für die Wieder- und Weiterverwendung von Rückbaukomponenten

Nachdem die Akteure und Stationen des kontrollierten Gebäuderückbaus identifiziert waren, wurde in Gesprächen und Interviews mit einzelnen Akteuren herausgearbeitet, wo bislang die größten Hemmnisse für eine – auch wirtschaftlich interessante – Wiederverwendung liegen und welche Herausforderungen sich aufgrund dieser Hemmnisse für den geplanten Bau eines Pilotprojektes aus Rückbaukomponenten in der Umsetzung ergeben könnten.

Als besonders relevant wurden von den Akteuren folgende Aspekte benannt:

1. Ziel Abfallvermeidung
2. Logistik für Demontage, Transport und Zwischenlagerung
3. Schadstoffe
4. Wirtschaftlichkeit
5. Faktor Zeit
6. Rechtliche Hemmnisse

5.1.2.1 Ziel Abfallvermeidung

Eine wichtige Erkenntnis aus den Interviews und Gesprächen mit Akteuren aus dem Landkreis Konstanz ist, dass beim Thema Wiederverwendung die Vermeidung von Abfall als besonders sinnvoll angesehen wird. Dies kann in der Entsorgungskette erreicht werden, indem Baukomponenten bereits ausgebaut und einer Wiederverwendung zugeführt werden, bevor das Gebäude abgebrochen ist (vgl. Punkt 5 in Abbildung 1). So entsteht erst gar kein Abfall. Die Erfolgsaussichten sind gut, sofern sichergestellt werden kann, dass die ausgebauten Komponenten frei von Schadstoffen und technisch für eine Wiederverwendung geeignet sind.

5.1.2.2 Logistik für Demontage, Transport und Zwischenlagerung

Die logistischen Arbeitsabläufe zur Gewinnung von wiederverwendbaren Bauteilen stellen eine Herausforderung dar. Die Demontage ist zeitaufwendig und muss mit dem Abbruchunternehmen abgestimmt werden. Zudem müssen der Abtransport und eventuell eine Einlagerung in ein Zwischenlager organisiert werden. Vom Zwischenlager aus erfolgt dann der Transport an die Baustelle, an der die Baukomponenten verbaut werden sollen. Je komplexer die logistischen Abläufe (z. B. durch verschiedene Demontagebaustellen, mehrere Zwischenlager und unterschiedliche Baustellen für den Wiedereinbau), desto zeitaufwendiger ist die Koordination.

5.1.2.3 Schadstoffe

In Bestandsbauten, die vor dem Jahr 2000 entstanden sind, findet sich potenziell eine Vielzahl an Schadstoffen. Gemäß VDI/GVSS-Richtlinie 6202 Blatt 1 [20] sind Schadstoffe gefährliche Stoffe im Sinne der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) [12]. Zu den häufigsten Gebäudeschadstoffen gehören unter anderem Asbest, künstliche Mineralfasern, teerhaltige Produkte und Holzschutzmittel. Tabelle 1 zeigt eine Übersicht über häufig in Bestandsbauten anzutreffende Schadstoffe und deren Vorkommen nach Baujahr bzw. Jahr der letzten Sanierungsmaßnahme [21]. Zusätzlich sind dort ungefähre Kosten für Schadstoffanalysen [22] und Laboruntersuchungen [23], [24], [25], aufgelistet. Laut Angabe des Schadstoffprüfers Thomas Veigel [26] bewegt sich eine Schadstoffanalyse für ein Abbruchgebäude normalerweise im Preisrahmen von 1500-2500 €, wobei Labor-

Tabelle 1

Übersicht Schadstoffe im Gebäudebestand nach Baujahr, mit Kosten für Schadstoffanalysen und Laboruntersuchungen.

Schadstoff und Vorkommen nach Baujahren [21]	Schadstoffquelle	Schadstoffanalyse [22] Methode und Kosten	Laborkosten	Herausforderung bei Rückbau und Wiederverwendung
Dichlordiphenyltrichlorethan (DDT) 1949 bis 1986	Holzschutzmittel, Insektizid: Innenwandputze, Wand- und Deckenverkleidungen, Fußbodenbeläge	Staubuntersuchungen Materialuntersuchungen Raumluftmessungen Material oder Staub 180 €	SGS [23] Untersuchung auf Lindan + PCP + DDT 350 CHF ≈ 320 €	Mit Holzschutzmittel behandelte Holzbauteile sind nicht wiederverwendbar, die Charakterisierung und Klassifizierung von schutzmittelbehandelten Althölzern ist schwierig, Holzbauteile müssen ökologisch u. humantoxikologisch unbedenklich sein
Hexachlorcyclohexan (Lindan) 1949 bis 1986	Holzschutzmittel, Insektizid: Anstriche, Pflanzenschutz, Desinfektionsmittel			
Pentachlorphenol (PCP) 1949 bis 1986	Holzschutzmittel, Anstriche, Konservierungsmittel von Leder, in Teppichböden und Klebstoffen			
Formaldehyd 1918 bis 1986	Spanplatten, Akustikdecken, Tapeten, Parkettversiegelung	Raumluftmessung Wischproben Materialuntersuchungen Material 250 €	SGS [23] Einzeluntersuchung 180 CHF ≈ 165 €	Drei mögliche Maßnahmen: Entfernen der Quelle, Abdichten der Quelle, chemische Bindung des Formaldehyds
Polychlorierte Biphenyle (PCB) 1959 bis 1983	Fugenmassen, Anstriche, Isolierverglasung, Bodenbeläge auf Harzbasis	Raumluftmessung Materialuntersuchung 200 €	SGS [23] Einzeluntersuchung 180 CHF ≈ 165 €	Abfälle dürfen nicht als Brennstoff oder zur Energieerzeugung verwendet werden
Weichmacher Phthalate bis heute	Dichtungs- und Dachbahnen, PVC-Böden	Raumluftmessung Wischproben Materialuntersuchungen Material oder Staub 200€	Landeslabor Berlin Brandenburg [24] 288 €	Rückbau ohne spez. Arbeitsschutzmaßnahmen, vollflächige Verklebung, daher Rückbau mit hohem Aufwand verbunden
Asbest 1918 bis 1992	Brandschutz, Dämmmaterial, Bremsbeläge, hauptsächlich Platten von Fassaden und Dach	Materialuntersuchungen Raumluftmessungen Röhrchen zur Probeentnahme Material ab 120 €	SGS [23] Einzeluntersuchung 180 CHF ≈ 165 €	sehr kleine Partikel, daher schädlich für die Lunge und krebserregend, große Vorsichtsmaßnahmen, oft in tiefer liegenden Bauteilschichten verbaut
Künstliche Mineralfasern (KMF) 1959 bis 1994	Wärmeschutz, Filterung, Schallschutz, Ummantelungen, Isolierungen, Fassadenbau	Materialuntersuchungen Material 120 € & Bodenbeläge 130 €	CRB [25] Einzeluntersuchung 74 €	KMF von vor 1995 müssen zur Entsorgung in luftdichte Säcke verpackt werden, schädlich für die Lunge, krebserregend, neuere KMF ab 1995 sind gesundheitlich unbedenklich
Glasfaserverstärkte Kunststoffe bis heute	Glasfaserverstärkter Kunststoff	Materialuntersuchungen Material 120 € Bodenbeläge 130 €	CRB [25] Einzeluntersuchung 74 €	Schwer zu trennen
Teerhaltige Produkte PAK 1918 bis 1968	Dachabdichtungen, Anstriche, Bodenbeläge, Fenster, Schornsteine, Straßenbau	Materialuntersuchungen Raumluftmessungen Wischproben nach Brandschäden 230 €	SGS [23] Einzeluntersuchung 160 CHF ≈ 145 €	PAK verunreinigt Holzfußböden, lässt sich zurzeit nicht wiederverwenden, keine Möglichkeiten der Aufbereitung
Blei vor 1918 bis 1948	Bleche, Rohrleitungsmaterial, Kabelummantelungen, Anstriche, als Zusatzstoff in Farben und PVC, Fenster	Staub - Materialuntersuchungen Wasserprüfung - Trinkwasseranalyse Blei, Kupfer, Zink, Cadmium, Eisen 200 €	SGS [23] As, Sb, Pb, Cd, Cr, Cr(VI), Cu, Ni, Hg, Zn inkl. Aufschluss	Reines Blei kann in einem geschlossenen elektrochemischen Prozess recycelt werden
Quecksilber	Anstriche, Thermometer, Leuchtstofflampen, Energiesparlampen	Staubuntersuchungen Materialuntersuchungen Raumluftmessungen 200 €	350 CHF ≈ 320 €	Abfälle müssen dauerhaft in geeigneter Form von der Umwelt ferngehalten und in tauglichen Behältern abgelagert werden.

Quelle: Team RE-USE HTWG Konstanz 2021, basierend auf Informationen folgender Quellen: energie-fachberater.de [21], Ingenieurbüro Oetzel [22], SGS [23], Landeslabor Berlin-Brandenburg [24] und [25] CRB Analyse Service GmbH.

kosten davon ca. 50-60% ausmachen. Weitere Kosten entstehen, wenn aufgrund einer geplanten Wiederverwendung zusätzliche Beprobungen einzelner Bauteile erforderlich sind.

5.1.2.4 Wirtschaftlichkeit

Die Demontage und Vermarktung von Bauteilen aus Abbruchhäusern als wirtschaftlich tragfähiges Geschäftsmodell zu betreiben, ist nach Ansicht der Akteure schwierig. Denn zu den zeitaufwendigen Rückbautätigkeiten kommen u.a. Kosten für zusätzliche Schadstoffanalysen und Laborkosten (vgl. Tabelle 1), sowie für Transporte, für die Zwischenlagerung und für die Vermarktung hinzu. Dadurch sind Rückbaukomponenten im Vergleich zu neuen Bauprodukten wirtschaftlich kaum konkurrenzfähig, insbesondere vor dem Hintergrund der derzeit vergleichsweise niedrigen Preise für Primärrohstoffe und der Möglichkeit der Serienfertigung in der Produktion neuer Bauteile. Damit Händler vom Verkauf profitieren können, müssen Altbauteile zu höheren Preisen als Neubauteile angeboten werden. Der Rückbau von wiederverwendbaren Komponenten erfordert separate Demontearbeiten und damit Personal- und Zeitaufwand, weshalb mitunter höhere Kosten anfallen als bei der Herstellung neuer Komponenten. Darüber hinaus können für wiederverwendete Bauteile Kosten für Schadstoffprüfungen und Reparaturen anfallen. Außerdem müssen die Komponenten bis zum Einbau zwischengelagert werden. Da wiederverwendbare Bauteile selten gerade dann verfügbar sind, wenn sie auf der Baustelle eingebaut werden sollen, können durchaus längere Lagerzeiten entstehen, die die Kosten weiter erhöhen. Längere Zwischenlagerungszeiten können eine zusätzliche Reinigung der Komponenten erfordern. All diese Kostensteigerungen führen dazu, dass wiederverwendbare Komponenten möglicherweise wirtschaftlich weniger attraktiv sind als neue Bauteile. Infolgedessen wird der Absatz gehemmt, sodass die Nachfrage nach gebrauchten Komponenten gering bleibt. Händler, die mit dem Verkauf alter Bauteile nur sehr wenig Gewinn erzielen, haben keinen Anreiz, ein solches Geschäftsmodell zu verfolgen. Aufgrund fehlender wirtschaftlicher Anreize ist der Markt für wiederverwendete Komponenten derzeit unterentwickelt. Um diese Widrigkeiten zu überwinden, sind externe Fördermaßnahmen wie nationale Förderprogramme oder strukturelle Veränderungen, etwa vergleichbar mit einer CO₂-Bepreisung, erforderlich.

Des Weiteren mangelt es an der notwendigen Koordination von Demontageabläufen zwischen den verschiedenen beteiligten Akteuren, um die ausgebauten Rückbaukomponenten direkt in einem nächsten Bauvorhaben wiederverwenden zu können, ohne dass eine allzu lange Zwischenlagerzeit entsteht. Eine systematische Bauelementenerfassung, bzw. detaillierte Angaben dazu, wann und wo wie viele Bauteile zur Verfügung stehen, wäre eine Grundvoraussetzung für deren Wiederverwendung. Zudem existieren bislang kaum Vermarktungsstrukturen für sekundäre Baumaterialien, wodurch eine umfassende Nutzung von Rückbaukomponenten derzeit nicht realisierbar ist. Es gibt nur wenige bekannte Annahmestellen für Ausbauteile, die sogenannten Bauteilbörsen (vgl. Kapitel 5.1.3). Allerdings besteht nach Angaben der Betreiber dieser Börsen derzeit kein ausreichender Absatzmarkt für die angebotenen Bauteile. Die Nachfrage nach wiederverwendeten Bauteilen ist zu gering. Gebrauchte Bauteile leiden zudem derzeit noch unter Akzeptanzproblemen, da ihre technischen Materialqualitäten ohne größeren Aufwand schwierig zu beurteilen sind. Unter diesen Randbedingungen ist die gesamte Prozesskette von der Entnahme, über die Aufbereitung und Lagerung, bis hin zur Wiederverwendung von Ausbauteilen wirtschaftlich wenig attraktiv.

5.1.2.5 Faktor Zeit

Als ein generelles Hemmnis für eine Wiederverwendung wurde der Faktor Zeit identifiziert: Wer Bauteile rechtzeitig aus einem Abbruchhaus sichern möchte, muss schnell handeln, da Gebäude häufig innerhalb weniger Tage abgebrochen werden. Das Zeitfenster für Abbruch- bzw. Rückbaumaßnahmen ist in der Regel so eng bemessen, dass eine sorgfältige Demontage der auszubauenden Elemente nicht ohne weiteres möglich ist. Denn die Demontage erfordert einen deutlich höheren Zeitaufwand als der Abbruch. Abbruchunternehmer können diesen Arbeitsschritt unter den derzeitigen Randbedingungen kaum selbst durchführen. Es müssten also zusätzliche Unternehmen damit beauftragt werden, die sich auf eine zerstörungsfreie Demontage spezialisiert haben. Derzeit fehlt es allerdings an qualifiziertem Demontagepersonal.

5.1.2.6 Rechtliche Hemmnisse

Hinzu kommen rechtliche Hemmnisse, die eine Etablierung der Wieder- und Weiterverwendung von Baukomponenten erschweren. Auf Landesebene regelt die Landesbauordnung die Anforderungen, die an ein Bauteil gestellt werden [10]. Dabei wird im Gesetzestext nicht zwischen neuen und wiederverwendeten Bauteilen unterschieden. Für ein demontiertes Bauteil ist daher vor dessen Wiederverwendung eine bauaufsichtliche Zulassung gefordert, wie für ein neues Bauteil (§ 18 LBO [10]). Die Wiederverwendung von Holzbauteilen wird durch die Altholzverordnung aus dem Jahr 2002 erschwert. Diese regelt die Anforderungen an die Verwertung und Beseitigung von Altholz. Die Verordnung thematisiert ausschließlich die Verwertung des Holzes, eine Wiederverwendung wird nicht in Betracht gezogen. Unterschieden wird Holz je nach Schadstoffbelastung in vier Kategorien (Altholzkategorie A I - IV). Je nach Kategorie entscheidet sich, wie das Holz verwertet werden darf. Ein naturbelassenes Stück Holz fällt in die Kategorie A I, während ein mit Holzschutzmitteln behandeltes Holz zur Kategorie A IV zählt. Aus dem Anhang III der Verordnung wird ersichtlich welche Art Holz in welche Kategorie einsortiert werden sollte. Altholz aus dem Abbruch und Rückbau wäre demnach immer mindestens der Altholzkategorie A II zuzuordnen, in der Praxis wird es jedoch häufig vom Bauschadstoffprüfer sogar in Kategorie IV eingestuft, wenn nur der Verdacht auf eine Behandlung mit Holzschutzmitteln oder eine räumliche Nähe zu schadstoffbelasteten Hölzern besteht. Auch hochwertige Bauteile, wie Holzfensterrahmen oder konstruktiv verwendete Holzsparren fallen in der Praxis häufig in die Altholzkategorie A IV. Möchte man ein Holzbauteil dieser Kategorie demontieren und wiederverwenden, muss dieses daher zunächst einer Schadstoffprüfung unterzogen werden.

5.1.2.7 Konsequenzen für die Planung des RE-USE Pilotgebäudes

All diese Hemmnisse wurden als Herausforderungen bei der Planung des RE-USE Pilotgebäudes und der Akquise von Bauteilen berücksichtigt und konnten dank der Unterstützung der Akteure im Landkreis Konstanz frühzeitig adressiert werden. Als Ergebnis wurden folgende Strategien bei der Planung des Pilotgebäudes verfolgt:

- **Ziel Abfallvermeidung:** Der Rückbau erfolgte mit Unterstützung des Abbruchunternehmens Joos bereits bevor die Baustoffe und -teile zum Abfall sortiert wurden.
- **Logistik für Demontage, Transporte und Zwischenlagerung:** Das motivierte Studierenden-Team nahm auch kurzfristige Demontagermine wahr. Das Abbruchunternehmen Joos unterstützte die Studierenden beim Ausbau, wann immer dies zeitlich möglich war. Für Bauteiltransporte vom Abbruchgebäude ins Zwischenlager konnte das Unternehmen Hämmerle Recycling als Beförderer gewonnen werden. Zwischenlagermöglichkeiten für ausgebauten Baukomponenten wurden von den Entsorgungsbetrieben Konstanz EBK sowie von der Firma i+R Industrie- & Gewerbebau und der HTWG Konstanz bereitgestellt.
- **Schadstoffe:** Eine enge Zusammenarbeit mit den Bauschadstoffgutachtern im Landkreis sowie dem Prüflabor SGS Fresenius bildete die Basis für eine erfolgreiche Akquise schadstofffreier Bauteile.
- **Wirtschaftlichkeit:** Für die Akquise der Rückbaumaterialien fielen keine Kosten an. Bauschadstoffgutachter und Prüflabor übernahmen die Kosten für die erforderlichen zusätzlichen Materialbeprobungen. Transporte und Zwischenlagermöglichkeiten wurden von den Projektpartnern gratis bereitgestellt.
- **Faktor Zeit:** Um rechtzeitig Kenntnis über die in naher Zukunft zu erwartenden Gebäudeabrisse zu erhalten, erfolgte eine enge Abstimmung der RE-USE Projektleitung mit dem Landratsamt, sowie mit dem Abbruchunternehmen und den Bauschadstoffgutachtern im Landkreis Konstanz.

- **Rechtliche Hemmnisse:** Zur Bewertung der Standfestigkeit des Pilotgebäudes und der Eignung der wiederverwendeten Bauteile wurde ein Statiker in den Entwurfsprozess involviert. Zur Gewährleistung der gesundheitlichen Unbedenklichkeit der wiederverwendeten Baustoffe wurden Schadstoffprüfungen vorgenommen. Insbesondere bei den Altholzprodukten waren hierzu intensive Beprobungen notwendig.

5.1.3 Recherche zum Thema Wieder- und Weiterverwendung am Bau: Plattformen und Bauteilbörsen

Die Idee einzelne Baukomponenten wiederzuverwenden wird in Deutschland im kleinen Umfang bereits umgesetzt. So gibt es bereits seit einigen Jahren verschiedene Bauteilbörsen, die vor allem auf den Weiterverkauf historischer Bauteile spezialisiert sind. Der Fokus liegt im Wesentlichen auf hochwertigen Ein- und Ausbaukomponenten, wie Türen, Fenster und Sanitärgegenstände, meist aus der Gründerzeit. Die in Deutschland aktiven Bauteilbörsen sind im Bundesverband Bauteilnetz e.V. zusammengeschlossen. Auch im Ausland gibt es ähnliche Bauteilbörsen. Die Schweizer Bauteilbörsen sind auf der Website Bauteilclick.ch abrufbar. Die niederländische Bauteilbörse ist auf der HarvestMap-Plattform abrufbar. Mit europaweiten Angeboten wartet die Plattform opalis.eu auf. Hinzu kommen allgemeine Verkaufsplattformen, wie Restado und Ebay, auf denen Privatpersonen und Händler unter anderem auch Gebrauchtbauteile anbieten. Demgegenüber ist eine großmaßstäbliche Wiederverwendung von Bauteilen in der Baupraxis noch immer die Seltenheit. In der jüngeren Literatur finden sich dennoch bereits Leitfäden und Praxisbeispiele dazu, wie Bauteile optimal wiederzuverwenden sind [27], [28], zum Erkennen von Wertstoffen in Gebäuden, noch bevor diese zu Abfall werden [29] und zu Details realisierter Beispiele [30] sowie Entwurfshilfen [31]. Darüber hinaus gibt es mittlerweile bereits Online Plattformen im In- und Ausland, die mit der Erstellung von Materialpässen arbeiten, um zukünftig auch eine Wieder- und Weiterverwendung in größerem Umfang zu ermöglichen (SALZA, Madaster und Concular). Die Tabellen 2 und 3 zeigen eine Übersicht der Plattformen und Bauteilbörsen im In- und Ausland. Die Plattformen SALZA, Madaster und Concular werden auf den folgenden Seiten genauer vorgestellt. Die Texte und Abbildungen zu den drei Plattformen wurden im Sommersemester 2021, im Rahmen der Lehrveranstaltung „Nachhaltiges Bauen“, von den Architektur-Studierenden Jasmin Huber, Adrian Munz, Stefanie Heller und Lenart Melzer erarbeitet.

Tabelle 2
Übersicht Plattformen und Bauteilbörsen.

Plattformen und Bauteilbörsen	Link
Bauteilnetz (D)	http://www.bauteilnetz.de
Bauteilbörse Berlin-Brandenburg / Brita Marx (D)	http://www.bauteilboerse-berlin-brandenburg.de
Bauteilbörse Bremen (D)	http://www.bauteilboerse-bremen.de/
Bauteilbörse Gronau (D)	http://www.bauteilboerse-gronau.de/defaultsite
Bauteilbörse Hannover (D)	http://www.bauteilboerse-hannover.de
Bauteilbörse Herzogenrath (D)	http://www.bauteilboerse-herzogenrath.de/
Möwe Altmaterialverwendung	http://www.moewe-osnabrueck.de/
Restado (D)	http://www.restado.de
UHB (D)	https://www.historische-baustoffe.de/
Concular (D)	https://concular.de/de/
Bauteilclick (CH)	https://www.bauteilclick.ch
Bauteilbörse Basel powered by Overall (CH)	https://www.overall.ch/betriebe/bauteilboerse/reu
Bauteile Zürich (CH)	https://www.chance.ch/betrieb-bauteile.html
Bauteilvermittlungen Zürichsee-Oberland (CH)	https://www.btvz.ch/
Bauteilbörse Biel, SYPHON (CH)	https://www.syphon.ch/
GGZ@Work-Bauteilladen (CH)	https://ggznetwork.ch/bauteilladen/
Bauteilladen Winterthur (CH)	http://bauteilladen.ch/
SALZA (CH)	https://www.salza.ch/de
Madaster (CH)	https://madaster.ch/de/
Harvest Map (NL)	http://www.oogstkaart.nl/
opalis (EU)	https://opalis.eu/en
ebay (D, EU, weltweit)	https://www.ebay.de/

Quelle: Team RE-USE HTWG Konstanz 2021

Tabelle 3a

Steckbriefe zu einzelnen Plattformen und Bauteilbörsen in Deutschland (Auswahl).

Bauteilnetz (D)

Gründungsjahr: 2010; **Zielgruppe:** Privatpersonen, Gewerbe/Handwerk/Unternehmen und Händler; **Portfolio:** alles was in Bestandsgebäuden vorzufinden ist und ausgebaut werden kann, sowie Übersicht über Anbieter von historischem Baumaterial; **Regionalität:** deutschlandweit; **Kaufprozess:** Selbstabholung; **Anmerkungen:** Bauteilnetz Deutschland bietet Informationen rund um das Thema Nachhaltigkeit und Wiederverwendung. Es wird Öffentlichkeitsarbeit betrieben, um das Thema attraktiv zu machen. Zudem werden erste Kontakte zu Handwerksbetrieben, Entsorgungsbetrieben etc. hergestellt. Essentiell ist die Unterstützung und Beratung neuer oder bestehender Lager sowie Aufbau eines Lagers für gebrauchte Bauteile. Inklusive Online-Bauteilkatalog.

Außenfenster, -türen, -tore	Innen-türen	Treppen	Bodenbeläge	Wandbauteile	Dachbauteile	Wärmeerzeuger / Heizkörper	Sanitäreinrichtungen	Pflastersteine	Zäune/Tore, Geländer	Elektrogeräte	Historisches / Antiquitäten
X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	

Bauteilbörse Berlin-Brandenburg / Brita Marx (D)

Gründungsjahr: 2003; **Zielgruppe:** Privatpersonen, Gewerbe/Handwerk/Unternehmen und Händler; **Portfolio:** eher historische Bauteile und Bauelemente, Trödel- und Sammlerstücke; **Regionalität:** Berlin-Brandenburg; **Kaufprozess:** Selbstabholung; **Anmerkungen:** Inhaberin Brita Marx, Dachverband Bauteilnetz und Unternehmenverband Historische Baustoffe UHB.

Außenfenster, -türen, -tore	Innen-türen	Treppen	Bodenbeläge	Wandbauteile	Dachbauteile	Wärmeerzeuger / Heizkörper	Sanitäreinrichtungen	Pflastersteine	Zäune/Tore, Geländer	Elektrogeräte	Historisches / Antiquitäten
X	X	X	X	X	X	X	X			X	

Bauteilbörse Bremen (D)

Gründungsjahr: 2002; **Zielgruppe:** Privatpersonen, Gewerbe/Handwerk/Unternehmen und Händler; **Portfolio:** großes Portfolio an unterschiedlichen Bauteilen; **Regionalität:** Bremen; **Kaufprozess:** Selbstabholung.

Außenfenster, -türen, -tore	Innen-türen	Treppen	Bodenbeläge	Wandbauteile	Dachbauteile	Wärmeerzeuger / Heizkörper	Sanitäreinrichtungen	Pflastersteine	Zäune/Tore, Geländer	Elektrogeräte	Historisches / Antiquitäten
X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	

Bauteilbörse Hannover (D)

Gründungsjahr: 2005; **Zielgruppe:** Privatpersonen, und Gewerbe/Handwerk/Unternehmen; **Portfolio:** Bauteile zum Kauf und zum Verleih; **Regionalität:** deutschlandweit; **Kaufprozess:** Selbstabholung.

Außenfenster, -türen, -tore	Innen-türen	Treppen	Bodenbeläge	Wandbauteile	Dachbauteile	Wärmeerzeuger / Heizkörper	Sanitäreinrichtungen	Pflastersteine	Zäune/Tore, Geländer	Elektrogeräte	Historisches / Antiquitäten
X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	

Restado (D)

Gründungsjahr: 2016; **Zielgruppe:** Privatpersonen, Gewerbe/Handwerk/Unternehmen und Händler; **Portfolio:** Türen, Zargen, Fenster, Fliesen, Steine, Dachbauteile, Haustechnik, Sanitär, Rohbau, Fassade, Innenausbau, Garten, Freianlagen, Werkzeuge und Maschinen; **Regionalität:** deutschlandweit, vereinzelt auch Angebote aus angrenzenden Ländern; **Kaufprozess:** Selbstabholung und Lieferung; **Anmerkungen:** Vorstellung des Anbieters auf der Artikelseite mit Web-Verlinkung möglich, wodurch sich für interessierte Käufer für Folgeaufträge die Möglichkeit zum Direktkontakt mit dem Anbieter bietet.

Außenfenster, -türen, -tore	Innen-türen	Treppen	Bodenbeläge	Wandbauteile	Dachbauteile	Wärmeerzeuger / Heizkörper	Sanitäreinrichtungen	Pflastersteine	Zäune/Tore, Geländer	Elektrogeräte	Historisches / Antiquitäten
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	

Concular (D)

Gründungsjahr: 2020; **Zielgruppe:** Planer aus der Baubranche; **Portfolio:** alles was in Bestandsgebäuden vorzufinden und für die Wiederverwendung geeignet ist; **Regionalität:** deutschlandweit; **Kaufprozess:** Lieferung; **Anmerkungen:** Concular ist die Weiterentwicklung von Restado. Für Gebäude wird ca. ein Jahr vor dem Rückbau ein Materialpass erstellt.

Außenfenster, -türen, -tore	Innen-türen	Treppen	Bodenbeläge	Wandbauteile	Dachbauteile	Wärmeerzeuger / Heizkörper	Sanitäreinrichtungen	Pflastersteine	Zäune/Tore, Geländer	Elektrogeräte	Historisches / Antiquitäten
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	

Quelle: Team RE-USE HTWG Konstanz 2021

Tabelle 3b

Steckbriefe zu einzelnen Plattformen und Bauteilbörsen aus dem Ausland (Auswahl).

Bauteilclick Schweiz (CH)

Zielgruppe: Privatpersonen, Gewerbe/Handwerk/Unternehmen und Händler; **Portfolio:** Vielseitiges Angebot. Bauteile aus Schweizer Bauteilbörsen, aber auch von Privatpersonen; **Regionalität:** Schweiz; **Kaufprozess:** Selbstabholung und Lieferung; **Anmerkungen:** Die Firma useagain betreibt den Internet-Shop bauteilclick.ch. useagain arbeitet mit den Schweizer Bauteilbörsen und dem Verein Circla (vormals Bauteilnetz Schweiz) zusammen.

Außenfenster, -türen, -tore	Innen- türen	Treppen	Boden- beläge	Wand- bauteile	Dach- bauteile	Wärmeerzeuger / Heizkörper	Sanitärein- richtungen	Pflaster- steine	Zäune/Tore, Geländer	Elektro- geräte	Historisches / Antiquitäten
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	

Bauteilbörse Basel (CH)

Zielgruppe: Privatpersonen, Gewerbe/Handwerk/Unternehmen und Händler; **Portfolio:** Bad Sanitär, Baumaterial, Beleuchtung, Deko Material, Fenster, Gartenbau-/ Einrichtungen, Haushaltsgeräte, Heizung, Lüftung, Küchen, Treppen, Türen; **Regionalität:** Schweiz; **Kaufprozess:** Selbstabholung; **Anmerkungen:** Verkauf direkt im Lager und online, zusätzliches Angebot für Demontage oder Abbruch.

Außenfenster, -türen, -tore	Innen- türen	Treppen	Boden- beläge	Wand- bauteile	Dach- bauteile	Wärmeerzeuger / Heizkörper	Sanitärein- richtungen	Pflaster- steine	Zäune/Tore, Geländer	Elektro- geräte	Historisches / Antiquitäten
X	X	X				X	X	X	X	X	

Madaster (CH)

Zielgruppe: Privatpersonen, Gewerbe/Handwerk/Unternehmen und Händler; **Portfolio:** Rohstoffbank, zentrales Kataster für Materialien, Gebäude, Infrastrukturen; **Regionalität:** Schweiz, Niederlande, Deutschland, Norwegen; **Kaufprozess:** bietet Immobilieneigentümern und anderen Stakeholdern die Möglichkeit, Daten ihrer Immobilien zu speichern, zu verwalten und auszutauschen; **Anmerkungen:** Materialdaten von Neubauten können gesammelt und für Bauherren und Architekten verfügbar gemacht werden.

Außenfenster, -türen, -tore	Innen- türen	Treppen	Boden- beläge	Wand- bauteile	Dach- bauteile	Wärmeerzeuger / Heizkörper	Sanitärein- richtungen	Pflaster- steine	Zäune/Tore, Geländer	Elektro- geräte	Historisches / Antiquitäten
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

HarvestMap (NL)

Zielgruppe: Privatpersonen, Gewerbe/Handwerk/Unternehmen und Händler; **Portfolio:** Rohstoffbank, zentrales Kataster für Materialien, Gebäude, Infrastrukturen; **Regionalität:** Niederlande und 10% europaweit (hauptsächlich Österreich); **Kaufprozess:** Selbstabholung und Lieferung; **Anmerkungen:** Materialdaten von Neubauten können gesammelt und für Bauherren und Architekten verfügbar gemacht werden.

Außenfenster, -türen, -tore	Innen- türen	Treppen	Boden- beläge	Wand- bauteile	Dach- bauteile	Wärmeerzeuger / Heizkörper	Sanitärein- richtungen	Pflaster- steine	Zäune/Tore, Geländer	Elektro- geräte	Historisches / Antiquitäten
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Opalis (EU)

Zielgruppe: Privatpersonen, Gewerbe/Handwerk/Unternehmen und Händler; **Portfolio:** Vielseitiges Angebot; **Regionalität:** Belgien, Frankreich, Niederlande; **Kaufprozess:** Lieferung.

Außenfenster, -türen, -tore	Innen- türen	Treppen	Boden- beläge	Wand- bauteile	Dach- bauteile	Wärmeerzeuger / Heizkörper	Sanitärein- richtungen	Pflaster- steine	Zäune/Tore, Geländer	Elektro- geräte	Historisches / Antiquitäten
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Ebay (D, EU, weltweit)

Zielgruppe: Privatpersonen, Gewerbe/Handwerk/Unternehmen und Händler; **Portfolio:** Vielseitiges Angebot; **Regionalität:** europa- weit, weltweit; **Kaufprozess:** Selbstabholung und Lieferung.

Außenfenster, -türen, -tore	Innen- türen	Treppen	Boden- beläge	Wand- bauteile	Dach- bauteile	Wärmeerzeuger / Heizkörper	Sanitärein- richtungen	Pflaster- steine	Zäune/Tore, Geländer	Elektro- geräte	Historisches / Antiquitäten
X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X

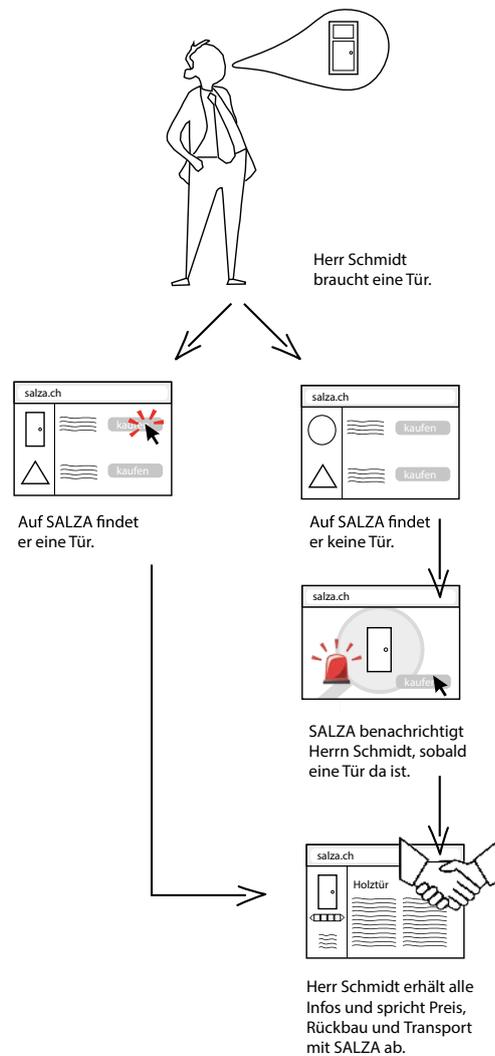
Quelle: Team RE-USE HTWG Konstanz 2021

5.1.3.1 SALZA

Die Idee hinter der Schweizer Plattform SALZA ist es, Bauteile von der Abbruchbaustelle direkt zur Neubaubau-
stelle zu transportieren. Bereits bevor mit dem Rückbau eines Gebäudes überhaupt begonnen wird und die
Bauteile eingelagert werden, kann der Anbieter von Rückbaubauteilen auf diesem Weg einen Abnehmer dafür
finden. Der Anbieter kann von Anfang an Rückbaukosten und Verkaufspreis gegeneinander abwägen und so
einschätzen, ob sich der Aufwand der Demontage für die Wiederverwendung lohnt. Es werden erst allgemeine
Angaben zum bevorstehenden Demontagevorhaben auf der Plattform eingestellt. Wenn sich ein Interessent
findet, werden Angebot und Nachfrage zusammengebracht, das Angebot konkretisiert und anschließend De-
montage und Transport organisiert.

Abbildung 2

SALZA: Konzept des Bauteilerwerbs über die Plattform.



Quelle: Team RE-USE HTWG Konstanz 2021

Das Angebot SALZA zu nutzen, richtet sich grundsätzlich an jeden Interessierten. Die Größe der Plattform – und vor allem die Wartezeit auf ein Bauteil – haben jedoch zur Folge, dass SALZA vor allem von Privaten für kleinere Einzelprojekte genutzt wird. Diese können die Demontage, die Übergabe und den Transport je nach eigenen Fähigkeiten und Kapazitäten selbst organisieren. Dementsprechend werden aktuell hauptsächlich Möbel und kleinere Bauteile angeboten. Größere Bauteile bergen ein höheres Risiko durch den Mehraufwand und sind dadurch tendenziell unwirtschaftlicher. Außerdem werfen sie Fragen nach der Gewährleistung auf. Bei professionellen gewerblichen Akteuren wird in der Regel ein Abbruch-, oder Rückbauunternehmen für die Demontage und den Transport eingeschaltet, das auch den Preis dafür kalkuliert.

SALZA bietet ergänzend auch die Möglichkeit der Zwischenlagerung an. So soll ein permanenter Warenstrom entstehen, wodurch der Suchende sich in relativ kurzer Zeit das gewünschte Bauteil einfach aus dem Zwischenlager „herausgreifen“ kann. Aktuell verbleiben Angebote circa 2-3 Monate auf der Plattform. Es gibt die Möglichkeit einen Bauteilalarm einzurichten. Dieser informiert, sobald ein passendes Bauteil angeboten wird. Von den ca. 3200 jährlichen Abbrüchen in der Schweiz werden ungefähr 30 auf der Plattform SALZA eingestellt. Von diesen Angeboten werden zurzeit 20% tatsächlich verkauft, wobei dieser Anteil tendenziell steigt. Die Angebotszahl ist in den vergangenen 5 Jahren ebenfalls angewachsen – von ursprünglich 10 auf aktuell durchschnittlich 100 Bauteile, die zeitgleich auf der Plattform angeboten werden.

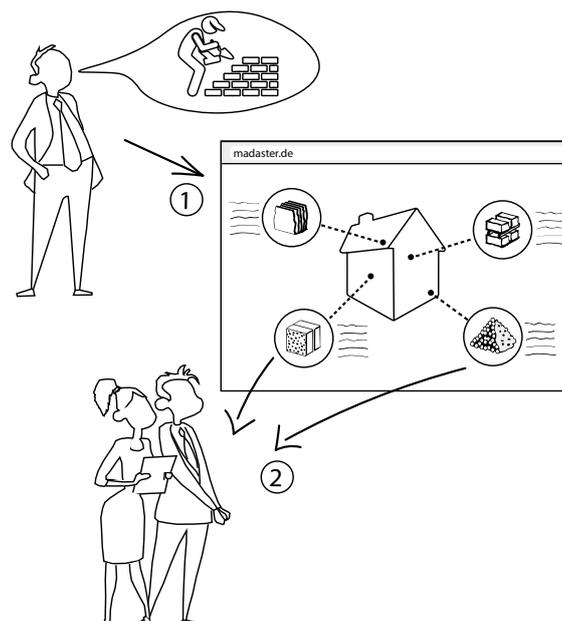
Für die Erstellung eines Angebotes verlangt SALZA eine Pauschale, die sich an der Größe des Objektes orientiert. Aktuell reichen diese Einnahmen allerdings nicht aus, um die Kosten für den Betrieb der Plattform zu decken.

5.1.3.2 Madaster

Madaster verkauft Jahreslizenzen für die Nutzung der Madaster-Plattform. Es gibt Eigentümer-, Experten-, Bildungs- und Partnerlizenzen. Eigentümer sind die Immobilienbesitzer oder Bauherren. Experten sind Architekten, Planer und Immobilienentwickler. Alle Zugehörigen einer Lizenzklasse zahlen dabei den gleichen Preis. Die Bildungslizenz ist deutlich vergünstigt gegenüber den anderen Lizenzklassen und richtet sich an Hochschulen. Studierende können u.a. mit einer von der Hochschule bereitgestellten Lizenz Einsicht in Beispiel-Materialpässe erhalten, Projekte und Materialdatenbanken hochladen. Zu Beginn einer neuen Markterschließung und der regionalen Plattformanpassung startet Madaster mit einem Kennedy-Programm (Anschubfinanzierung) und sucht Förderer. Dabei handelt es sich um größere Firmen oder bekannte Architekturbüros, die einmalig eine größere Summe zahlen und dafür bei der Entwicklung der Plattform mitreden und ihren „Kennedy-Status“ als Teil ihres ökologischen Portfolios vermarkten können. Die „Kennedys“ spielen eine wichtige Rolle bei der Kundenakquise, da sie Kontakte zu weiteren Architekten und Bauträgern vermitteln. Madaster erstellt für jede Immobilie einen Materialpass. Dadurch erhält der Eigentümer einen Überblick über die Materialien, aus denen das einzelne Objekt besteht bzw. über die Summe der Materialien aller Immobilien. In erster Linie werden dabei die Massen erfasst. Außerdem errechnet Madaster einen Zirkularitätsindex, der aufzeigt, wie gut sich das Gebäude zur Wiederverwendung von Bauteilen eignet. Dabei fließen vor allem der Ursprung der Materialien (z.B. wurden sie bereits ein zweites Mal verwendet?) sowie die Haltbarkeit in die Betrachtung mit ein. Auf dieser Basis wird ein tagesaktueller Gebäudematerialwert errechnet, der aus den Preisen der Bauteilbörsen abgeleitet wird. Hiervon wiederum werden die Kosten für nicht wiederverwendbare Materialien, Rückbau und Aufbereitung der Bauteile abgezogen, sodass man einen Rohstoffrestwert erhält. Die Idee dahinter ist eine Bewertung der ökologischen Nachhaltigkeit einer Immobilie zu ermöglichen. Ziel von Madaster ist es, dass der Rohstoffrestwert zukünftig in die Gesamtbewertung der Immobilie mit einfließt. Aktuell ist die Berechnung dafür aber noch zu ungenau. Durch den Rohstoffrestwert erhält man einen Richtwert, mit dem die Rückbaubarkeit und damit Nachhaltigkeit einer Immobilie bemessen werden kann. Im nächsten Schritt kann dies dafür eingesetzt werden, um Anreize für nachhaltigere Bauvorhaben zu setzen. Beispielsweise könnten gut bewertete Immobilien einen günstigeren Kredit bei der Bank erhalten. Alternativ könnte man sich vorstellen, dass ein solcher Materialpass, analog zu einem Energiepass, verpflichtend wird. Die Erfassung der Materialien bietet aber auch

Abbildung 3

Madaster Konzept: Materialdaten des Neubaus sammeln und für Bauherrn und Architekten verfügbar machen.



Quelle: Team RE-USE HTWG Konstanz 2021

die Möglichkeit der besseren Organisation der Stoffströme und ist somit wichtig für das professionelle Planen mit wiederverwendeten Bauteilen. Grundlage für die Erstellung eines Materialpasses ist das 3-D-BIM Modell des Architekturbüros. Alternativ kann aber auch eine ausführliche Excel-Datei erstellt werden, in die die Daten eingetragen werden. Je nachdem, wie detailliert das BIM-Modell von Planern erstellt wurde, empfiehlt sich eher die eine oder die andere Variante. Generell müssen die Kunden ihre Gebäudeinformationen selbst eintragen. Madaster stellt nur das Tool hierfür zur Verfügung, übernimmt diese Leistung jedoch nicht selbst.

Bei der Entstehung von Madaster wurde zunächst eine Crowdfunding-Kampagne in den Niederlanden gestartet, außerdem erhielt Madaster mit dem EU-Förderprogramm Horizon 2020 eine finanzielle Stütze in Höhe von 2-3 Mio. €. So hat sich Madaster nach und nach mittels einer niederländischen Stiftung aufgebaut. Diese Stiftung hat noch immer das Markenrecht und finanziell großen Einfluss auf das Unternehmen. Aktuell gibt es 2000 Lizenzen mit BIM in den Niederlanden. In der Schweiz gibt es deutlich weniger, Deutschland befindet sich noch in der Kennedy-Phase. Die Nachfrage steigt, unter anderem weil der Dutch Green Building Council den Pass bei der Zertifizierung berücksichtigt. Ziel ist es in Zukunft, mehr über den Rückbau zu erforschen, sodass die Baustoffe nicht rezykliert, sondern zurückgebaut werden. Hier steht die Plattform noch in der Entwicklung und Forschung, was sich zum Rückbau besonders eignet und wie man es ausbauen kann, um es sinnvoll in die Planungen zu integrieren.

5.1.3.3 Concular

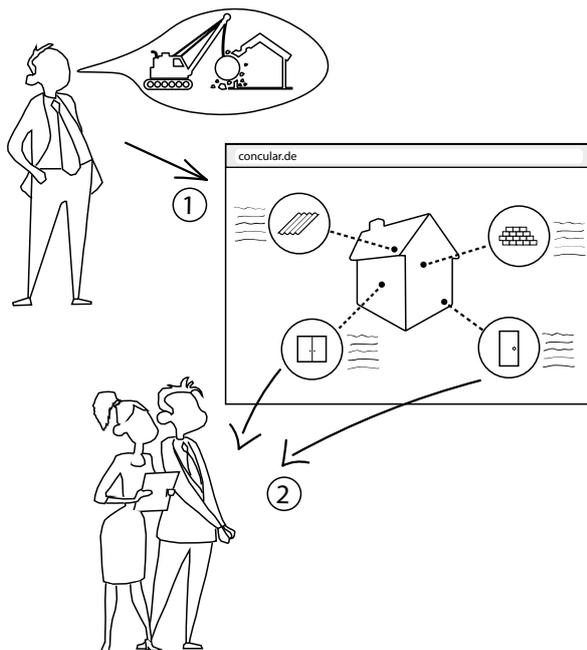
Concular ist die Weiterentwicklung von Restado, einer der größten Bauteilbörsen in Deutschland. Während Restado von gewerblichen Verkäufern und privaten Käufern genutzt wird, richtet sich Concular an die professionellen Akteure der Baubranche, wie Architekturbüros und bietet damit das größere Potenzial. Um diesen Akteuren das Planen mit wiederverwendeten Bauteilen zu ermöglichen, muss längerfristig gedacht werden. Für die Gebäude wird ungefähr ein Jahr vor dem Rückbau ein Materialpass erstellt, das heißt das Inventar und die Materialien dieses Gebäudes werden digital erfasst. Im Unterschied zu Madaster legt Concular dabei den Fokus nicht so stark auf Neubauten und arbeitet stärker auf Bauteilebene. Während also Madaster die Menge an Holz erfasst, bemüht sich Concular die Bauteile zu erfassen, in denen das Holz verbaut ist. Der Architekt, der mit wiederverwendeten Bauteilen planen will, erhält dadurch bereits in der Planungsphase eine Übersicht, wann welche Materialien oder Bauteile zur Verfügung stehen. So kann Concular Angebot und Nachfrage koordinieren und zusammen mit dem Abriss-/Rückbauunternehmen festlegen, welche Bauteile selektiv rückgebaut werden sollen und welcher Teil des Gebäudes abgerissen werden kann.

Die Lagerung von Bauteilen kann dabei, ähnlich wie bei SALZA bestmöglich verkürzt werden. Concular übernimmt die Kosten für den Rückbau, Transport und die Gewährleistung. Bauteile, bei denen eine Schadstoffbelastung zu erwarten ist, werden von Laboren überprüft. Die digitale Erfassung des Objektes wird nach m² berechnet. Für die Nutzung der Plattform, die in der Regel pro Objekt 10-12 Monate beträgt, erhebt Concular einen monatlichen Festpreis. Beim Verkauf der Materialien bekommt Concular eine Provision. Das Modell ist bisher kostentragend. Im Vergleich dazu nimmt Restado für gewerbliche Verkäufer eine Provision, nicht aber für private und ist damit weniger lukrativ.

Insgesamt steigt die Nachfrage, besonders die großen Architekturbüros zeigen Interesse. Die Initiatoren begannen vor acht Jahren nebenberuflich mit dem Aufbau von Restado, das mittlerweile zu einem guten Netzwerk gewachsen ist. Vor zwei Jahren entschieden sich die Gründer hauptberuflich an dem Aufbau von

Abbildung 4

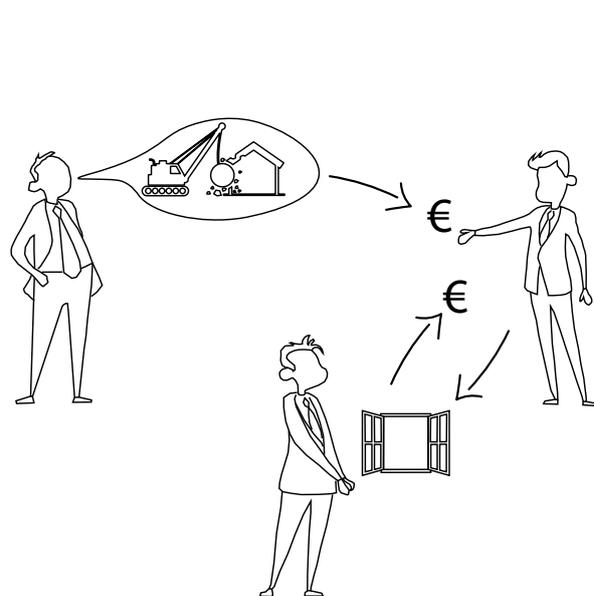
Concular Teilkonzept 1: Bauteildaten von Abbruchvorhaben sammeln und für Architekten nutzbar machen.



Quelle: Team RE-USE HTWG Konstanz 2021

Abbildung 5

Concular Teilkonzept 2: Plattform als vermittelndes Bindeglied zwischen Abbruch und Neubau.



Quelle: Team RE-USE HTWG Konstanz 2021

Concular zu arbeiten. Anfangs bestand die Aufgabe vor allem darin, an Projekte zu kommen und mit Kontakte zu knüpfen. Auch die Idee die Plattform ständig zu verbessern, gehörte dazu. Um Kunden zu finden, nutzen die Gründer ihre Bekanntheit durch Restado und arbeiteten mit möglichst bekannten Architekturbüros, wie Sauerbruch Hutton und gmp zusammen. Ein Teil der Finanzierung findet durch einen norwegischen Investor statt, der andere Teil wird durch Förderprogramme des Landes Baden-Württemberg und der Bundesministerien für Wirtschaft und Forschung erzielt.

Neben vielen vorherrschenden Vorurteilen bezüglich der Qualität wiederverwendeter Bauteile, bestehen vor allem rechtliche Hürden. Beispielsweise benötigt man für ein wiederverwendetes Bauteil eine teure Einzelzulassung, was die Wettbewerbsfähigkeit dieses Produktes gegenüber der Neuware erheblich schmälert. Dabei wird nicht differenziert genug betrachtet, ob eine Einzelzulassung überhaupt sinnvoll ist. Ein Backstein, der lediglich in einer Vorsatzschalung eingesetzt werden soll, würde beispielsweise sinnvollerweise eigentlich keine erneute Prüfung der Tragfähigkeit erfordern. In anderen Fällen stellt diese Auflage ein echtes praktisches Problem dar, weil beispielsweise die Prüfung der Tragfähigkeit eines Stahlträgers bei diesem mindestens zu erheblichen Schäden führt. Außerdem fällt auf ein wiederverwendetes Bauteil eine erneute Mehrwertsteuer an. Weitere Defizite liegen im Bereich der Förderprogramme. Hier fehlen Angebote, die gezielt ressourceneffiziente Projekte oder solche, die CO₂ einsparen, fördern. Im privaten Bereich ist Wiederverwendung grundsätzlich einfacher, weil dort auf eine Einzelzulassung verzichtet werden darf. Dadurch wird auf Restado teilweise der halbe Preis im Vergleich zum Neuwert erzielt. Ein Beispiel, bei dem Baustoffe von Restado eingesetzt wurden, ist ein Neubau. Hier wurden 10.000 Ziegelsteine aus einem alten Schulgebäude aus den 1950er Jahren in Aachen rückgebaut und sollen als Verblender an ein neues Gebäude angebracht werden.

5.1.4 Analyse des baulichen Bestandes und der Gebäudeabbrüche in der Stadt Konstanz

Um das Wiederverwendungspotenzial der zukünftig anfallenden Materialströme im Gebäudebestand einschätzen zu können, wurden die im Jahr 2018 im Rahmen des Energienutzungsplans im Auftrag der Stadt Konstanz erhobenen Gebäudedaten [32] hinsichtlich Bautypologie und Baualtersklassen ausgewertet. Abbildung 31 zeigt eine eigene Auswertung und Darstellung der Originaldaten für die RE-USE MAP. Bei den insgesamt ca. 21 200 Gebäuden im Stadtgebiet von Konstanz handelt es sich zu 54% um Wohngebäude und zu 46% um Nichtwohngebäude. Der Anteil an Mehrfamilienhäusern macht ca. ein Drittel des Gesamtgebäudebestands aus. Ein Blick auf die Baualtersklassen (vgl. Abbildung 31) zeigt, dass von den ca. 11 500 Konstanzer Wohngebäuden 74% in die Bauzeit von vor 1900 bis 1985 fallen, während die übrigen, nicht weiter spezifizierten Baualtersklassen, 26% ausmachen. Die jeweilige Baualtersklasse der Wohnbauten erlaubt eine näherungsweise Einschätzung, welche typischen Konstruktionsmaterialien im Gebäudebestand der Stadt Konstanz gebunden sind (vgl. Abb. 32). Die in der Grafik dargestellten Konstruktionsweisen orientieren sich an der Wohngebäude-Klassifizierung des Leitfadens Energieausweis [33] der Deutschen Energie-Agentur GmbH dena. Anhand der Datengrundlage ist anzunehmen, dass große Mengen an massiver Bausubstanz, wie etwa Ziegel- und Sandsteinmauerwerk, Beton Stahl- und Porenbeton, sowie Naturstein, vorhanden sind. Aber auch Holzsparren und Holzfachwerk, Gipsprodukte und Fenster wurden in Gebäuden dieser Altersklassen häufig eingesetzt. Und – in jüngerer Zeit – Dämmstoffe aus Styropor und künstlichen Mineralfasern.

Gespräche mit den Akteuren im Landkreis Konstanz haben ergeben, dass in den vergangenen Jahren schätzungsweise 80% aller Abbrüche im Landkreis kleinere Einfamilienhäuser und Garagen betrafen. Nur in ca. 20% der Fälle wurden größere Gebäude abgerissen. Bei dem Abbruch eines Gebäudes entstehen laut Erfahrungswerten eines Abbruchunternehmers [34] durchschnittlich 600 Tonnen mineralische Abfälle in Form von Bauschutt (97%). Laut Kreislaufwirtschaftsgesetz fallen darunter Backsteine, Mauersteine, Natursteine, Ziegelbruch, Ziegelsteine, Dachziegel, Mauerwerk, Betonbruch, Steinbruch, Fliesen, Kacheln, Keramik, Mörtel, Putzreste, Estrich (mit Zement), Marmor (mit Porzellan), Kalkstein und Sandstein. Deutschlandweit wird solcher Bauschutt zu ca. 88% dem stofflichen Recycling zugeführt. Nicht zum Bauschutt zählen Bims, Porenbeton, Dämmmaterial, Isoliermaterial, Folien, Glaswolle, Steinwolle, Gips, Rigips, Gipskartonplatten, Holzabfälle, Sägespäne, schadstoffhaltige Baustoffe, Straßenaufbruch, teerfreier Asphalt und Glas. Beim Abbruch eines durchschnittlichen Gebäudes in Konstanz entstehen acht bis zehn Tonnen Holzabfälle (2%) und fünf bis sechs Tonnen sonstige Materialabfälle (1%) [34], darunter u.a. ca. 500-700 kg (Fenster-)Glas. Meistens wird das Glas separat gesammelt und recycelt, allerdings werden oft bis zu 20% zusammen mit dem Bauschutt entsorgt und sind somit für das Glasrecycling verloren. Die Rahmen der Fenster werden im Restmüll entsorgt. Eine Studie [35] aus dem Jahr 2020 hat ergeben, dass derzeit in Deutschland zwar ca. 90% des Flachglases aus Gebäudeabbrüchen recycelt wird, davon jedoch nur ca. ein Zehntel wieder zu neuem Flachglas aufbereitet und somit in ein geschlossenes Kreislaufsystem zurückgeführt wird. Das recycelte Flachglas findet demnach hauptsächlich in der Behälterglas- sowie in der Dämmstoffproduktion Anwendung.

Deutschlandweit wurden laut Angaben des Statistischen Bundesamtes im Jahr 2019 ca. 87% der Bau- und Abbruchabfälle stofflich verwertet, indem sie recycelt wurden, ca. 12% auf Deponien eingelagert und ca. 1% energetisch verwertet oder thermisch beseitigt [36]. Ähnliche Verwertungsquoten können vermutlich auch für Abbrüche im Landkreis Konstanz angenommen werden. Allerdings sind nicht alle Baustoffe und -teile uneingeschränkt für ein stoffliches Recycling oder gar eine Wiederverwendung geeignet. Beispielsweise ist Altholz oft mit Schadstoffen belastet (vgl. Kapitel 5.1.2.3 Schadstoffe). Dies trifft nicht nur auf solche Hölzer zu, die mit Bioziden o.Ä. behandelt wurden, sondern kann auch unbehandelte Hölzer betreffen, die in der Nähe solcher belasteter Holzelemente verbaut oder gelagert waren. Laut Schätzungen des Amtes für Abfallrecht und Gewerbeaufsicht des Landratsamts Konstanz sind durchschnittlich 40-50% aller unbehandelten Althölzer allein dadurch schadstoffbelastet, dass sie sich in der Nähe von schadstoffbelasteten Hölzern befunden haben. Auch Porenbeton, Bimsstein und Gipskartonplatten zählen zu den Baustoffen, die schwierig zu recyceln bzw. wiederzuverwenden sind. So hat Gips zwar ein hohes Recyclingpotenzial, dieses kann in der Praxis allerdings nicht

ausgeschöpft werden, da der in Gipskartonplatten gebundene Gips verunreinigt (z.B. mit sulfathaltigem Putz) oder mit Asbest belastet sein kann (dies betrifft Gipsprodukte, die vor 1995 verbaut wurden) und häufig nicht sortenrein ausbaubar ist. Das Baustoff-Lexikon (vgl. Kapitel 6.1.5) bietet einen Einblick in die Eigenschaften und Rückbaupotenziale von typischerweise verbauten Materialien und Bauteilen im Landkreis Konstanz.

5.2 Begleitforschung zum Bau eines Pilotprojektes

Im Oktober 2019 begannen die Vorbereitungen zur Realisierung eines Pilotprojektes – dem “Haus der 1000 Geschichten” – auf dem Campus der HTWG Konstanz. Zunächst wurden die Anforderungen an das zu planende Projekt konkretisiert: Es sollte ein Forschungspavillon entstehen, der ca. 80-100 m² groß sein und von Studierenden verschiedener Studiengänge (Architektur, Bauingenieurwesen, Elektrotechnik) in interdisziplinärer Zusammenarbeit gemeinsam entworfen und errichtet werden sollte. Das Bauwerk sollte als Plusenergiegebäude geplant und möglichst zu 100% aus Rückbaukomponenten und Bauabfällen aus dem Landkreis Konstanz bestehen. Der Entwurfsprozess erfolgte dialektisch, indem im Wintersemester 2019/20 parallel zur Planung des Pilotgebäudes Bauteile aus mehreren Abbruchhäusern in Konstanz gesichtet, ausgebaut und zwischengelagert wurden. Es mussten daher aufeinander abgestimmte Abläufe für den Bauteilrückbau und den Entwurfsprozess entwickelt werden. Diese werden in den folgenden Kapiteln 5.2.1. RE-USE - Bauteilrückbau und 5.2.2 RE-USE - Entwurf Pilotprojekt “Haus der 1000 Geschichten” vorgestellt.

5.2.1 RE-USE – Bauteilrückbau

Um die logistischen Abläufe für den selektiven Rückbau von Bauteilen bereits im Vorfeld der Entwurfsphase zu optimieren, entwickelte die Projektleitung im Rahmen des Forschungsvorhabens ein Ablaufschema (vgl. Abbildung 6) und stimmte dieses mit den Akteuren im Landkreis ab.

Die Studierenden erhielten im Rahmen der Lehrveranstaltungen im Wintersemester 2019/20 eine Sicherheitseinweisung und wurden in die Rückbauabläufe eingewiesen. Wichtig war dabei insbesondere, dass die Studierenden drei Sicherheitsregeln einhalten mussten:

1. Das Betreten der Abbruchgebäude erfolgt nur nach Freigabe durch die Projektleitung
2. Die notwendige Schutzausrüstung ist immer zu benutzen
3. Bauteile und Materialien dürfen nur nach Freigabe aus den Gebäuden ausgebaut werden

5.2.1.1 Ablauf vor dem selektiven Rückbau von Wunschbauteilen

- 1. Anfrage beim Abbruchunternehmer, welche Rückbau-Gebäude gefahrlos besichtigt werden können und Vereinbarung eines Besichtigungstermins. **Wichtig:** Beim Abbruchunternehmer ist zu erfragen, ob für die Besichtigung evtl. spezielle Sicherheitsausrüstung notwendig ist.
- 2. Schadstoffgutachten vom Abbruchunternehmer besorgen. Das Schadstoffgutachten gibt darüber Aufschluss, welche Bauteile gefahrlos wiederverwendet werden können. Der Abbruchunternehmer hat bei Vereinbarung des Besichtigungstermins schon das Schadstoffgutachten für sein Rückbau- und Entsorgungskonzept vorliegen und kann diese Information vor der Besichtigung weiterleiten. **Wichtig:** Es ist für alle im Team verpflichtend, sich vor der Besichtigung das Schadstoffgutachten durchzulesen, um potenzielle Gefahrenquellen vor Ort identifizieren zu können.
- 3. Bei der Besichtigung des Gebäudes sind all jene Bauteile genau zu dokumentieren, die für den Entwurf des “Hauses der 1000 Geschichten” interessant sind. **Wichtig:** Die Bauteilwunschliste muss unbedingt immer mit dem Schadstoffgutachten abgeglichen werden! Dies muss in Rücksprache mit der Projektleitung erfolgen. Bauteile, die im Schadstoffgutachten als belastet gekennzeichnet sind, dürfen NICHT AUSGEBAUT werden.
- 4. In Ausnahmefällen, wenn ein Wunschbauteil in dem Schadstoffgutachten nicht explizit beprobt wurde (z.B. bei Konstruktionsholz das im Schadstoffgutachten pauschal als Abfall der Klasse IV gekennzeichnet ist), muss eine spezielle Beprobung des Materials erfolgen. Nur wenn diese dem Baustoff bescheinigt, dass

er unbedenklich ist, darf er wiederverwendet werden. Für eine solche Beprobung ist ausreichend Zeit einzuplanen, da es ca. zwei Wochen dauern kann, bis die Ergebnisse vorliegen. **Wichtig:** Die Probe muss von einem zugelassenen Schadstoffgutachter entnommen und zur Beprobung bei einem Prüflabor eingereicht werden. Potenzielle Gefahrstoffe darf aus Sicherheitsgründen niemand aus dem RE-USE Team eigenmächtig zur Beprobung ausbauen.

- 5. Übersenden der Bauteilwunschliste an den Abbruchunternehmer und Absprache mit ihm, welche Bauteile das Abbruchunternehmen ausbauen kann und welche das RE-USE Team selbst ausbauen darf. Für den Ausbau muss ein Termin mit dem Abbruchunternehmer vereinbart werden. Außerdem: Terminabsprache mit dem Unternehmen, das den Abtransport der ausgebauten Bauteile übernimmt und Terminabsprache mit den Entsorgungsbetrieben Konstanz EBK wegen der Einlagerung der Bauteile in die dortigen Lageräume. **Wichtig:** Jeder, der am Abbruch und der anschließenden Einlagerung der Bauteile teilnimmt (auch wenn nur zu Dokumentationszwecken), muss unbedingt Schutzkleidung tragen.

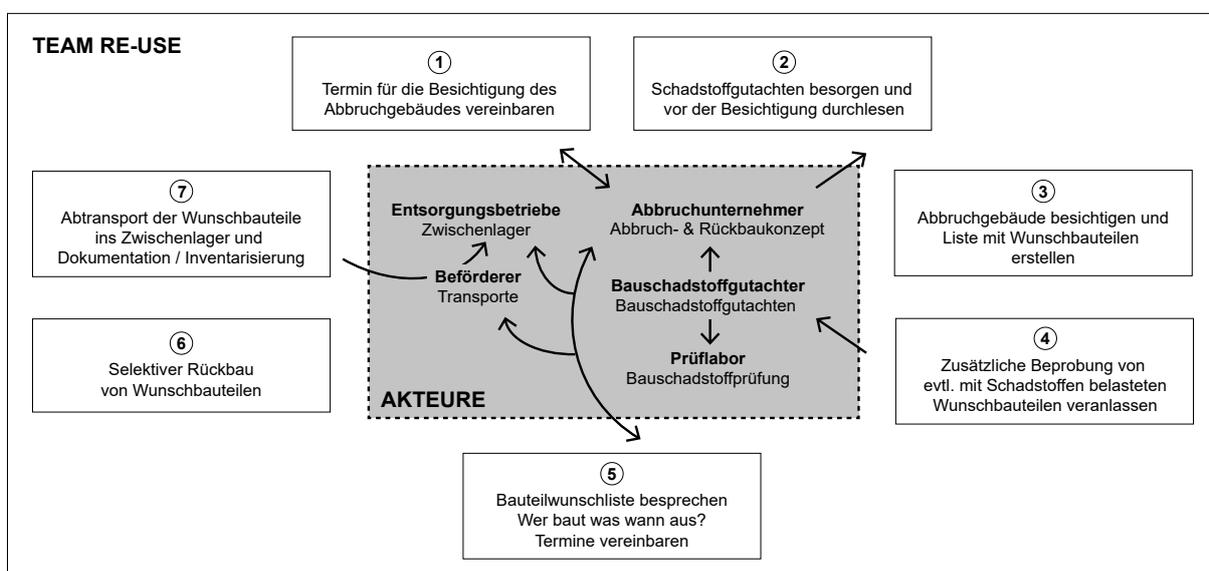
5.2.1.2 Ablauf während des selektiven Rückbaus von Wunschbauteilen

Koordination der Termine während des Bauteil-Ausbaus

- Ausbau durch das Abbruchunternehmen -> Abtransport -> Zwischenlager bei EBK bzw. auf dem ehemaligen Siemensareal.
- Ausbau durch das RE-USE Team -> Abtransport -> Zwischenlager bei EBK bzw. bzw. auf dem ehemaligen Siemensareal.
- 6. Selektiver Rückbau von Bauteilen. **Wichtig:** Es dürfen nur Bauteile ausgebaut werden, die im Schadstoffgutachten als unbedenklich eingestuft wurden.
- 7. Bestandsaufnahme während bzw. nach der Einlagerung der Bauteile (vermessen, wiegen, inventarisieren). **Wichtig:** Jeder, der an Abbruch, Abtransport, Be- und Entladen und Einlagerung der Bauteile teilnimmt (auch wenn nur zu Dokumentationszwecken), muss unbedingt Schutzkleidung tragen.

Abbildung 6

Ablauf beim selektiven Rückbau von Wunschbauteilen: Interaktion zwischen dem studentischen RE-USE-Team und lokalen Akteuren.



Quelle: Viola John 2019

Abbildung 7
Studierende der HTWG Konstanz beim Bauteilrückbau.



Quelle: Christian Witt 2019

Der Planungsprozess für das "Haus der 1000 Geschichten" im Wintersemester 2019/20 wurde an die besondere Herausforderung des dialektischen Entwurfs angepasst, indem die Studierenden bereits zu einem frühen Zeitpunkt in Gruppen eingeteilt und an unterschiedliche Aufgaben innerhalb des Planungsteams herangeführt wurden. Eine Gruppe konzentrierte sich auf die detaillierte Ausarbeitung des zuvor im gesamten Team erarbeiteten Gebäudeentwurfs, eine zweite Gruppe wurde mit den organisatorischen und logistischen Abläufen des kontrollierten Gebäuderückbaus vertraut gemacht. Eine dritte Gruppe stellte das Kernteam beim Rückbau in den Abbruchgebäuden und eine vierte Gruppe beschäftigte sich mit der Sichtung und Dokumentation der Wunschbauteile vor und nach deren Einlagerung im Zwischenlager.

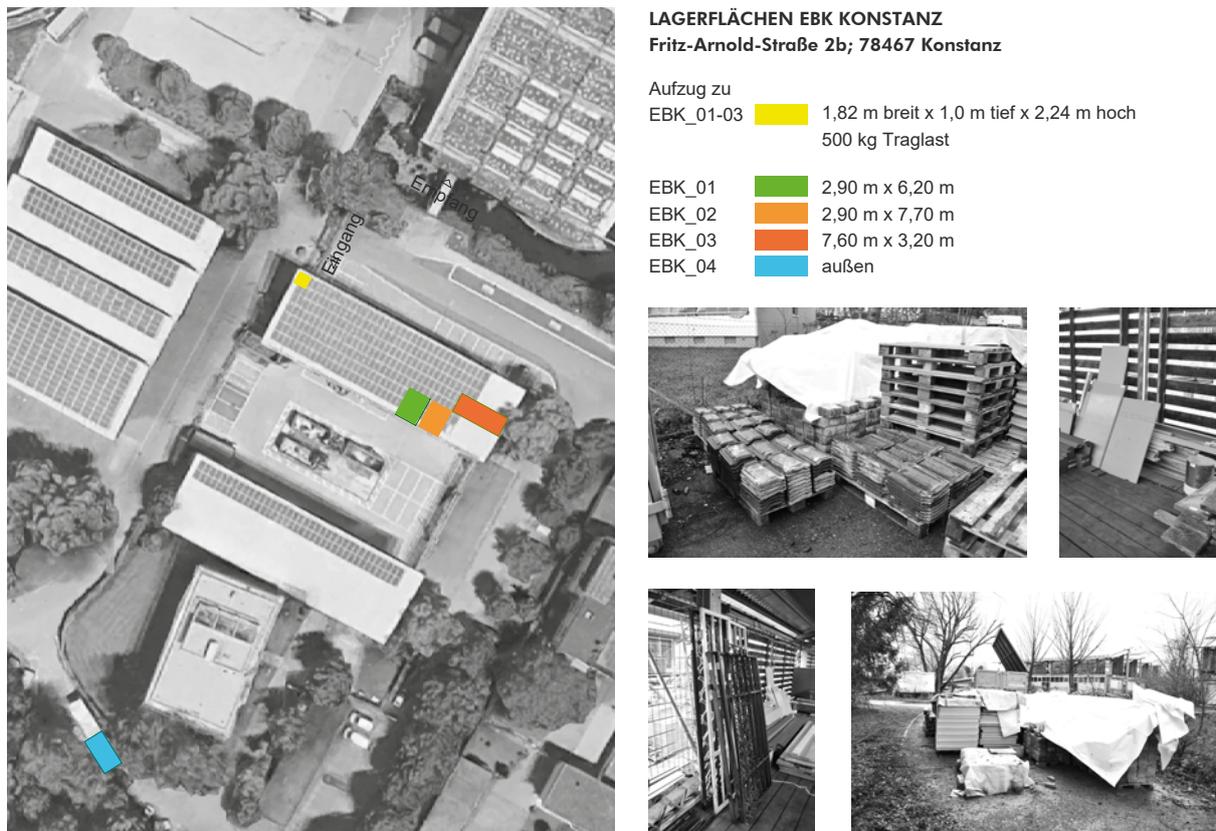
Bei der Auswahl der Wunschbauteile, dem sogenannten "Material Scouting", arbeiteten alle Gruppen eng zusammen, um Entwurf und Rückbauarbeiten optimal aufeinander abzustimmen. Aus jeder Gruppe wurde eine Person als Material Scout gewählt, die sich bei der Auswahl der Wunschbauteile mit den Scouts der anderen Gruppen absprechen konnte. Dieses Vorgehen ermöglichte es einerseits, die Wünsche der Entwurfsgruppe zeitnah mit der Rückbau- bzw. der Dokumentationsgruppe abzustimmen. Andererseits konnte die Rückbaugruppe spontan konkrete Vorschläge für auf der Abbruchbaustelle neu entdeckte Bauteile einbringen und diese in Abstimmung mit der Entwurfs- und der Organisationsgruppe unkompliziert als Wunschbauteile deklarieren und ausbauen. Auf diese Weise wurde ein effizienter Rückbau von Wunschbauteilen möglich – trotz der mitunter sehr kurzen Zeiträume von nur wenigen Tagen, die von der Freigabe eines Abbruchgebäudes bis zu dessen Abriss vergingen. Abbildung 33 zeigt eine Übersichtskarte der Abbruchgebäude in Konstanz, aus denen das RE-USE Team während des Material Scouting und der daran anschließenden Rückbauphase eine Vielzahl an Bauteilen gewinnen konnte. Es handelt sich unter anderem um ein Mehrfamilienhaus, zwei Einfamilienhäuser, ein Industrieareal, ein Kulturzentrum, einen Kindergarten, eine Schule, ein Hotel und eine Bankfiliale.

So unterschiedlich wie die ehemaligen Gebäudenutzungen, so verschieden waren auch die in den Abbruchgebäuden vorgefundenen Bauteile. Während sich beispielsweise im ehemaligen Siemensareal eine Vielzahl an modular verwendbaren Teilen fand (z.B. Akustikdecken aus Aluminiumblech, Glastürelemente), boten die Ein- und Mehrfamilienhäuser zusätzlich eine Auswahl an interessanten Einzelstücken (beispielsweise Metallgittertüren). So konnte die Bauteilwunschliste mit einer Mischung an konstruktiv notwendigen Bauteilen einerseits und abwechslungsreichen Unikaten andererseits bestückt werden.

Die Einlagerung ins Zwischenlager erfolgte dann meist direkt nach dem Rückbau. Hierzu stand das Organisations- und Logistikteam in engem Austausch mit dem Rückbauteam und dem Beförderer Hämmerle Recycling, um jeweils Termine für die Transportfahrten zu vereinbaren. Zwischengelagert wurden die Wunschbauteile zum Großteil bei den Entsorgungsbetrieben Konstanz EBK. Weitere kleinere Zwischenlagermöglichkeiten fanden sich bei der Firma i+R Industrie- & Gewerbebau (auf dem ehemaligen Siemens Areal in Konstanz) und an der HTWG Konstanz. Abbildung 8 zeigt eine Übersicht der Flächen, die im Hauptzwischenlager bei den Entsorgungsbetrieben Konstanz EBK zur Verfügung standen. Hierbei handelte es sich einerseits um eine ca. 65 m² große, überdachte und witterungsgeschützte Innenlagerfläche, die über einen Lastenaufzug verfügte, sowie andererseits um eine Außenlagerfläche, die nicht überdacht war.

Die ins Zwischenlager eingelieferten Bauteile wurden von der Dokumentationsgruppe mit Fotos in einem tabellarischen Katalog inventarisiert. Für jedes eingelagerte Bauteil wurde zur besseren Übersichtlichkeit ein Eintrag in einer Excel-Datei erstellt, in der auch ergänzende Angaben zu Größe, Gewicht, Rückbau- und Zwischenlagerort vermerkt wurden (vgl. Abbildung 9). Die komplette Materialsammlung wurde in dieser Tabelle dokumentiert. Die Materialien wurden in 18 Kategorien unterteilt (01_Türen, 02_Fenster, 03_Holz, 04_Träger, 05_Beschläge, 06_Stein, 07_Treppe, 08_Bodenbeläge, 09_Platten, 10_Möbel, 11_Eisenwaren, 12_Dämmmaterial, 13_Abdichtungen, 14_Textil, 15_Verschiedenes, 16_Elektro, 17_Zubehör, 18_Wandbeläge) welche sich dann wiederum in unterschiedliche Unterkategorien untergliedern ließen (z.B. bei 03_Holz: Konstruktionsholz, Bretter etc.). Außerdem beinhaltete die Tabelle Informationen zum aktuellen Status (eingelagert/potenziell/alternativ) sowie zu Anzahl und Abmessungen und weiteren Eigenschaften. Auch Herkunft, Lagerort, Schad-

Abbildung 8
Zwischenlagerflächen bei den Entsorgungsbetrieben Konstanz EBK.



Quelle: Team RE-USE HTWG Konstanz 2019

stoffgutachten und Informationen zur Ökobilanz wurden festgehalten. Für jedes Baumaterial wurde eine Bezeichnung festgelegt. Diese setzte sich aus der Kategorie, dem Material, dem Herkunftsgebäude und dem Namen zusammen. Somit ließen sich alle neu erworbenen Materialien strukturiert in das bestehende Dokumentationssystem einpflegen, und auch die zugehörigen Steckbriefe waren schnell und einfach aufzufinden.

Bsp.: Kategorie.Bauteil_Material_Gebäude_Name_Index

01.01_H_a_Holztür_01

Des Weiteren wurde für jedes dokumentierte Material ein Steckbrief angelegt (vgl. Abbildung 11). Neben den wichtigsten Informationen waren auf den Steckbriefen auch Bilder und/oder Zeichnungen der Bauteile zu finden. Dadurch konnten sich alle Team-Mitglieder eine Vorstellung von den erworbenen Materialien machen und diese gegebenenfalls in den Gebäudeentwurf integrieren.

Insgesamt gab es fünf Dokumentationselemente, die mit dem Fortschreiten des Entwurfs und der Einlagerung von Bauteilen ständig aktualisiert wurden:

- **Baumaterialkatalog:** Die Excel Tabelle „Bauteile Management“ enthält die **Materialsammlung** mit einer Übersicht über sämtliche Materialien, die – potenziell sowie eingelagert – für das Projekt als sinnvoll erachtet wurden (vgl. Abbildung 9). Angaben zu vorhandenen Informationen betreffend Abmessungen, Fundort, Lagerort, etc. wurden dort vermerkt. Außerdem ist im Baumaterialkatalog eine **Inventurliste** enthalten, die den Materialbedarf des aktuellen Projektstandes abbildet, wobei potenzielle sowie bereits eingelagerte

Bestände dem Bedarf gegenübergestellt und gewünschte, aber noch nicht vorhandene Bauteile aufgelistet wurden. In einer **Wunschliste** wurden zudem fehlende Bestände aus den Positionen der Inventurliste, sowie gewünschte, aber bislang nicht vorhandene Materialien aufgelistet, die noch besorgt werden mussten.

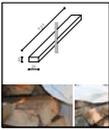
- **Bauteilkatalog:** Thematisch sortiert anhand der fünf Bauteile des Hauses der 1000 Geschichten: Außenwände, Nischenwand, Dach, Boden, Schaufensterfassade (vgl. Abbildung 10). Auflistung mit Fotos der eingeplanten Baumaterialien, entsprechend des aktuellen Projektstandes.
- **Bauteilsteckbriefe:** Jeweils ein Steckbrief pro Baumaterial, nur für die wichtigsten Baumaterialien, inklusive Bilder, Skizzen und Bauteilabmessungen (vgl. Abbildung 11). Die Steckbriefe dienen vorrangig der Kommunikation mit dem Abbruchunternehmer, um ihn darüber zu informieren, welche Wunschbauteile aus den Gebäuden abgebaut werden würden. Da der Ausbau nicht in jedem Fall zerstörungsfrei erfolgen konnte, ist die genaue Stückzahl der auszubauenden Teile im Steckbrief noch nicht vermerkt. Diese wurde erst im Nachgang bei der Inventarisierung in der Überblicksliste der eingelagerten Bauteile genau erfasst.
- **Fotos Bauteile:** Sammlung aller Baumaterialfotos der Besichtigungen, Benennung der Fotos falls notwendig anhand Kategorie (vgl. Abbildung 12). Bauteil_Material_Gebäude_Name_Index_Index, also 01.01_H_a_Holz_tür_01_a. Der Index a steht für das erste Bild der Tür.
- **Übersichtsliste zu eingelagerten Bauteilen:** Alle eingelagerten Bauteile wurden mit Bild und Kurzbeschreibung in einer PDF-Datei zusammengefasst (vgl. Abbildung 13).

Abbildung 9
Bauteilinventarisierung in Form eines tabellarischen Baumaterialkatalogs.

BAUMATERIALKATALOG															
Kategorie	Bauteilkategorie	Bauteilname	Status	Material	Anzahl	M Maße	[cm]	[cm]	[cm]	Länge [mm]	Fläche [m²]	Volumen [l]	Gewicht [kg]	Gewicht [kg] bei Bauteilen aus mehreren Materialien	Steckbrief
01-TÜREN															
	Falttür	01.06_H_a_Falttür	eingelagert	Holz	1	Höhe x Breite x Stärke	196.00	211.00	4.00				54		103_Bauteilsteckbriefe
	2-Flügelig außen	01.04_ST_b_grüneGittertür	eingelagert	Stahl	2	Höhe x Breite x Stärke	216.00	46.00	3.00				32		103_Bauteilsteckbriefe
					1	Höhe x Breite x Stärke	216.00	45.00	3.00						
					1	Höhe x Breite x Stärke	216.00	45.00	3.00						
	Schiebetür	01.05_H_b_Schiebetür	eingelagert	Holz	2	Höhe x Breite x Stärke	200.00	65.00	4.00				17		103_Bauteilsteckbriefe
					1	Höhe x Breite x Stärke	200.00	65.00	3.70						
					1	Höhe x Breite x Stärke	200.00	65.00	3.70						
	2-Flügelig außen	01.04_ST_b_schwarzeGittertür	eingelagert	Stahl	2	Höhe x Breite x Stärke	215.00	53.00	3.00				54		103_Bauteilsteckbriefe
					1	Höhe x Breite x Stärke	215.00	53.00	3.00						
					1	Höhe x Breite x Stärke	215.00	41.50	3.00						
	2-Flügelig außen	01.04_ST_b_Stahlgittertür	eingelagert	Stahl	2	Höhe x Breite x Stärke	173.00	84.00	5.00				69		103_Bauteilsteckbriefe
					1	Höhe x Breite x Stärke	173.00	84.00	5.00						
					1	Höhe x Breite x Stärke	173.00	96.00	5.00						
	2-Flügelig außen	01.04_ST_b_Stahlgittertür_Schornier	eingelagert	Metalle	4	Länge x Durchmesser									
					2	Höhe x Breite x Stärke	203.00	86.00	2.50				59		103_Bauteilsteckbriefe
					1	Höhe x Breite x Stärke	203.00	86.00	2.50						
					1	Höhe x Breite x Stärke	203.00	83.00	2.50						
	Tor	01.01_H_L_Garsqentor	eingelagert	Holz	1	Höhe x Breite x Stärke	210	195	5				54		103_Bauteilsteckbriefe
					1	Länge x Höhe x Stärke	193.50	195.50	1.50						
					2	Länge x Breite x Stärke	208.00	30.00	1.50						
					2	Länge x Breite x Stärke	203.50	46.00	1.30						
					2	Länge x Breite x Stärke	203.50	22.00	1.30						
					2	Länge x Breite x Stärke	203.50	21.00	1.30						
					2	Länge	302.00								
	2-Flügelig innen	01.04_ST_L_Gittertür	eingelagert	Stahl	1	Höhe x Breite x Stärke	231.00	106.00	4.30				115		103_Bauteilsteckbriefe
	Tor	01.01_H_a_Garsqentor	potenziell	Holz	4	Höhe x Breite x Stärke	360.00	280.00							
	1-Flügelig außen	01.02_A_c_Glas-Alu-Außentür	potenziell	Aluminium	1	Höhe x Breite x Stärke	215.00	113.00							103_Bauteilsteckbriefe
	1-Flügelig außen	01.02_K_c_Ausseittürmaß	potenziell	Kunststoff	1										
	2-Flügelig außen	01.04_A_c_orangeAußentür	potenziell	Aluminium	4	Höhe x Breite x Stärke	205.00	210.00							103_Bauteilsteckbriefe

Quelle: Team RE-USE HTWG Konstanz 2020

Abbildung 10
Bauteilkatalog für das Beispiel Bodenaufbau: Bauteilbedarf und -verfügbarkeit.

<p>A 08.02_S_h_Gehwegplatten eingelagert  Lagerort: Siemensareal Anzahl insgesamt verfügbar: 238 m² Anzahl benötigt: 71,6 m²  Bemerkung:</p>		<p>H Plastik-Gemüseboxen alternativ/ benötigt  benötigte Anzahl: ca. 220 Stk Bemerkung:</p>	
<p>B 08.01_H_b_Holzdielen eingelagert  Lagerort: EBK Anzahl insgesamt verfügbar: 18,2 m² Anzahl benötigt: 10,73 m²  Bemerkung:</p>		<p>I 03.01_H_b_Konstruktionsholz eingelagert  Lagerort: EBK Anzahl insgesamt verfügbar: 65,43 lfm Anzahl benötigt: 130,77 lfm  Bemerkung:</p>	
<p>C 12.01_K_i_Hartschaumplatten eingelagert  Lagerort: EBK Anzahl insgesamt verfügbar: 28,2 m² Anzahl benötigt: 62,25 m²  Bemerkung:  auch in anderen Bauteilen eingeplant</p>		<p>J 08.04_B_k_Betonwerkstein eingelagert  Lagerort: EBK Anzahl insgesamt verfügbar: 1213 Stk Anzahl benötigt: ca. 278 Stk  Bemerkung:</p>	
<p>D 09.02_H_a_OSB-Platte eingelagert  Lagerort: EBK Anzahl insgesamt verfügbar: 12,2 m² Anzahl benötigt: 72,71 m²  Bemerkung:  werden auch in anderen Bauteilen verwendet</p>		<p>K 08.04_S_e_Randsteine potenziell  auf Siemensareal gesichtet benötigte Anzahl: 21,8 lfm Bemerkung:</p>	
<p>E Dampfsperre aus Plastiktüten alternativ/ benötigt  benötigte Anzahl: 95,78 m² Bemerkung:</p>		<p>L 08.02_S_e_Betonwerksteinplatten potenziell  auf Siemensareal gesichtet benötigte Anzahl: 2 Stk Bemerkung:</p>	
<p>F Alte Kleidung (weiche Dämmung) alternativ/ benötigt  benötigte Anzahl: 3,51 m³ Bemerkung:</p>		<p>M 09.03_M_e_Attikablech potenziell  auf Siemensareal gesichtet benötigte Anzahl: ca. 33,06 lfm Bemerkung:</p>	
<p>G Schotter aus Bauschutt alternativ/ benötigt  benötigte Anzahl: ca. 18,52 m³ Bemerkung:</p>			

Quelle: Team RE-USE HTWG Konstanz 2020

Abbildung 11
Steckbrief eines Wunschbauteils.

08.02_S_h_Gehwegplatten

Marktstätte
78462 Konstanz

Bodenbelag Außenbereich

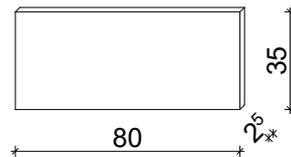
Bauteilbeschreibung:
Granit Bodenplatten

XX Stück, verschiedene Längen/ Breiten

Maßstab 1:20

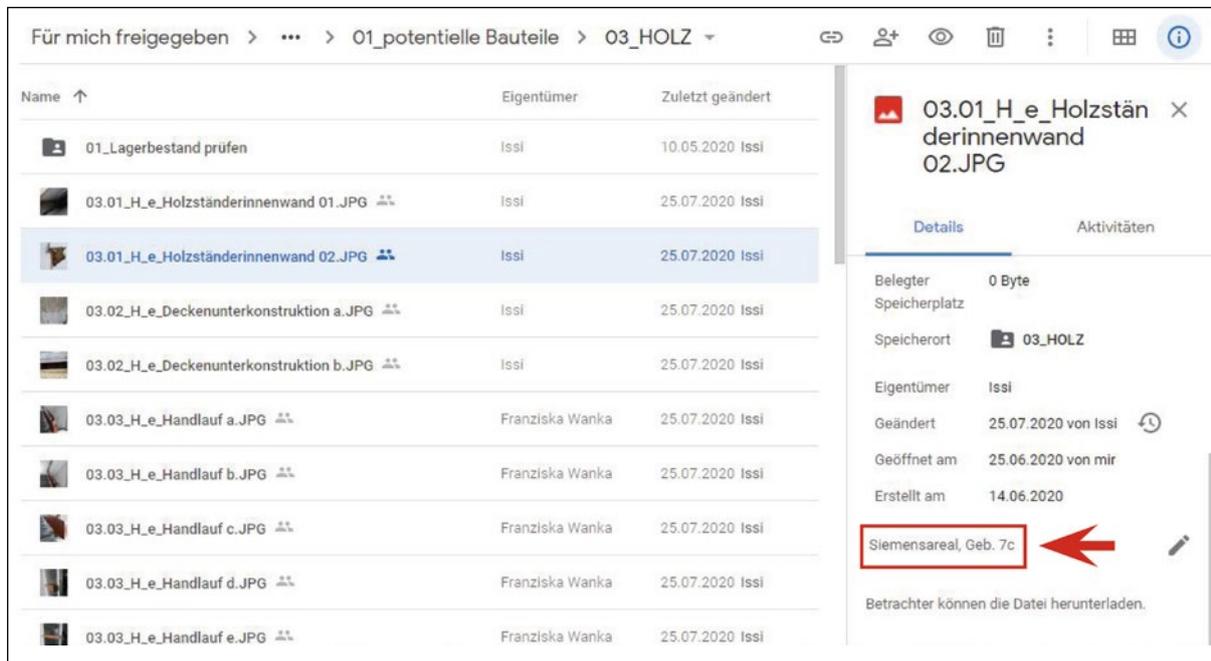


gewünscht
bereits ausgebaut
wird noch ausgebaut



Quelle: Team RE-USE HTWG Konstanz 2020

Abbildung 12
Dokumentation der Fotos von Wunschbauteilen.



Quelle: Team RE-USE HTWG Konstanz 2020

Abbildung 13
Überblickliste der eingelagerten Bauteile.

		
<h2>01_Türen</h2>		
01.07_H_I_Garagentor	Material: Holz Maße: 2,10 * 2,58 m Anzahl: 1	
01.06_H_a_Faltdür	Material: Holz Maße: 2,11 * 1,96 m Anzahl: 1	
01.05_H_b_Schiebetür	Material: Holz Maße: 2,00 * 0,65 m Anzahl: 2	
01.04_ST_I_Gittertüre	Material: Stahl Maße: 2,995 * 2,20 m Anzahl: 1	
01.04_ST_b_Stahlgittertür	Material: Stahl Maße: 1,79 * 0,84 m Anzahl: 2	
01.04_ST_b_schwarzeGittertür	Material: Stahl Maße: 2,15 * 0,53 m Anzahl: 2	

Quelle: Team RE-USE HTWG Konstanz 2020

5.2.2 RE-USE – Entwurf Pilotprojekt „Haus der 1000 Geschichten“

Für den Bau des Pilotprojektes wurden zunächst zwei potenzielle Standorte auf dem Campus der HTWG Konstanz ausgewählt: in der Campusmitte und am Seerheinufer (vgl. Abbildung 14). Für diese beiden möglichen Bauplätze wurden jeweils unterschiedliche Nutzungsmöglichkeiten diskutiert. So bietet der Standort auf dem großen Kiesplatz in der Campusmitte an zentraler Stelle die Möglichkeit, den Campus intern mit einem Veranstaltungsgebäude und einer Bühne aufzuwerten. Der Standort am Seerhein ist dagegen an der Empfangsseite der HTWG neben der Aula gelegen, wo ein Ausstellungsgebäude die Außenwirkung des Campus stärken kann. Beide Bauplätze bringen unterschiedliche städtebauliche Herausforderungen und Qualitäten mit sich.

Der Entwurf des Pilotprojektes entstand in einem mehrstufigen Verfahren. Die ersten Einzelentwürfe der Studierenden im Wintersemester 2019/20 zielen darauf ab, für diese zwei Standorte möglichst viele individuelle Entwurfsideen zu präsentieren, die auf die städtebaulichen Gegebenheiten optimal eingehen sollten. Es entstanden für jeden der Standorte 10 Entwurfsvarianten, die intensiv im gesamten RE-USE Team besprochen und auch im Rahmen der RE-USE Konferenz am 31.10.2019 ausgestellt wurden, wobei sich unter den Entwürfen bereits erste Favoriten für eine Weiterbearbeitung abzeichneten. In einem zweiten Schritt bildeten sich kleine Entwurfsgruppen, die die favorisierten Entwurfsideen weiter entwickelten. Auch diese Entwürfe wurden wiederum im gesamten RE-USE Team diskutiert und anschließend weiter ausdetailliert.

Parallel dazu besichtigte das gesamte Team bereits die ersten Abbruchgebäude und begann mit der Sichtung von Wunschbauteilen (vgl. Abbildung 15 und Kapitel 5.2.1 RE-USE – Bauteilrückbau).

Abbildung 14

Mögliche Standorte des Pilotprojektes „Haus der 1000 Geschichten“ auf dem Campus der HTWG Konstanz: oben die Campusmitte, unten das Seerheinufer.



Quelle: Christopher Klages

Das Studierenden-Team wurde im dritten Schritt in die Gruppen

- **Entwurf** (zuständig für die Ausarbeitung des Gebäudeentwurfs sowie des Bauantrags)
- **Organisation** (zuständig für die Koordination von Terminen aller Akteure vor dem Rückbau von Wunschbauteilen)
- **Rückbau** (zuständig für die Baustellenabläufe während des Rückbaus)
- **Dokumentation** (zuständig für die Erstellung von Bauteilsteckbriefen, die Dokumentation und Einlagerung von Wunschbauteilen im Zwischenlager sowie für die Öffentlichkeitsarbeit über die RE-USE Website)

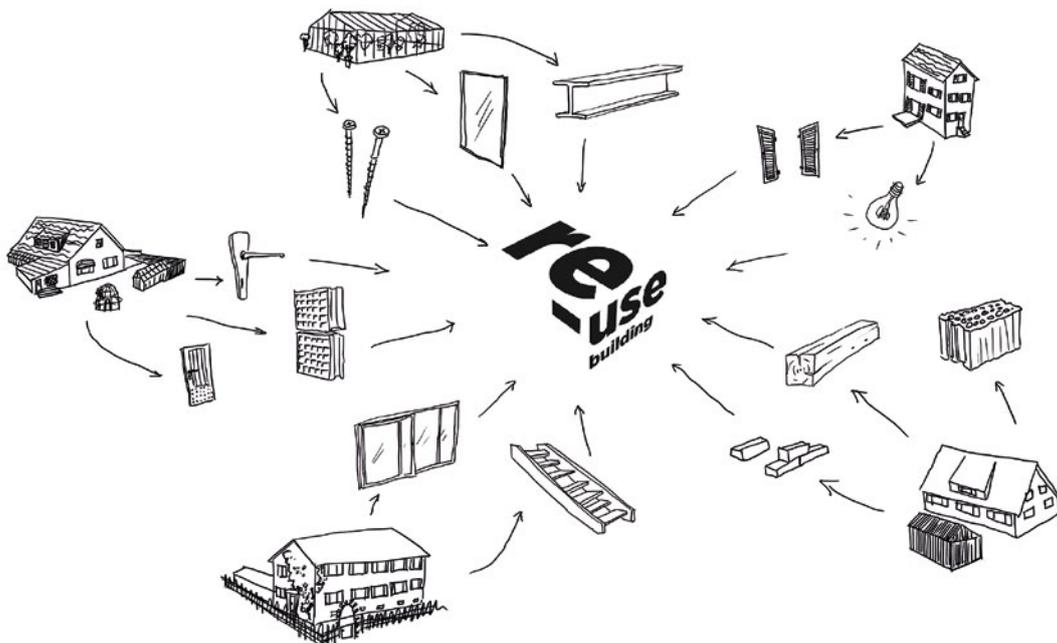
unterteilt und von der Projektleitung in die Abläufe beim Rückbau von Wunschbauteilen unterwiesen (vgl. Kapitel 5.2.1 RE-USE – Bauteilrückbau).

Während in der Entwurfsgruppe nun jeweils nur noch zwei favorisierte Entwurfsideen pro Standort vertieft wurden, begannen die anderen Gruppen bereits mit dem Rückbau sowie der Einlagerung und Dokumentation der Wunschbauteile. Aus jeder Gruppe wurde ein Mitglied als Material Scout beauftragt, der sich mit den Scouts aus den anderen Teams absprach und bei der Auswahl der Wunschbauteile als Ansprechpartner seiner jeweiligen Gruppe fungierte. So wurde gewährleistet, dass jede Gruppe darüber Bescheid wusste, welche Bauteile wann wo zurückgebaut werden sollten.

In der Entwurfsgruppe hatte sich derweil die Planung ganz auf den Standort am Seerhein fokussiert, da das gesamte RE-USE Team mittlerweile dort das größte Potenzial für die spätere Außenwirkung des Pilotgebäudes sah. An diesem Standort sollte die Hochschule mit dem „Haus der 1000 Geschichten“ ein neues Gesicht mit einer zum Seerhein hin orientierten, verglasten Schaufensterfassade bekommen. Das RE-USE Gebäude sollte als temporärer Ausstellungspavillon nutzbar sein.

Abbildung 15

Entwurfskonzept „Haus der 1000 Geschichten“: Genutzt werden sollen Rückbau-Bauteile (Wunschbauteile) aus dem Landkreis Konstanz.



Quelle: Team RE-USE HTWG Konstanz 2019

Abbildung 16

Konzeptskizze Entwurf „Haus der 1000 Geschichten“ am Standort Seerhein, mit Ausstellungsraum, Nischenwand und überdachtem Werkhof. Die Seitenwände sind geschlossen. Die offene Fassade zum Seerhein hin soll aus alten Glastelemente ausgebildet werden, wodurch Besucher in den Innenraum des Gebäudes gelenkt werden. Der Blick fällt von dort direkt auf das Herzstück des Innenraums: die Nischenwand.



Quelle: Team RE-USE HTWG Konstanz 2019

Das Kernelement des Entwurfs ist eine zweischalige Nischenwand, die den innenliegenden Ausstellungsraum von einem außenliegenden, überdachten Werkhof trennt (vgl. Abbildung 16). In dieser Wand sind einige besondere Stücke aus dem Fundus der Wunschbauteile ausgestellt. Außerdem beherbergt sie Nischen für verschiedene Funktionen und Bereiche, wie beispielsweise eine Sitzzecke, eine Bar, eine Garderobe sowie Stauraum für Möbel und Ausstellungswände. Die Nischen sind in beide Richtungen offenbar, wodurch eine Verbindung zwischen innenliegendem Ausstellungsraum und außenliegendem Werkhof geschaffen wird.

Bei der Auswahl der konstruktiven Bauteile und Materialien für den Entwurf wurde zunächst in Material-Alternativen gedacht, die an das jeweils vorhandene Angebot aus den Abbruchhäusern anpassbar bleiben sollten. So wurde für die Nischenwand etwa angedacht, dass sie aus geschichtetem und gegebenenfalls mit Lehm verfügtem Plattenmaterial bestehen könnte (z.B. aus Granitplatten oder Dachziegeln). Bei den seitlichen Außenwänden sollte eine Holzbauweise zum Einsatz kommen. Ob Ständerbau oder Holzmassivholzbau blieb vorerst ebenfalls anpassbar an das Angebot aus den Abbruchhäusern. Die zum Seerhein hin orientierte Glasfassade hätte alternativ zum Entwurf auch als Kastenfenster ausgebildet werden können, um mit alten Fenstern einen Dämmstandard zu erreichen, der dem heutigen Stand der Technik entspricht.

Der Entwurf wurde am 14. Februar 2020 im Rahmen einer Werkschau an der HTWG Konstanz präsentiert (vgl. Abbildungen 17 und 18). Am 23.03.2020 wurde das Baugesuch bei den Stadtbaumeistern der Stadt Konstanz eingereicht, mit dem erhofften Ziel, ab dem Sommersemester 2020 wie geplant mit der baulichen Umsetzung des Hauses der 1000 Geschichten beginnen zu können. Abbildung 19 zeigt einen Lageplan und eine Ansicht als Auszug aus den Baugesuchsplänen. Zu diesem Zeitpunkt wurde das Projekt leider erstmals mit den Auswirkungen der Corona-Pandemie konfrontiert: Das Sommersemester 2020 konnte nicht im Präsenzunterricht stattfinden. Stattdessen mussten sämtliche Lehrangebote online durchgeführt werden, wodurch es unmöglich wurde, das studentische Bauprojekt zu beginnen. Um dennoch mit dem Projekt voran zu kommen, wurden nun mit einem großen Team Studierender ein Semester lang weitere Details des Entwurfs ausgearbeitet und ein 3D-Modell dazu erstellt. Außerdem wurde ein Film entwickelt, der den Entwurf als Visualisierung erlebbar macht (vgl. Kapitel 5.2.3 RE-USE – Vertiefungsthemen zum Pilotprojekt „Haus der 1000 Geschichten“).

Abbildung 17

Ausstellung des Entwurfs und einzelner Wunschbauteile im Rahmen der Semester-Werkchau an der HTWG Konstanz.



Quelle: Team RE-USE HTWG Konstanz 2020

Abbildung 18

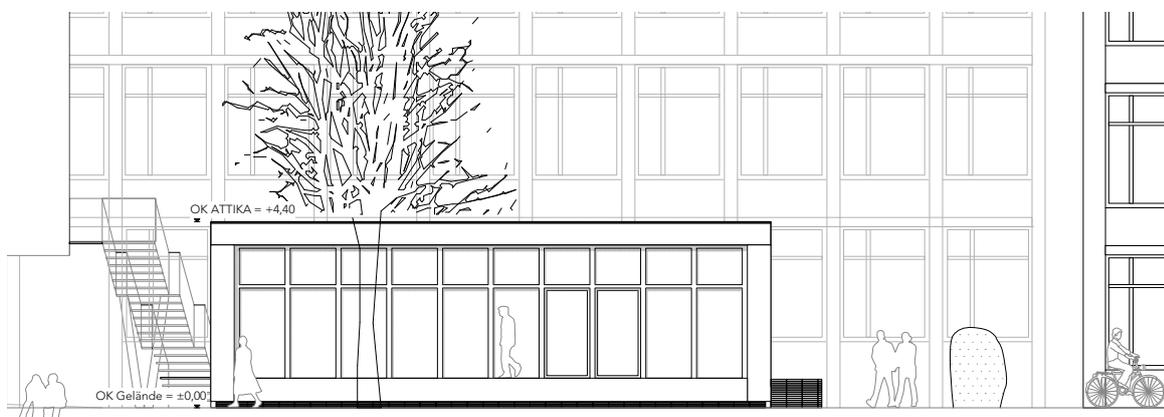
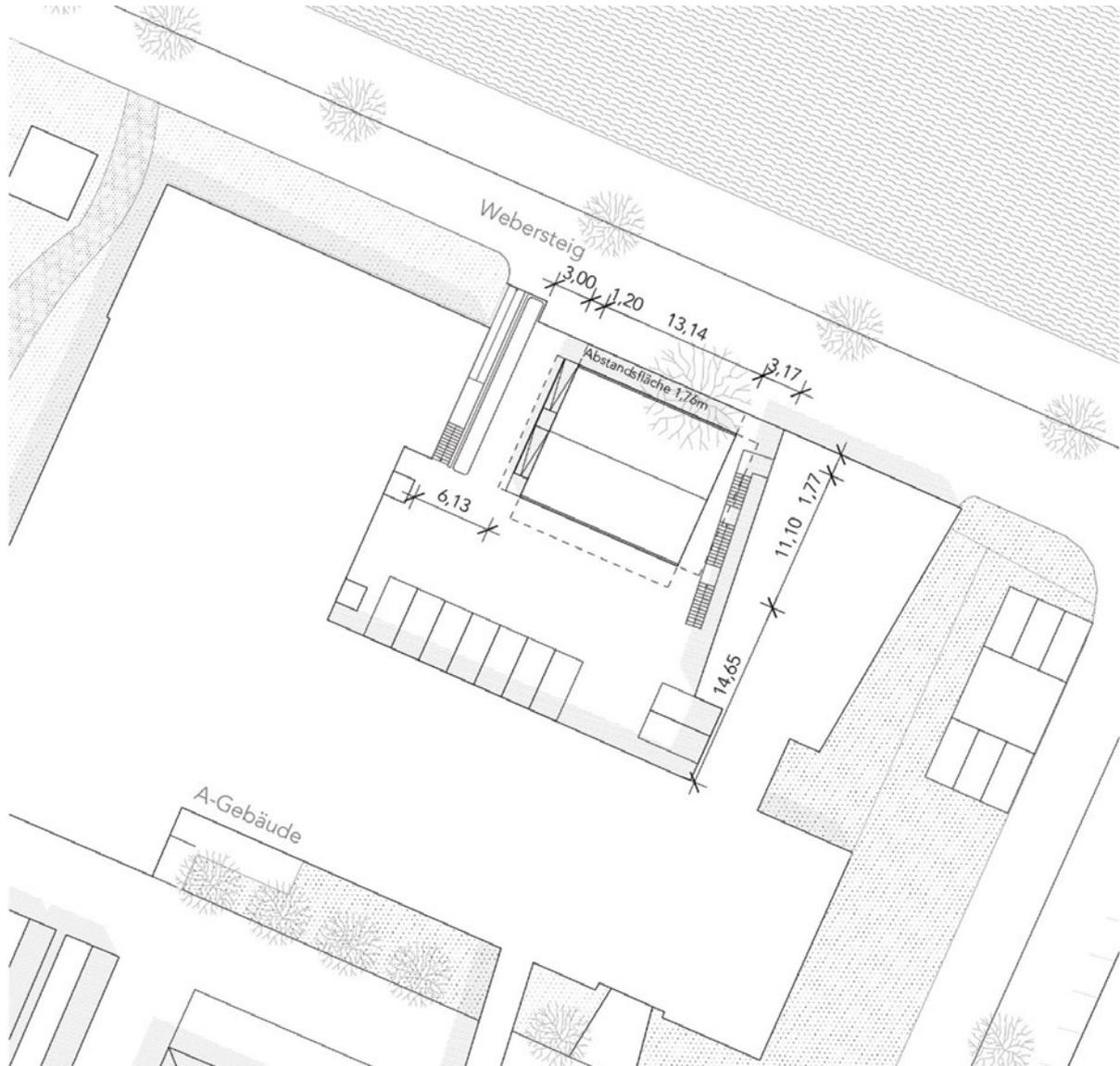
RE-USE Entwurfs- und Planungsteam (Wintersemester 2019/20).



Quelle: Team RE-USE HTWG Konstanz 2020

Abbildung 19

Baugesuchsplan für den Standort am Seerhein: Lageplan und Ansicht Seerheinfassade des „Hauses der 1000 Geschichten“. Das Gebäude ist mit einem konstruktiven Rahmen ausgebildet, der sich sowohl nach Norden zur Seerheinfassade, als auch nach Süden zum Werkhof hin öffnet. So entsteht eine einladende und durchlässige Geste, zwischen Rhein und Werkhof. Das Baugesuch wurde am 23.03.2020 bei der Stadt Konstanz eingereicht.



Quelle: Team RE-USE HTWG Konstanz 2020

5.2.3 RE-USE – Vertiefungsthemen zum Pilotprojekt „Haus der 1000 Geschichten“

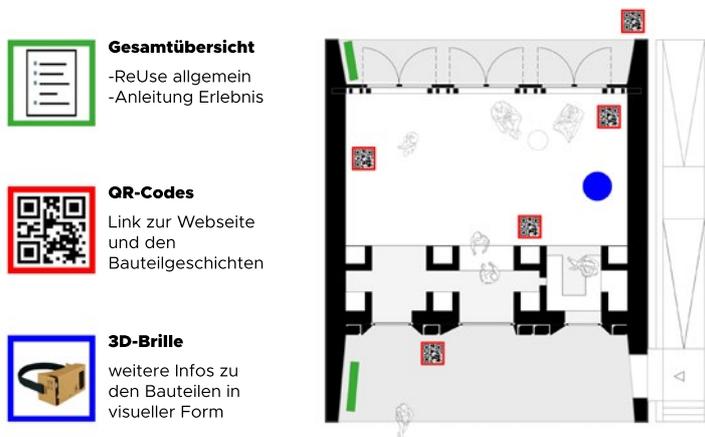
Im Sommersemester 2020 fanden ein Masterentwurf und zwei Wahlpflichtfächer statt, in denen interdisziplinär am Haus der 1000 Geschichten weitergearbeitet wurde. Auch das Team der Studierenden war mit fünf Fakultäten interdisziplinär vertreten: Bau- und Umweltingenieurwesen (MBU) mit der Vertiefung Wasserwirtschaft, Umwelttechnik, Verkehrswesen (WUV) sowie Baubetrieb und Baumanagement (BB). Zudem waren Studierende des International Project Engineering (IPE) und des Kommunikationsdesign (KD) vertreten. Den größten Anteil des Teams bildeten die Architekturstudierenden. Durch die interdisziplinäre Zusammensetzung innerhalb der Gruppen, entstand ein reger Austausch. Die von den Studierenden gemeinsam erarbeiteten Inhalte und Konzepttexte zu den Vertiefungsthemen werden in den folgenden Unterkapiteln vorgestellt.

5.2.3.1 Die Bauteile und ihre Geschichten

Jedes Bauteil erzählt seine eigene Geschichte. Damit keine davon verloren geht, war es die Aufgabe des Geschichtenteams sie zu dokumentieren. Erzählt wurde vom Ausbau aus dem Abrissgebäude, dem Transport, dem Einbau, von Anekdoten sowie relevanten Eigenschaften und Informationen zum Bauteil. Zudem wurde überlegt, wie die Informationen verschiedenen Zielgruppen vermittelt werden können, in welcher Form dies im Gebäude geschehen könnte und wie sich die Geschichten auf der Homepage darstellen ließen.

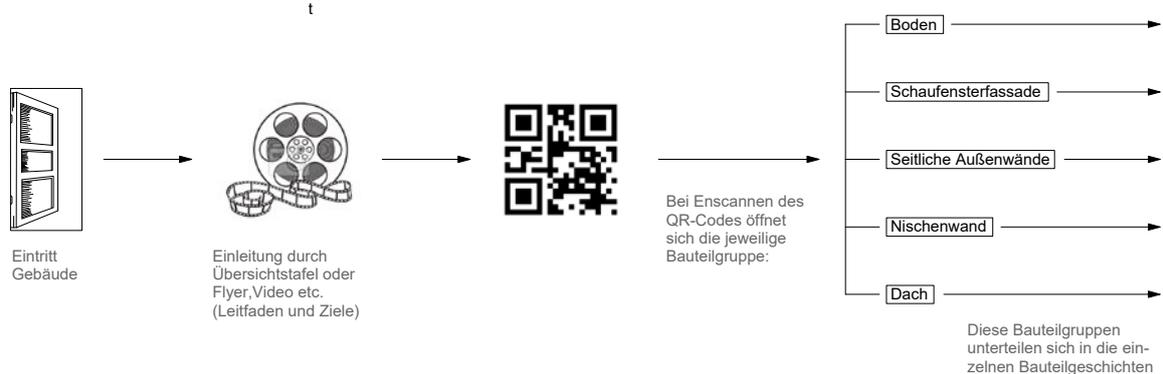
Abbildung 20

Konzept für die 1000 Geschichten, erzählt über Schautafeln, QR-Codes und 3-D Virtual Reality Brille.



Quelle: Team RE-USE HTWG Konstanz 2020

Abbildung 21
Ablauf zum Abruf der Bauteilgeschichten über QR-Codes.



Quelle: Team RE-USE HTWG Konstanz 2020

Die Idee: Bevor die Besucher in das Gebäude eintreten, werden sie von einer Übersichtstafel über das Haus der 1000 Geschichten informiert. Dort erfahren sie auch, wie sie an die Bauteilgeschichten gelangen können. Es gibt im Gebäude fünf Bauteilgruppen (Boden, Schaufensterfassade, seitliche Außenwände, Nischenwand und Dach) für die jeweils ein eigener QR-Code zur Verfügung stehen soll. Diese Codes sollen im Raum verteilt werden. Besucher laufen aktiv zu ihnen, wenn sie sie mit dem Smartphone einscannen möchten (vgl. Abbildungen 20 und 21). Dazu braucht es keine extra App, denn jedes Smartphone kann QR-Codes über die Kamera lesen. Scannt man beispielsweise den QR-Code des Bodens ein, gelangt man zu einer Übersicht der dazugehörigen Geschichten. Man kann immer zu der Übersicht zurückkehren und eine andere Geschichte auswählen. Möchte man zu einer Geschichte aus der Nischenwand wechseln, muss man zu dem dazugehörigen QR-Code gehen und diesen einscannen.

5.2.3.2 Technischer Ausbau

Das Haus der 1000 Geschichten sollte ein Plusenergiehaus werden, das über eine Photovoltaikanlage auf dem Dach dem Stromnetz jahresbilanziell mehr Energie zuführt, als es von ihm bezieht. Aufgrund der Verschattungssituation vor Ort, der Beschränkung auf wiederverwendete Komponenten und der Wärmeerzeugung aus Strom stellte dies eine besondere Herausforderung dar. Der gewählte Standort für das Haus der 1000 Geschichten im Hof des A-Gebäudes der HTWG ist im Osten, Süden und Westen von höheren Gebäuden umgeben. Diese reduzieren das für die Stromerzeugung verfügbare Strahlungsaufkommen: Eine Simulation ergab, dass der Ertrag durch die Verschattung um 12% geringer ausfällt. Die zu verwendenden Solarmodule stammten aus einer Altanlage, welche aber nie verbaut wurde. 60 Module mit einer Gesamt-Nennleistung von 9,6 kWp sollten parallel zum Dach (also praktisch flach) und bündig zur Attika des Ausstellungspavillons installiert werden, so dass zwischen ihnen und dem Dach ein Zwischenraum entstehen würde. Für den Wechselrichter wurde kein geeignetes Modell gefunden. Die Beschränkung auf Rückbaukomponenten erschwerte die Planung, da neue PV-Anlagen laut der Regelungen zur Netzeinspeisung eine Reihe an Anforderungen einhalten müssen, welche nur moderne Wechselrichter leisten können. Die Installation eines Batteriespeichers (z.B. aus alten Handy-Akkus) wurde in Betracht gezogen, um den Eigenverbrauchsanteil zu erhöhen. Angesichts der kaum überbrückbaren Differenz zwischen Erzeugungs- und Hauptverbrauchszeiten (Einstrahlung im Sommer, Heizung im Winter) wurde dies verworfen und lediglich Platz und Anschlüsse für eine eventuelle spätere Installation vorgesehen. Mit der verfügbaren Sonneneinstrahlung am Standort hätten die Module jährlich 8.000 kWh erzeugen können. Da noch kein Wechselrichter gefunden wurde, mussten bei der Simulation der zu erwarteten Erträge die Umwandlungsverluste abgeschätzt werden.

Der Luftwechsel des Raumes sollte durch ein dezentrales Lüftungssystem mit Wärmerückgewinnung erfolgen. Jeweils zwei Lüftungsgeräte inVENTer iv14 R [rund] waren für den Einbau an den zwei seitlichen Außenwänden in Ost- und Westausrichtung vorgesehen. Die Geräte sollten wechselnd „atmend“ verschaltet werden. Um

eine optische Störung des Innenwandbildes zu vermeiden und zur angenehmen Raumluftzirkulation sollten sie oben und in den wandangrenzenden Technikstreifen in der Decke angebracht werden.

Im Haus der 1000 Geschichten sollte eine Infrarotheizung für Wärme sorgen. Etwa 50% der Sonneneinstrahlung auf den Erdboden besteht aus Infrarotwellen. Ein Teil dieser Strahlung kann direkt als Wärme wahrgenommen werden. Ein anderer Teil erwärmt den Boden der wiederum Infrarotwellen ausstrahlt. Diese spürt man zum Beispiel nachts nach einem sonnigen Tag. Genau nach diesem Prinzip funktioniert eine Infrarotheizung. Die erzeugte Infrarotstrahlung kann direkt als Wärme gespürt werden und indirekt über Abstrahlung der Möbel, der Wände und des Bodens. Eine Infrarotheizung ist sehr einfach aufgebaut und eignet sich daher gut zum selber Bauen. Sie besteht aus folgenden fünf Elementen: Aus einem Rahmen, einer Deck- und einer Frontplatte, einer Dämmung und einem Draht, durch den Strom fließt. Alle Materialien lassen sich in großer Menge bei Abrissen finden. Im Hauptraum sollte an der Decke, in der Konstruktionsebene zwischen den Trägern, die abgehängte Decke als Infrarotheizungsfläche genutzt werden. IR-Heizungspaneele erzeugen Wärmestrahlung, die die Oberfläche des davon erreichten Körpers erwärmt. Das Tiefenwärmegefühl kommt dem der Sonnenstrahlung gleich. Die Abstrahlfläche von Infrarotheizungen kann vielfältig, z.B. auch als Spiegel oder Bild, gestaltet werden. Für die IR-Heizung im Haus der 1000 Geschichten war wiederverwendetes Wellblech angedacht. Aus der Heizlastberechnung und der verfügbaren Deckenfläche liess sich eine Leistungsdichte von etwa 500 Watt/m² bestimmen. Darauf wurde die Heizung ausgelegt. Wichtig ist jedoch, die Berechnungen an einem Modell zu überprüfen.

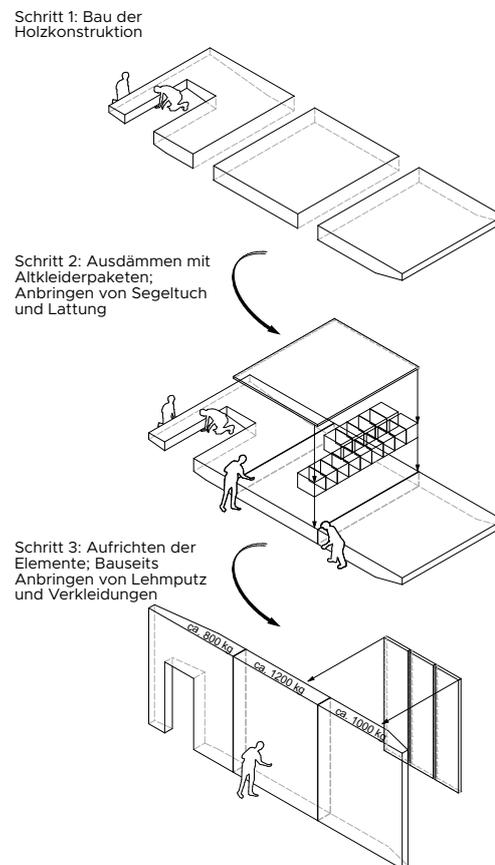
5.2.3.3 Werksplanung, 3-D-Modell und Projektfilm

Aufgrund der Abhängigkeit von verfügbaren Rückbaumaterialien war es für das studentische Werksplanungs-Team wichtig, flexible Konstruktionsweisen zu entwickeln, die von Studierenden bei der Gebäudeerrichtung mit einfachsten Mitteln erstellt werden könnten. Holz erwies sich hierfür als sehr gut geeigneter Baustoff, da es leicht zu bearbeiten ist, in großer Menge vorkommt und über geeignete Fügeprinzipien später leicht demontiert werden kann. Aus diesem Grund wurde Holz als Material für die tragende Konstruktion des Hauses der 1000 Geschichten ausgewählt. Außerdem wurden kleinere, modulare Bauteile, wie etwa Dachziegel, Granitplatten etc., als sehr gut geeignet eingestuft, da auch sie in großen Mengen verfügbar und einzeln leicht handhabbar waren.

Abbildung 22 zeigt den Detailplan des Bodenaufbaus. Der Boden wird mithilfe eines Ringbalkens ausgesteift, der durch Punktfundamente vom Untergrund abgesetzt ist und die Lasten der tragenden Wände aufnehmen soll. Die Punktfundamente sind einzeln justierbar durch die Verwendung von Steinbaustoffen verschiedener Dimensionen. Terrasse und Rampe werden durch mit Bauschutt verfüllte Gemüseboxen auf ein Niveau von 50 cm gebracht. Diese Konstruktionsweise ist später leicht rückbaubar. Als Dämmmaterial sind Altkleider vorgesehen.

Die seitlichen Außenwände übernehmen im Gebäude keine tragende Funktion. Sie dienen der Aussteifung und sollen anfallende Querlasten, wie zum Beispiel Windlasten aufnehmen. Um sie gegen Torsion zu sichern, sind sie von innen mit OSB beplankt und besitzen keine Öffnungen, die die Konstruktion schwächen könnten. Die Fronten von Boden, Decke und Wänden bilden gemeinsam im Süden und Norden einen Rahmen, der die Nischenwand und die Glasfassade einfasst. Die beiden Außenwände setzen sich aus drei funktionalen Elementen zusammen. Die äußere Verkleidung übernimmt den Witterungsschutz und besteht aus schuppig geschichteten ehemaligen Deckenpaneelen aus Aluminium. Im Inneren wird ein Lehmputz aufgetragen, der als flächiges, ruhiges Element den Fokus auf die Nischenwand lenkt. Durch den Lehmputz, wird im Inneren ein gutes Raumklima geschaffen. Dazwischen befindet sich das tragende Element aus Holzständern und Altkleiderdämmung. Bei einer Dämmstärke von 30 cm lässt sich damit voraussichtlich ein U-Wert von 0,16 W/m²K erreichen, was nahezu Passivhausstandard entspricht. Die Außenwände sind so konstruiert, dass die statisch notwendigen Elemente vorgefertigt und dann in drei Teilen aufgestellt und miteinander verbunden werden können (vgl. Abbildung 23).

Abbildung 23
Aufbau der einzelnen Segmente der Außenwände.

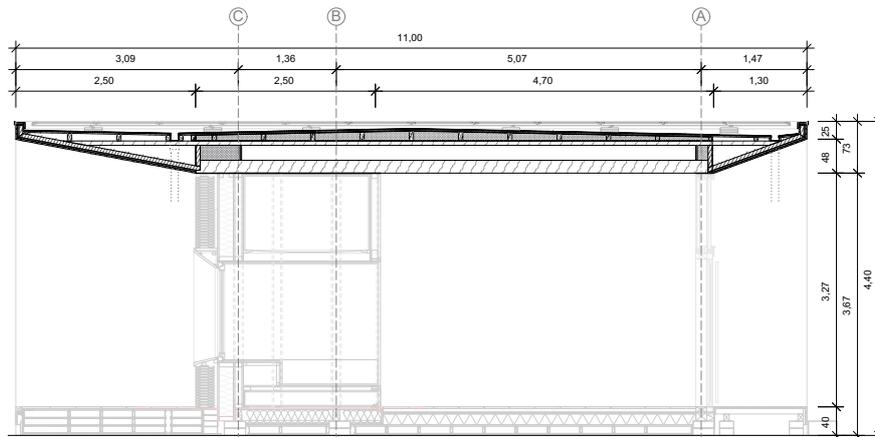


Quelle: Team RE-USE HTWG Konstanz 2020

Das Dach wird als Flachdach mit 2 % Gefälle ausgebildet. Das Tragwerk bilden großdimensionierte Hohlkastenträger (vgl. Abbildung 24) mit den Maßen 45 cm mal 14 cm, die als Trägerpaare an vier Positionen in Längsrichtung spannen. Die Felder zwischen den Trägerpaaren überspannen Brettschichtholz-Flächenelemente, die an die Träger angeschlossen werden. In den Zwischenraum der Trägerpaare werden OSB-Platten zur Queraussteifung geschraubt. Der Zwischenraum dient gleichzeitig als Installationsraum für die Gebäudetechnik. Heizflächenelemente und Down-Lights werden innerhalb der Hohlkastenträger gespannt und mit Kabeln bis zum Stromanschluss in der Zwischenwand verbunden. Der konstruktive Aufbau lässt sich vereinfacht in vier Schichten gliedern: Tragschicht, Dampfsperre, Dämmschicht und Abdichtung. Die Tragschicht wird von einer Dampfsperre aus zusammenschweißten Plastiktüten überzogen. Die Dampfsperrschicht dient zur Verhinderung einer großen Wasserdampfdiffusion von der Raumseite her, oder einfacher gesagt um die Bildung von Tauwasser in der Dämmschicht zu vermeiden. Darüber wird die erste Dämmschicht aus EPS Platten verlegt, diese hat mehrere Funktionen: Zum einen die Schaffung eines behaglichen Raumklimas über den ganzen Jahresverlauf, zum anderen die Energieeinsparung bei der Beheizung und die Vermeidung temperaturbedingter Spannungen und Verformungen in der Tragschicht (thermische Längenänderung). Die zweite Dämmschicht dient als Gefälledämmung, die ein Gefälle von 2 % für die Entwässerung herstellt. Das Flachdach wird als Warmdach ausgebildet. Darauf wird die Dachabdichtung aus einer 2-lagigen Bitumenschicht verlegt. Diese bildet den Abschluss, also die oberste, wetterseitige Konstruktionsschicht des Flachdachs. Darauf wird dann noch eine Deckschicht aus horizontal verlegten Photovoltaikmodulen angebracht. Die PV-Elemente ermöglichen einen zusätzlichen Schutz der Dichtungsbahnen. Es handelt sich dabei um eine Aufdachmontage der Module, die auf ein Gerüst aufgeständert werden, um auf der Höhe der Attika eine gerade Dachfläche darzustellen. Die

Abbildung 24

Dach: Längsschnitt durch den Hohlkastenträger.



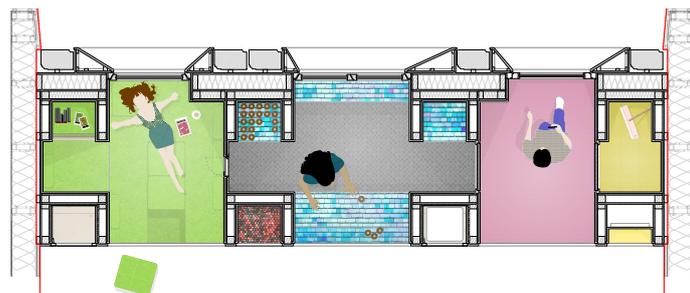
Quelle: Team RE-USE HTWG Konstanz 2020

Entwässerung der Dachfläche findet über eine Freispiegelentwässerung statt. Dazu führen zwei Rinnen an den Dachseiten das Wasser bis zu den Fallrohren in der Außenwand, die es weiter in den nahegelegenen Gully führen. Zusätzlich werden für den Fall heftiger Starkregenereignisse vier Notentwässerungen an den Eckpunkten des Daches angebracht, um Stehwasser auf der Dachfläche zu vermeiden.

Das Herzstück des Entwurfs stellt die Nischenwand dar. Durch ihre Position wird das Verhältnis von Innen- zu Außenraum des Gebäudes definiert, und mit ihren zwei Fassaden trägt sie stark zur Gestaltung des Pavillons bei. So wurde das Hauptaugenmerk während der Werksplanung auf die Einteilung der Nischen, die verwendeten Materialien sowie deren Bezug zu den angrenzenden Bauteilen gelegt. In der Innenansicht wird der Entwurfsgedanke der Nische deutlich. Durch die Verwendung von Materialien mit verschiedenen bunten Farben spielen die Zwischenräume der doppelten Wand die Hauptrolle im Innenraum. Eine Tiefe von 2,5 m ermöglicht vielfältige Funktionen (Eingangsbereich, Bar, Sitznische). Die Auskleidung der Nischen kann als Dauerausstellung wiederverwendeter Rückbaumaterialien angesehen werden. Die Nischenwand beherbergt neben den sichtbaren, zum Innenraum offenen, auch verdeckte Nutzungen. Hinter Holzplatten finden Hocker, Stellwände zu Ausstellungszwecken, Tische sowie der technische Ausbau Platz. Die Einteilung der Ansicht orientiert sich hierbei im ersten Schritt am Tragwerk und generiert im zweiten Schritt ein Spiel von Öffnungen, Fugen und geschlossenen Flächen, wobei die Wand dennoch klar als eine Einheit erkennbar bleibt. Gestalterische und funktionale Schwerpunkte sind jedoch nicht die einzige Aufgabe der Nischenwand. Sie stellt außerdem einen wichtigen Bestandteil des Tragwerks dar. Die im Grundriss gut erkennbaren U-förmigen Stützen (vgl. Abbildung 25) der Holzständer-Konstruktion tragen die vertikalen Lasten des Daches ab und steifen mit ihrer

Abbildung 25

Nischenwand: Grundriss

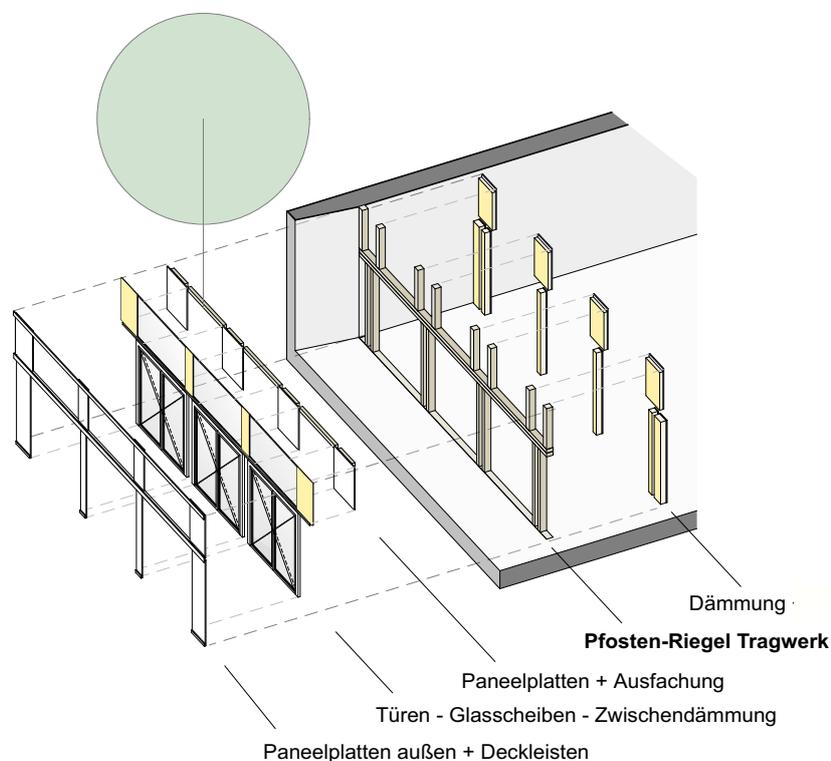


Quelle: Team RE-USE HTWG Konstanz 2020

Bepunktung des Gebäudes in Querrichtung aus. Nach außen hin bildet eine aus Flachdachziegeln geschichtete Vormauerung die zweite Fassade der Nischenwand. Die Ziegel werden zu Paketen verschnürt und mit Montagebändern an der rückliegenden Ständerkonstruktion verankert. Die dreidimensionale Laibung der Fensterstürze wirkt mit ihrem breiten Rahmen als Vermittler zwischen dem starren Ziegelraaster und den unterschiedlichen Öffnungsgrößen der Fenster.

Die Seerheinfassade befindet sich an der Nordseite des RE-USE Gebäudes und ist somit städtebaulich sehr präsent. Die Fassade soll dazu einladen sich in das Gebäude zu begeben, auf den vorgesetzten Stufen zu verweilen und die Aussicht auf das Wasser zu genießen. Transparenz und ein hohes Maß an Flexibilität, bei gleichzeitiger gestalterischer Rücksicht auf das Tragwerk, waren der architektonische Anspruch an die Fassade. Außerdem lag der Fokus auf der Verwendung von rückgebauten Bauteilen, die sowohl frei von Schadstoffen sein als auch gute Wärmedämmeigenschaften aufweisen sollten. Viele alte Fenster sind mit schadstoffbelasteten Anstrichen oder Fensterkitten versehen, welche die Wiederverwendbarkeit erschweren. Zudem weisen alte Glasscheiben sehr schlechte U-Werte auf, weshalb eine Glasfassade als zweischalige Doppelfassade ausgebildet werden müsste, um den heutigen Standards entsprechen zu können. Im Laufe des Semesters wurden für das Fassadenbild einige Varianten durchgespielt. Die Nordseite des Bauwerks hat eine Gesamtlänge von 9,20 m und eine Höhe von 4,40 m. Die Fassade ist 8,10 m lang und weist eine lichte Höhe von 3,175 m auf. Sie liegt zurückversetzt und ist durch Boden, Dach und Außenwand so eingefasst, dass sie wie eingerahmt wirkt. Diese Optik wird verstärkt, indem sich die Außenwände und das Dach nach außen hin verjüngen. Die Seerheinfassade ist horizontal in einem Verhältnis von 2/3 zu 1/3 untergliedert. Der untere Bereich ist 2,10 m hoch und soll möglichst viel Öffnung zulassen, sodass eine gute Durchlüftung gewährleistet ist. Der obere Teil wird durch geschichtete Gläser gebildet.

Abbildung 26
Seerheinfassade: Explosionsisometrie



Quelle: Team RE-USE HTWG Konstanz 2020

In Abstimmung mit dem Bauteildokumentations-Team entstand im Rahmen der Werksplanung der Bauteilkatalog, in dem Bauteilbedarf und -verfügbarkeit thematisch sortiert anhand der fünf Bauteile des Hauses der 1000 Geschichten dargestellt sind: Außenwände, Nischenwand, Dach, Boden, Schaufensterfassade (vgl. Abbildung 10 für das Beispiel Bodenaufbau). Die Auflistung wurde mit Fotos der eingeplanten Baumaterialien ergänzt.

Aus den Werksplänen wurde von einem Studierenden-Team ein 3-D-Modell entwickelt, das als Grundlage für einen Film zur Veranschaulichung des Entwurfs diente. Abbildung 27 zeigt Impressionen aus der Visualisierung des Hauses der 1000 Geschichten.

Abbildung 27
Visualisierung des Hauses der 1000 Geschichten mittels 3-D-Modell.



Quelle: Team RE-USE HTWG Konstanz 2020

5.2.4 RE-USE – Stadtmöbel der 100 Geschichten

Aufgrund der verschärften pandemischen Bedingungen ab dem Herbst 2020 konnte die Lehre im Wintersemester 2020/21, ebenso wie im darauffolgenden Sommersemester 2021, an der HTWG Konstanz erneut nur online stattfinden. Ab diesem Zeitpunkt war absehbar, dass die Realisierung des Hauses der 1000 Geschichten nicht wie geplant bis zum Ende der Laufzeit des Forschungsprojektes RE-USE umsetzbar sein würde. In der Hoffnung, vielleicht wenigstens ein deutlich kleineres Bauprojekt im Sommer 2021 realisieren zu können, entwarfen Studierende der Architektur und des Bauingenieurwesens im Wintersemester gemeinsam ein Stadtmöbel der 100 Geschichten für den Campusplatz (vgl. Abbildung 14) an der HTWG Konstanz. Aus Gehwegplatten, Alu-Lochblech, Dreischichtplatten, Unterspannbahnen, Gemüseboxen, Photovoltaikmodulen, Holzlatten, Beton-Werksteinen und Segeltuch aus dem Wunschbauteil-Fundus sollten mehrere kleine Klappboxen entstehen, die sich zu einem langgestreckten Baukörper verbinden lassen und Platz für eine Outdoor-Küche mit Sitzgelegenheiten bieten würden (vgl. Abbildung 28). Da allerdings auch das Sommersemester 2021 ohne Präsenzlehre verlaufen musste, konnte das Pilotprojekt bislang nicht umgesetzt werden.

Abbildung 28

Visualisierung des Stadtmöbels der 100 Geschichten.



Quelle: Team RE-USE HTWG Konstanz 2021

5.2.5 Auszeichnung

Am 14. Februar 2020 wurde das Projekt vom ArchitekturFORUM Konstanz / Kreuzlingen mit dem „Grenzstein“ Preis ausgezeichnet.

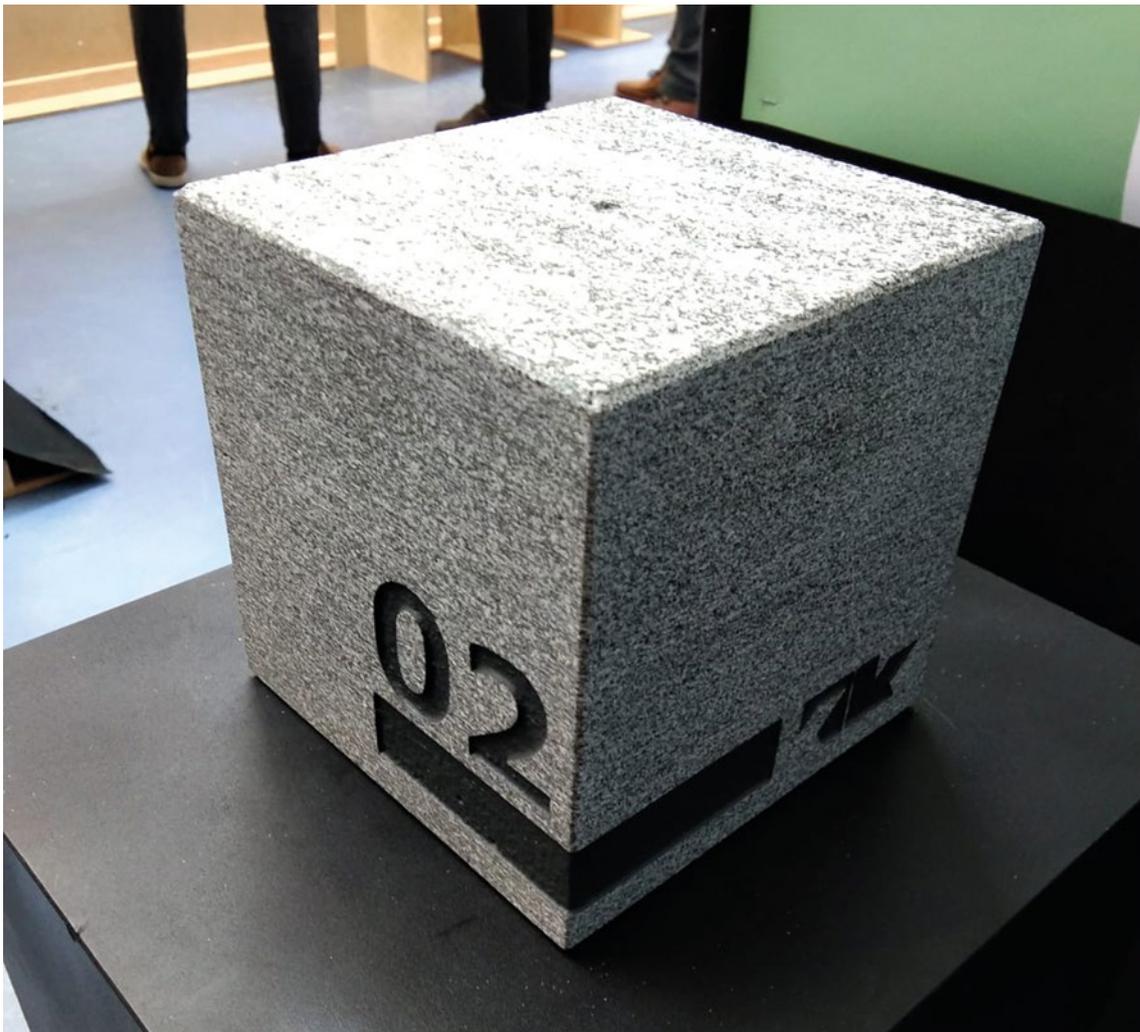
„Den Grenzstein-Studienpreis erhält in diesem Semester das interdisziplinäre Forschungsprojekt „Re-Use Building – Haus der 1000 Geschichten“ unter der Leitung des Fachgebiets Energieeffizientes Bauen bei Prof. Dr.-Ing. Thomas Stark. Projektleiterin ist Dr. Viola John.“

Die Begründung der Jury:

„Das ArchitekturFORUM würdigt ein Projekt, das ein Brennpunktthema zum Klimawandel aufgreift, das in seiner Gesamtheit nur an einer Hochschule ausgeführt und dokumentiert werden kann, und das – unser besonderes Anliegen – eine hohe Strahlkraft über den Campus hinaus hat, auf jeden Fall auch über die Grenze in die Schweiz. Es hat das Potenzial, dass in einer nahen Zukunft auch Ressourcen von dort am Gebäude ihre Verwendung finden.“

Abbildung 29

Grenzstein Auszeichnung für das Forschungsprojekt RE-USE im Februar 2020.



Quelle: Viola John 2020

6. Ergebnisse

Als wichtigstes Ergebnis des ersten Forschungsstranges wurde ein Netzwerk der lokalen Akteure aufgebaut, wodurch später die Organisation und Logistik des Rückbaus von Baukomponenten im Landkreis Konstanz, als Teil der Begleitforschung im zweiten Forschungsstrang, erfolgreich realisiert werden konnte. Die wissenschaftliche Analyse der relevanten Akteure sowie der vorhandenen Organisationsstrukturen der Abfall- und Entsorgungslogistik und der Material- und Stoffströme bildete die Basis für die Kartierung in Form einer RE-USE-MAP, zur Klärung der Verfügbarkeit von Akteuren und Rückbaukomponenten im Landkreis Konstanz. Ein RE-USE Baustofflexikon wurde entwickelt, das die wichtigsten Hintergrundinformationen zu häufig in Konstanz verbauten Materialien hinsichtlich deren Eignung für eine Rückbau- und Wiederverwendbarkeit bewertet. Die Erstellung einer RE-USE Website und die Präsentation des Forschungsvorhabens auf Social Media (Facebook und Instagram) ermöglichte einen öffentlichkeitswirksamen Zugang zu dem Thema Wieder- und Weiterverwendung von Baukomponenten im regionalen Kontext. Um die Akteure im Landkreis mit den Studierenden der HTWG, die am Entwurf für das Haus der 1000 Geschichten arbeiteten, auf die gemeinsame Arbeit am Projekt einzustimmen, wurde im Oktober 2019 eine RE-USE Konferenz an der HTWG veranstaltet. Als Ergebnis des dritten Forschungsstrangs wurde ein virtueller Rundgang durch ein Bestandsgebäude erarbeitet. Alle Ergebnisse werden in den folgenden Unterkapiteln 6.1 - 6.8 genauer vorgestellt.

6.1 Aufbau eines Netzwerks der Akteure im Landkreis Konstanz

Um die für den Gebäuderückbau zuständigen Akteure im Landkreis Konstanz möglichst früh in das Forschungsprojekt zu involvieren, wurden von der Projektleitung bereits zu Beginn erste telefonische Kontaktaufnahmen und Treffen mit Bauschadstoffgutachtern, dem Amt für Abfallrecht und Gewerbeaufsicht des Landratsamts Konstanz, mit Hämmerle Recycling sowie den Entsorgungsbetrieben Konstanz EBK, der Handwerkskammer und der Städtischen Wohnungsbaugesellschaft Konstanz WOBAK organisiert. Bei dieser Gelegenheit wurde das RE-USE Forschungsvorhaben vorgestellt und mit den Akteuren intensiv diskutiert. Im weiteren Verlauf wurden auch einzelne Interviews geführt (vgl. Kapitel 5.1.2 und Kapitel 9).

Als Unterstützer des Projekts konnten auf diese Weise folgende Partner neu gewonnen werden:

- Ing. Büro b.a.u. aus Singen, Bauschadstoffgutachter (Ansprechpartner: Karl-Peter Kunz)
- GeoPro GmbH aus Stockach, Bauschadstoffgutachter (Ansprechpartner: Wolfram Frey)
- HPC AG aus Radolfzell, Bauschadstoffgutachter (Ansprechpartner: Thomas Veigel)
- Landratsamt Konstanz Amt für Abfallrecht und Gewerbeaufsicht (Ansprechpartnerin: Petra Reiner)
- Joos GmbH aus Radolfzell, Abbruchunternehmen (Ansprechpartner: Meinrad Joos)
- i+R Industrie- & Gewerbebau GmbH (Ansprechpartner: Martin Epp)

6.2 Erstellung einer RE-USE MAP

Die RE-USE MAP besteht aus mehreren Karten, die veranschaulichen

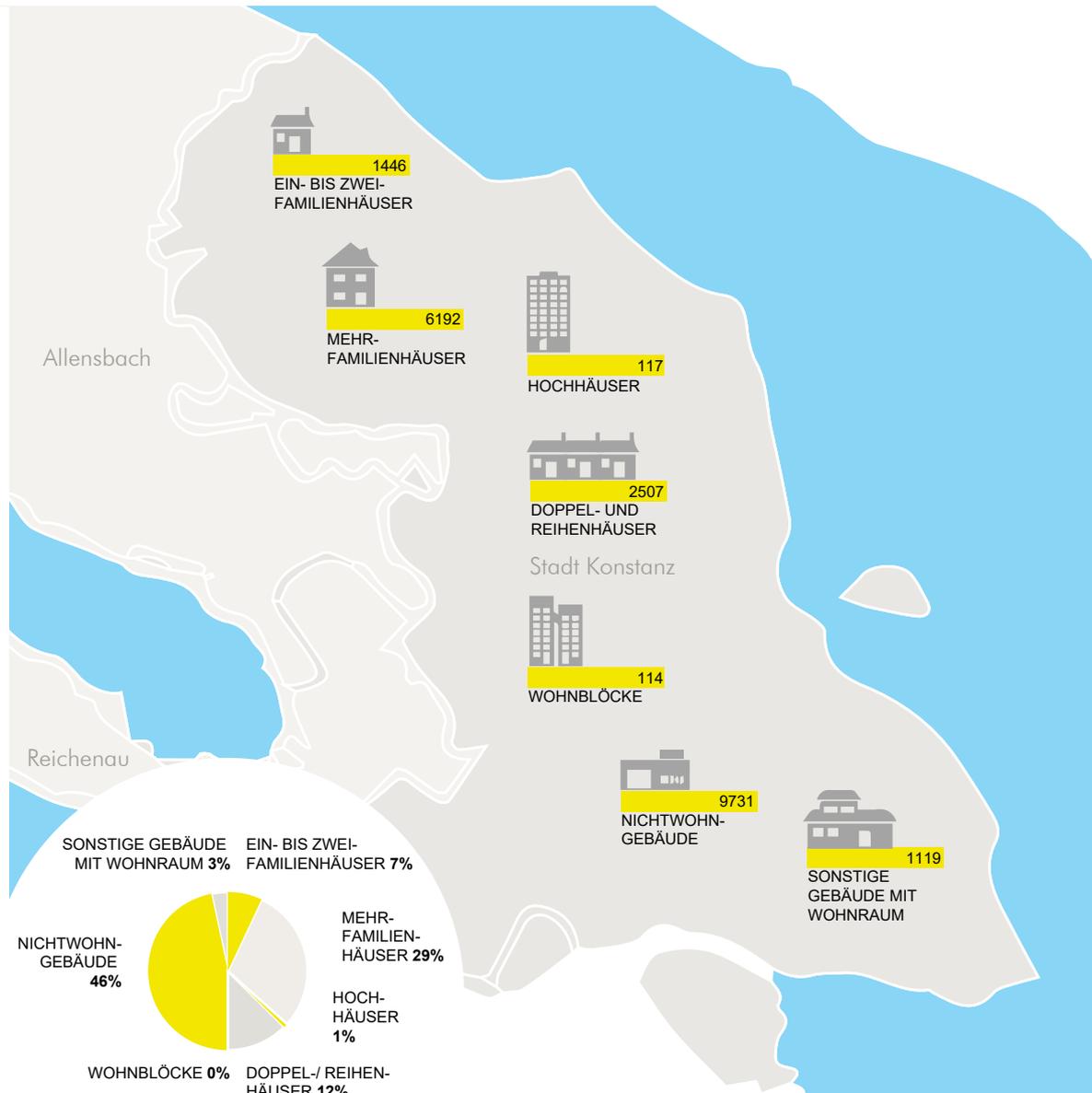
- wo die für den Gebäuderückbau im Landkreis Konstanz relevanten Akteure zu finden sind (vgl. Abb. 30)
- wie der aktuelle Gebäudebestand der Stadt Konstanz aussieht, aufgeschlüsselt nach Baujahr und Gebäudetyp (vgl. Abb. 31). Die Daten wurden im Jahr 2018 im Rahmen des Energienutzungsplans im Auftrag der Stadt Konstanz erhoben [32]. Abbildung 31 zeigt eine eigene Auswertung und Darstellung der Originaldaten für die RE-USE MAP.
- welche typischen Konstruktionsmaterialien (geschätzt anhand der Baualtersklassen), im Gebäudebestand der Stadt Konstanz gebunden sind (vgl. Abb. 32). Die Konstruktionsweisen orientieren sich an der Klassifizierung des Leitfadens Energieausweis [33] der Deutschen Energie-Agentur GmbH dena.
- wo die Abbruchgebäude verortet sind, aus denen Rückbaukomponenten für das RE-USE Pilotprojekt gewonnen werden konnten und welche Transportdistanzen die Bauteile bis ins Zwischenlager zurücklegen mussten (vgl. Abb. 33).

Abbildung 30: RE-USE-MAP der Akteure im Landkreis Konstanz.



Quelle: Viola John 2019

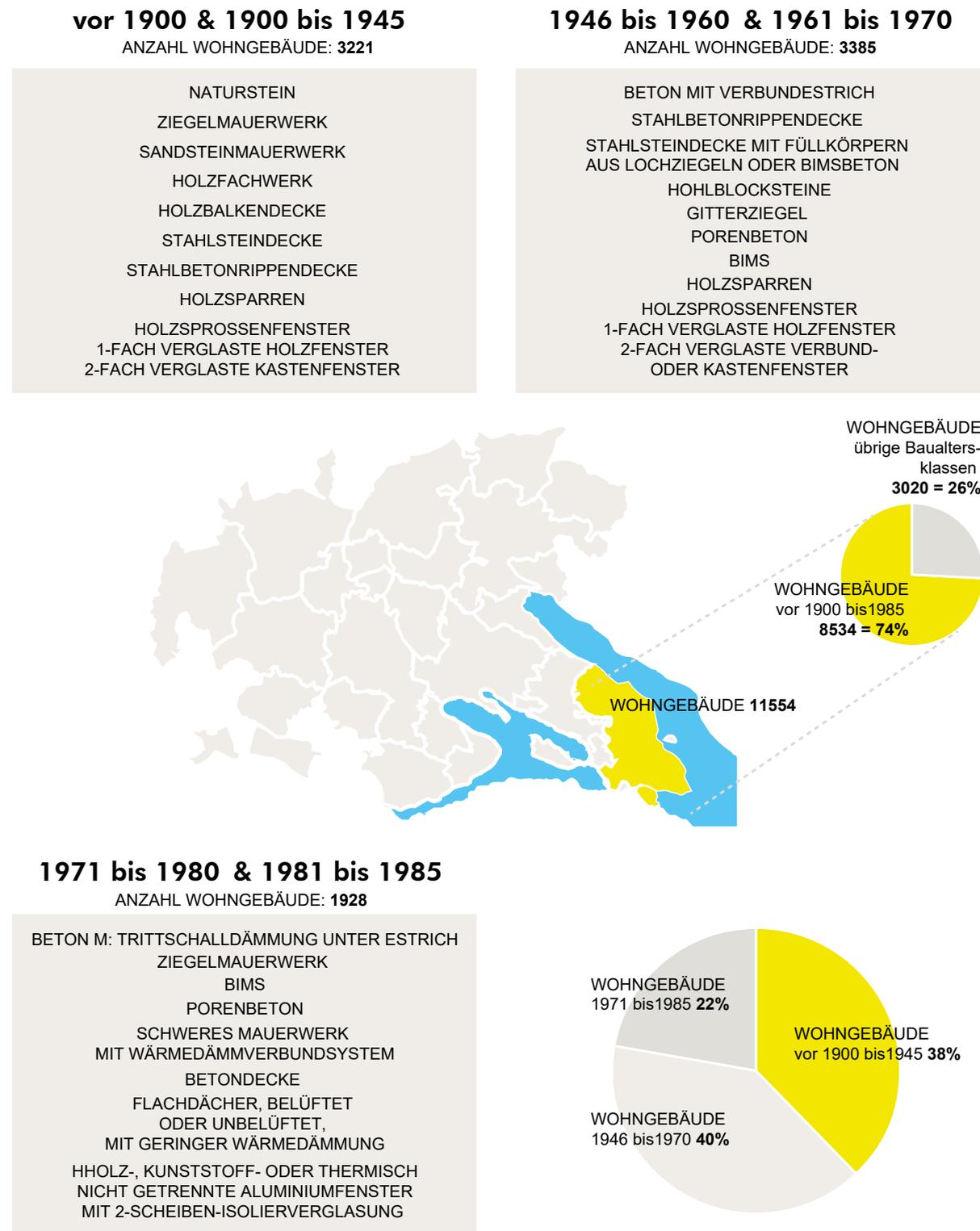
Abbildung 31: RE-USE-MAP des Gebäudebestands der Stadt Konstanz.



Baujahr	EIN- BIS ZWEI-FAMILIENHÄUSER		MEHRFAMILIEN-HÄUSER		HOCHHÄUSER		DOPPEL- UND REIHENHÄUSER		WOHNBLÖCKE		NICHTWOHN-GEBÄUDE		SONSTIGE MIT WOHNRAUM	
	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	
unbekannt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9315	0	0	
vor 1900	62	349	0	100	3	59	349							
1900 bis 1945	383	1147	2	513	15	61	298							
1946 bis 1960	331	730	2	381	2	38	91							
1961 bis 1970	235	989	30	494	12	43	88							
1971 bis 1980	134	766	51	419	15	26	60							
1981 bis 1985	36	297	9	83	18	23	40							
1986 bis 1995	105	657	8	236	12	59	62							
1996 bis 2000	38	299	3	122	6	34	46							
2001 bis 2005	33	301	2	64	3	12	18							
2006 bis 2010	41	249	5	59	7	7	17							
2011 bis 2015	39	358	3	32	17	48	43							
nach 2015	9	50	2	4	4	6	7							
insgesamt	1446	6192	117	2507	114	9731	1119							

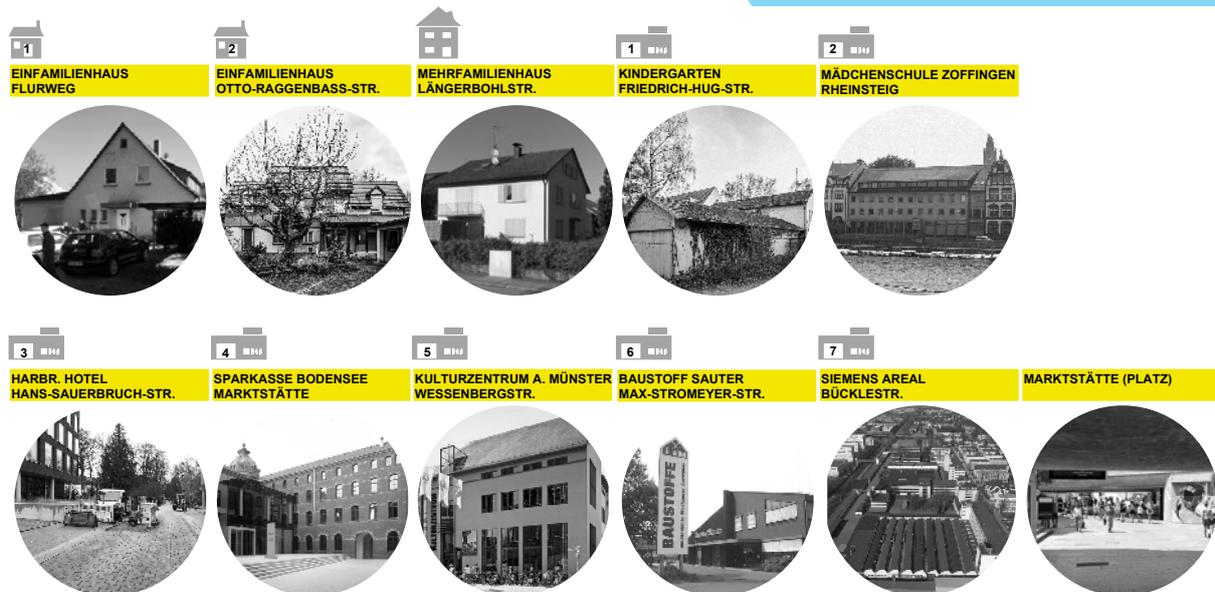
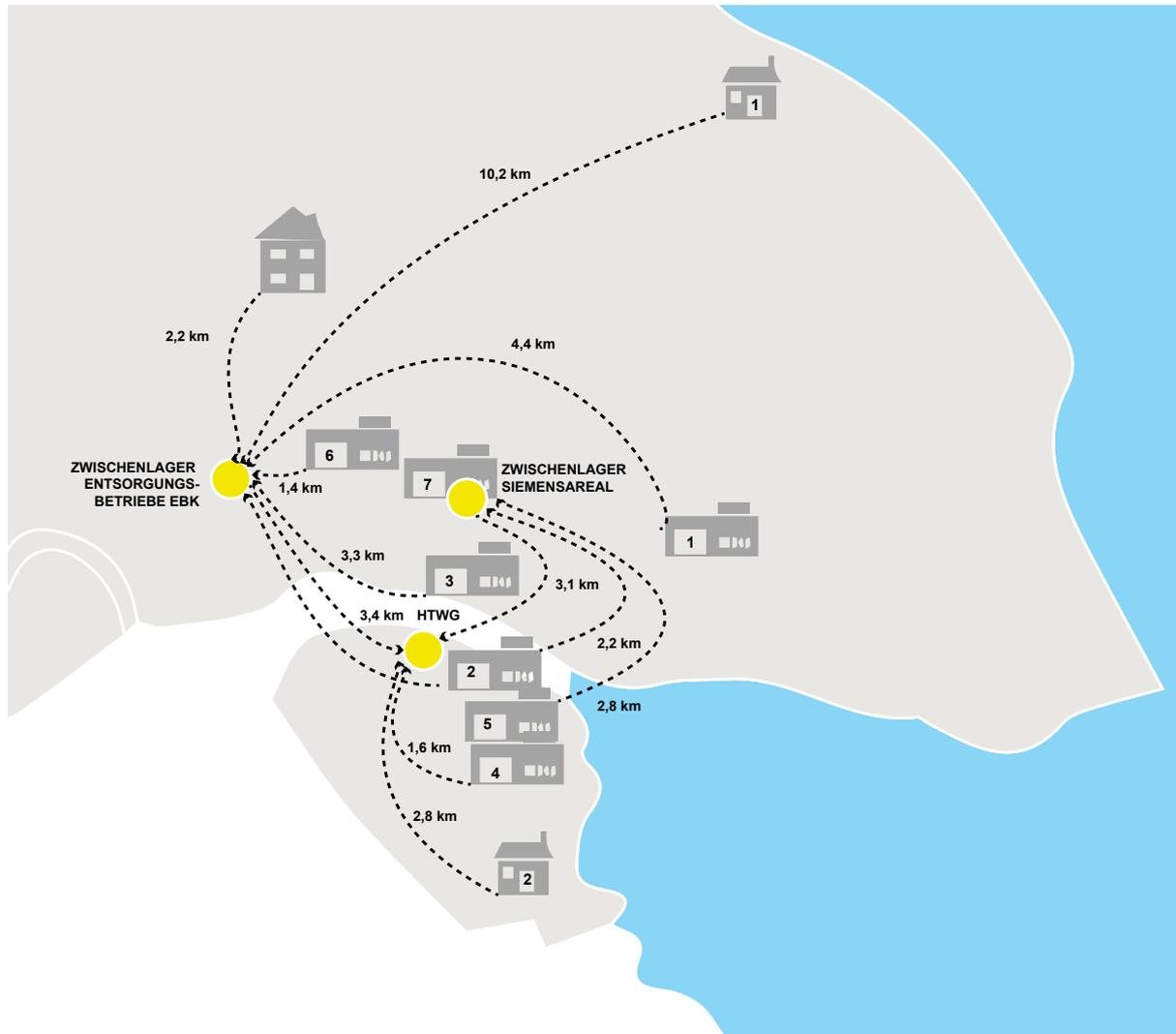
Quelle: Viola John 2021, Datengrundlage Stadt Konstanz 2018 [32].

Abbildung 32: RE-USE-MAP der häufig verwendeten Konstruktionsmaterialien, geschätzt anhand der Baualtersklassen.



Quelle: Viola John 2021, Datengrundlage Stadt Konstanz 2018, [32], Klassifizierung in Anlehnung an die Deutsche Energie-Agentur DENA 2015 [33].

Abbildung 33: RE-USE-MAP der Abbruchhäuser, aus denen Rückbaukomponenten für das RE-USE Pilotprojekt gewonnen wurden und der Transportdistanzen zu den drei Zwischenlagern.



Quelle: Viola John 2021, mit Fotos von Christian Witt

6.3 Erstellung eines RE-USE Baustoff-Lexikons

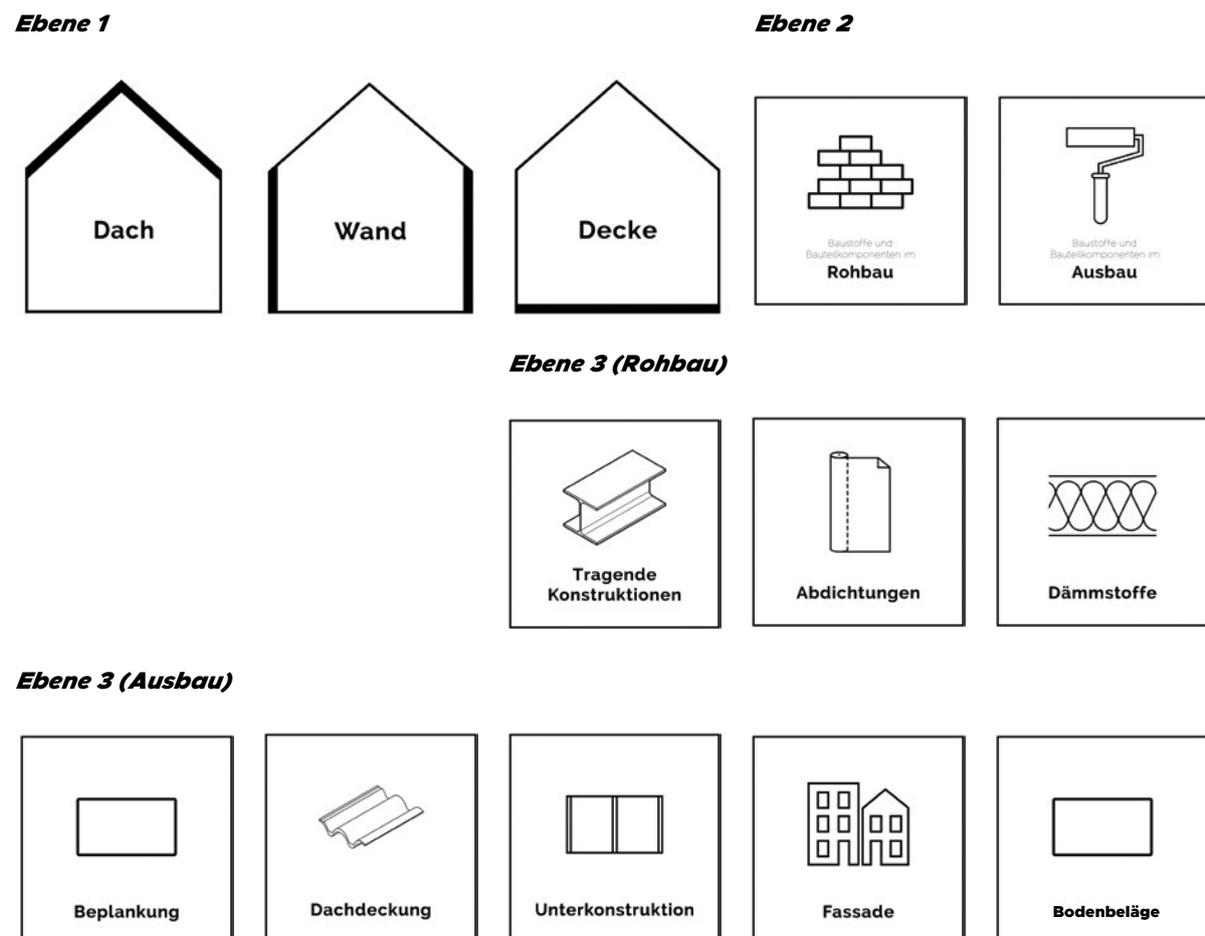
Im Sommersemester 2019 wurde im Rahmen zweier Master Thesen ("Potenzial für den Einsatz von RE-USE Baustoffen im Landkreis Konstanz" von Daniel Brotz und "Potenzial für den Einsatz von natürlichen und biologischen Baustoffen im Landkreis Konstanz" von Jessica Wider) ein Baustoff-Lexikon erarbeitet. Das Ziel dieses Lexikons war es, für die typischerweise im Landkreis Konstanz verbauten Bauteile und Materialien eine Einschätzung über deren Eignung für eine Wiederverwendung vorzunehmen.

Das Baustoff-Lexikon wurde dann im Wintersemester 2019/20 durch die Studierenden Rebecca Bader, Judith Blatter, Annali Geiger und Michelle Kaszas für die Online-Präsentation auf der RE-USE Website aufbereitet und kann dort unter folgendem Link abgerufen werden:

<http://re-use-building.de/forschungsinhalte-baustoff-lexikon/>

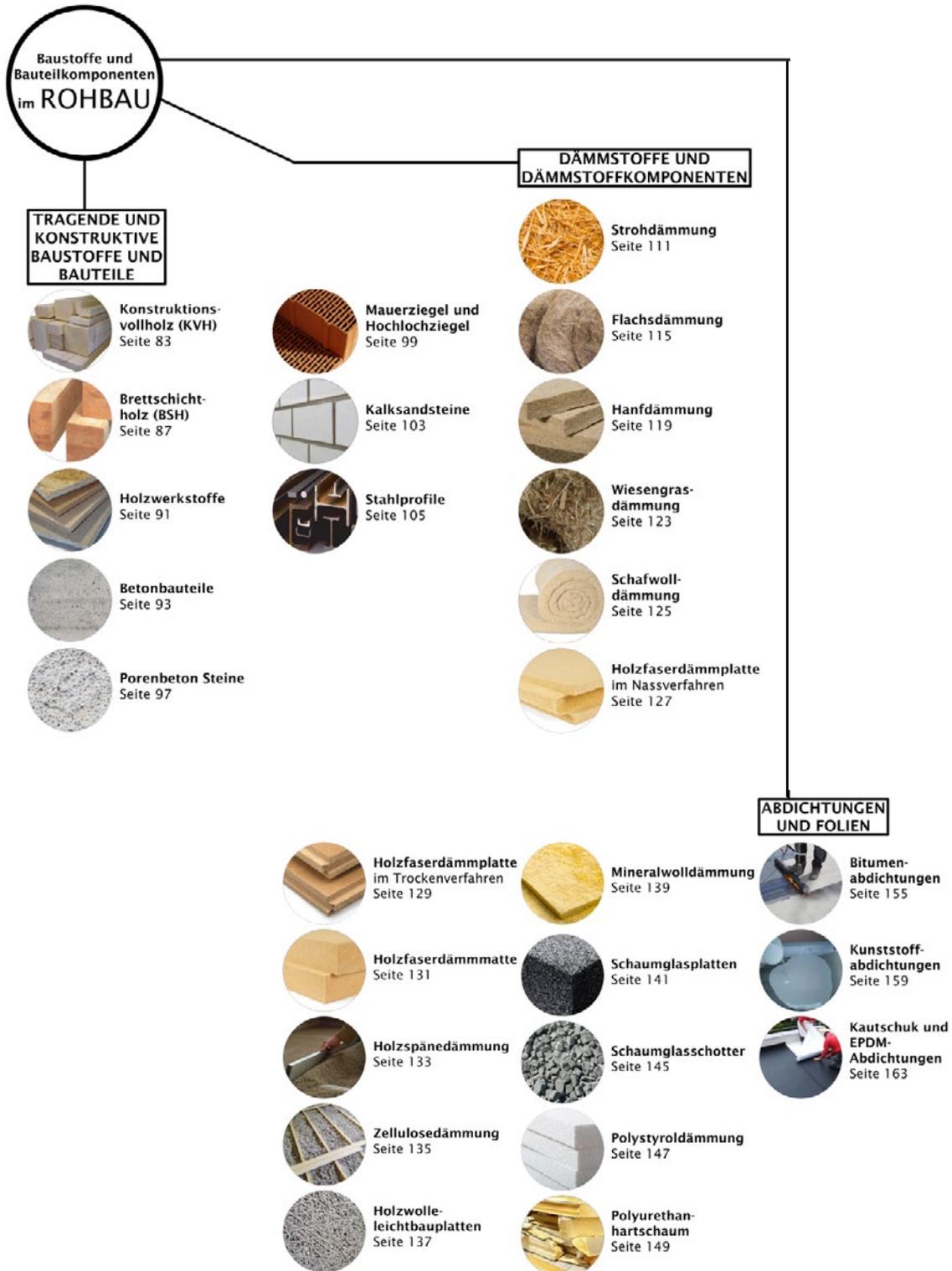
Im Folgenden wird ein Datenblatt exemplarisch vorgestellt (siehe S. 73). Die einzelnen Datensätze sind thematischen Hierarchieebenen zugeordnet:

Abbildung 34: Hierarchieebenen des RE-USE Baustoff-Lexikons.



Quelle: Team RE-USE HTWG Konstanz, basierend auf den Masterarbeiten von D. Brotz und J. Wider 2019

Abbildung 35: Übersicht der Rohbau-Komponenten des RE-USE Baustoff-Lexikons.



Quelle D. Brotz und J. Wider, 2019

Konstruktionsvollholz KVH

Ökobilanz
ökobaudat Datensatz 3.1.02 Konstruktionsvollholz (Durchschnitt DE)

Herstellung A1 – A3
-710 kg CO₂ äq. /m³

Abfallbehandlung C3
810,1 kg CO₂ äq. /m³

Recyclingpotential D
-377.2 kg CO₂ äq. /m³



Rohstoff

Der Rohstoff Holz wird als CO₂-neutral bezeichnet, da Holz beim Wachstum CO₂ bindet. Beim Verbrennen oder Kompostieren wird das gespeicherte CO₂ der Atmosphäre wieder zurückgegeben. Als Konstruktionsvollholz werden hauptsächlich Nadelhölzer, wie Fichte, Tanne, Kiefer und Lärche verwendet. Diese wachsen schneller als Laubhölzer und sind somit auch meist kostengünstiger. Holzmodule könnten gut wiederverwendet werden, da es sich hierbei in der Regel um vorgefertigte Elemente oder ganze Wand- und Deckenteile handelt. Es ist relativ einfach möglich, sie durch Sägen in den Maßen anzupassen bzw. zu kürzen oder zu ergänzen. Ebenfalls ist es möglich Module in ihre Bauteilkomponenten zu zerlegen, um Kanthölzer und Bretter zu erhalten. Welche dann, wieder- und weiterverwendet oder verwertet werden können.

Herstellung

Bei Vollholzprodukten wird der Baumstamm entrindet und meist in rechteckige Querschnitte zugesägt, wobei man die Vollholzprodukte nach Verhältnis von Höhe zu Breite in Latten, Bohlen, Bretter und Kanthölzer unterscheidet. Nach dem Sägen kann das Holz zum weiterverarbeiten getrocknet, gefast, gehobelt oder profiliert werden.

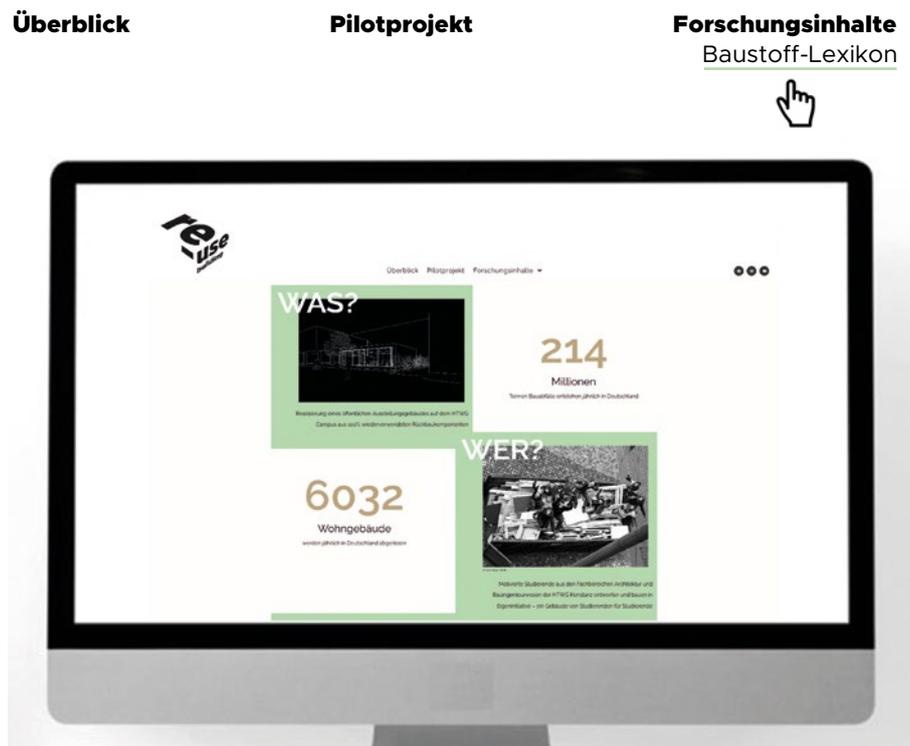
Wieder- und Weiterverwendung

Bauteilkomponenten: Stützen, Deckenbalken, Dachsparren, Lattungen usw. Konstruktionsvollholz eignet sich, wenn es gut erhalten ist, sehr gut zum Wieder- und Weiterverwenden. Oft wird es geschraubt, gedübelt oder gesteckt. Außerdem kann es aufgrund seiner vielseitigen Verwendungsmöglichkeiten theoretisch einer Kaskadennutzung zugeführt werden. Je nachdem, wie der Zustand des Holzes ist, kann es direkt als Holzstützen, Träger, Sparren etc. wiederverwendet werden. Eignet sich das Holz aufgrund von Alterungsprozessen nicht mehr, so kann es kaskadenartig weiterverwertet werden. Beispielsweise als nichttragende Holzbauteile wie Lattungen, Unterkonstruktionen oder auch zur Möbelherstellung. Als letzte Stufe kann es zerkleinert werden, um als Hackschnitzel für die Spanplattenherstellung oder den Gartenbau zu dienen. Eine thermische Verwertung ist ebenfalls möglich.

Schadstoffe

Beachtet werden muss bei der Wieder- und Weiterverwendung von Holz, dass es keine Schadstoffe wie Holzschutzmittel oder Insektizide enthalten sollte (z.B polychlorierte Biphenyle (PCB), Lindan, Pentachlorphenol (PCP)). Aufgrund dieser möglicherweise enthaltenen Schadstoffe wird sämtliches Bauholz beim Recycling in die Altholzkategorie A4 (belastete Holzarten) eingestuft. Diese Altholzkategorie darf nicht wieder- oder weiterverwendet werden und wird einer energetischen Entsorgung zugeführt. Es sei denn, es wird durch ein Prüfverfahren bewiesen, dass es unbelastet ist. Eine biologische Verwertung ist möglich, wenn das Holz sortenrein und schadstofffrei ist. Jedoch sollte die kaskadenartige Verwertung dieser vorgezogen werden.

Abbildung 36: RE-USE-Website.



Quelle: RE-USE Team HTWG 2019

6.4 Erstellung einer Projektwebsite

Das RE-USE Projekt hat nicht nur einen Social Media Auftritt bei Facebook und Instagram, sondern auch eine eigene Website. Diese wurde im Frühjahr 2020 entwickelt und live geschaltet. Auf der Website geben drei Themenschwerpunkte einen Überblick über Hintergrund und Fortschritte des RE-USE Forschungsprojektes (vgl. Abbildung 36).

- Die Startseite **Überblick** zeigt kurz und prägnant, worum es bei dem Projekt geht und bietet Links zu den erschienenen Presse-Artikeln.
- Unter **Pilotprojekt** sind Informationen zum Gebäudeentwurf zu finden. Auch das Planungs- und Entwurfsteam des Pilotprojektes wird dort vorgestellt.
- Unter **Forschungsinhalte** finden sich Informationen zu den Forschungsthemen des RE-USE Projektes, sowie unter anderem eine Übersicht über die verschiedenen Stationen und Akteure beim Gebäuderückbau (vgl. Abb. 1) und die RE-USE-Map der Akteure im Landkreis Konstanz (vgl. Abbildung 30).
- Im **Baustoff Lexikon** (vgl. Kapitel 6.3 Erstellung eines RE-USE Baustoff-Lexikons) sind Informationen zu wiederverwendbaren Baustoffen und –teilen im Landkreis Konstanz zu finden. Die Inhalte des Lexikons wurden im Sommersemester 2019 im Rahmen der Master Thesen "Potenzial für den Einsatz von RE-USE Baustoffen im Landkreis Konstanz" von Daniel Brotz und "Potenzial für den Einsatz von natürlichen und biologischen Baustoffen im Landkreis Konstanz" von Jessica Wider erarbeitet. Das Baustoff Lexikon soll dazu dienen das Bewusstsein für einen ressourcenschonenden und effizienten Umgang mit Baumaterialien zu schärfen. Insbesondere soll mit Hilfe des Baustoff-Lexikons schon bei der Planung der Gedanke des Rückbaus mit einbezogen werden können.

6.5 Veranstaltung einer RE-USE Konferenz

Am 31.10.2019 fand an der HTWG in Konstanz eine RE-USE- Konferenz statt. An der Veranstaltung nahmen die Akteure aus dem Landkreis sowie der Fördermittelgeber und Studierende, Mitarbeiter und Professoren der HTWG Konstanz teil. Das Ziel der Veranstaltung war, mit interessanten und inspirierenden Vorträgen und einer Plenumsdiskussion einerseits die Zusammenarbeit im Netzwerk der Akteure zu stärken und dabei andererseits mit externen Gastrednern den Blick über den Horizont des Landkreises hinaus zu öffnen. Die Konferenz fand zu Beginn des ersten RE-USE Entwurfssemesters statt, so dass die Studierenden mit vielen Eindrücken und Inspirationen in die Planung des Hauses der 1000 Geschichten starteten.

Abbildung 37: RE-USE Konferenz an der HTWG Konstanz mit Gastrednerin Ute Dechantsreiter.



Quelle: HTWG Konstanz Fachgebiet Energieeffizientes Bauen 2019

6.6 Virtueller Rundgang durch ein Bestandsgebäude

Im Zuge der Frage, wie das Thema Wieder- und Weiterverwendung von Bauteilen der Öffentlichkeit nähergebracht werden kann, entstand im Juni 2021 ein virtueller Rundgang durch ein Bestandsgebäude, der Informationen zu einzelnen Baukomponenten sichtbar macht (Maße und geschätztes Gewicht, verwendete Materialien, Ökobilanzdaten, Rückbaumöglichkeit, Wiederverwendbarkeit, Recyclingfähigkeit). Hierfür wurde ein Hochschulgebäude auf dem Campus der HTWG ausgewählt (vgl. Abbildung 38).

Mithilfe von Fotos, Grundrissplänen und dem Design Tool Adobe XD entwickelten Studierende des RE-USE-Teams eine über eine Webanwendung zugängliche, virtuelle Gebäudebegehung. Diese besteht aus einer Abfolge von untereinander verlinkten Einzelansichten, wie in Abbildung 40 dargestellt. Im Grundrissplan markiert ein roter Punkt während der Begehung jeweils den genauen Standort, an dem das Foto entstanden ist. Im Foto sind weiße Richtungspfeile eingefügt, die zur nächsten Einzelansicht führen, bis die Begehung vollendet ist (vgl. Abbildung 39). In der Kombination der Elemente Grundriss und Ansicht entsteht der Eindruck, man bewege sich durch die verschiedenen Räumlichkeiten. Überall dort, wo ein weißer Rahmen ein spezielles Bauteil hervorhebt, ist eine Detailinformation hinterlegt, die genauere Auskunft über das Bauteil gibt. Die Verfügbarkeit von Baumaterialien wird so erlebbar gemacht und soll dazu anregen, mit Neugierde an das Thema Wiederverwendung von Bauteilen herangeführt zu werden. Der gesamte Rundgang ist abrufbar unter dem Link <https://xd.adobe.com/view/f7affbea-a945-4410-a31c-175a985a26a1-a2fc/>

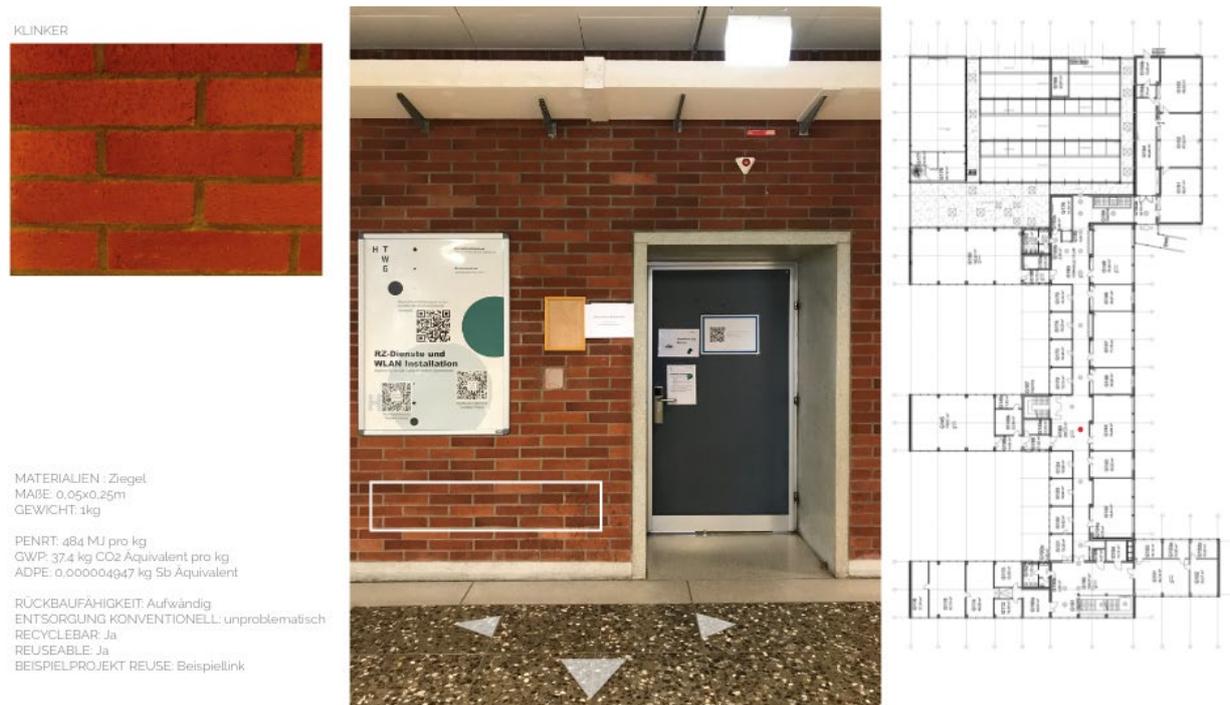
Eine solche Darstellung hat zudem das Potenzial, bei zukünftigen Rückbauvorhaben die auszubauenden Wunschbauteile mit relativ einfachen Mitteln eindeutig vorab kennzeichnen zu können, so dass sämtliche involvierten Akteure wissen, wo die betreffenden Teile zu finden sind. Insbesondere bei größeren Abbruchvorhaben, die aufgrund ihrer Größe unübersichtlich sind, kann eine solche Darstellung dabei helfen, Demontageabläufe vorab in Absprache mit allen Akteuren zu planen. Ist kein detaillierter Grundrissplan vorhanden, lässt sich die Darstellung beispielsweise auch mit einer von Hand gefertigten Skizze kombinieren.

Abbildung 38: Virtueller Rundgang durch ein Bestandsgebäude, Darstellung einer Einzelansicht.



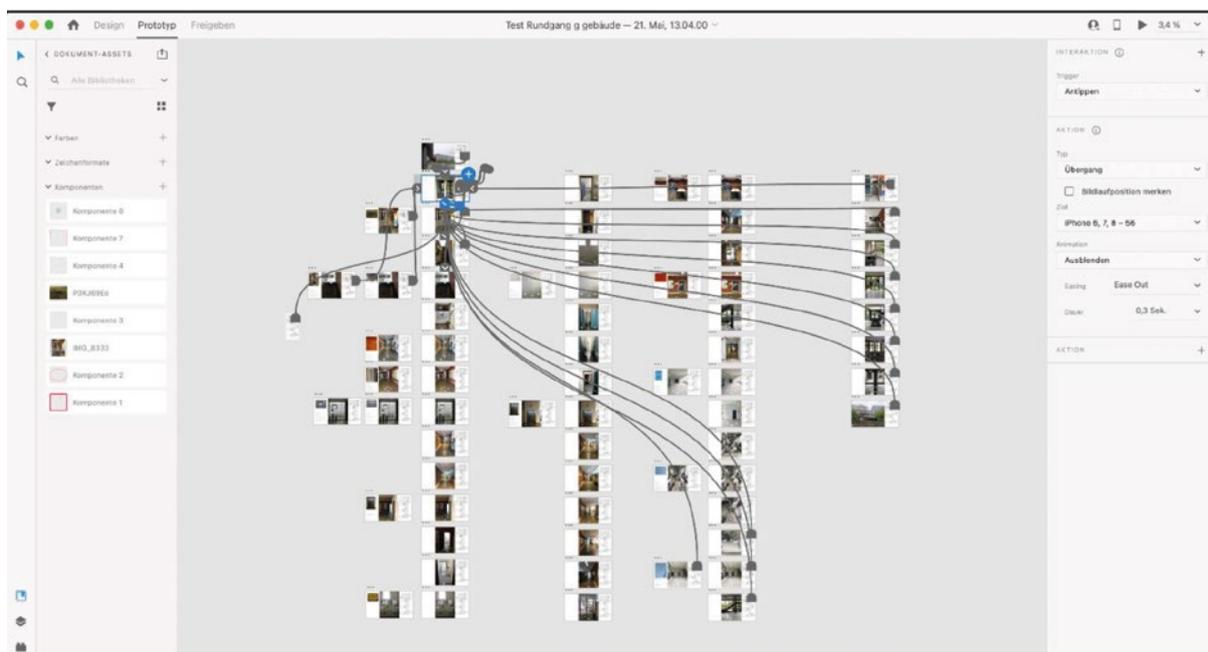
Quelle: Team RE-USE HTWG Konstanz 2021

Abbildung 39: Virtueller Rundgang durch ein Bestandsgebäude, Darstellung einer Einzelansicht.



Quelle: Team RE-USE HTWG Konstanz 2021

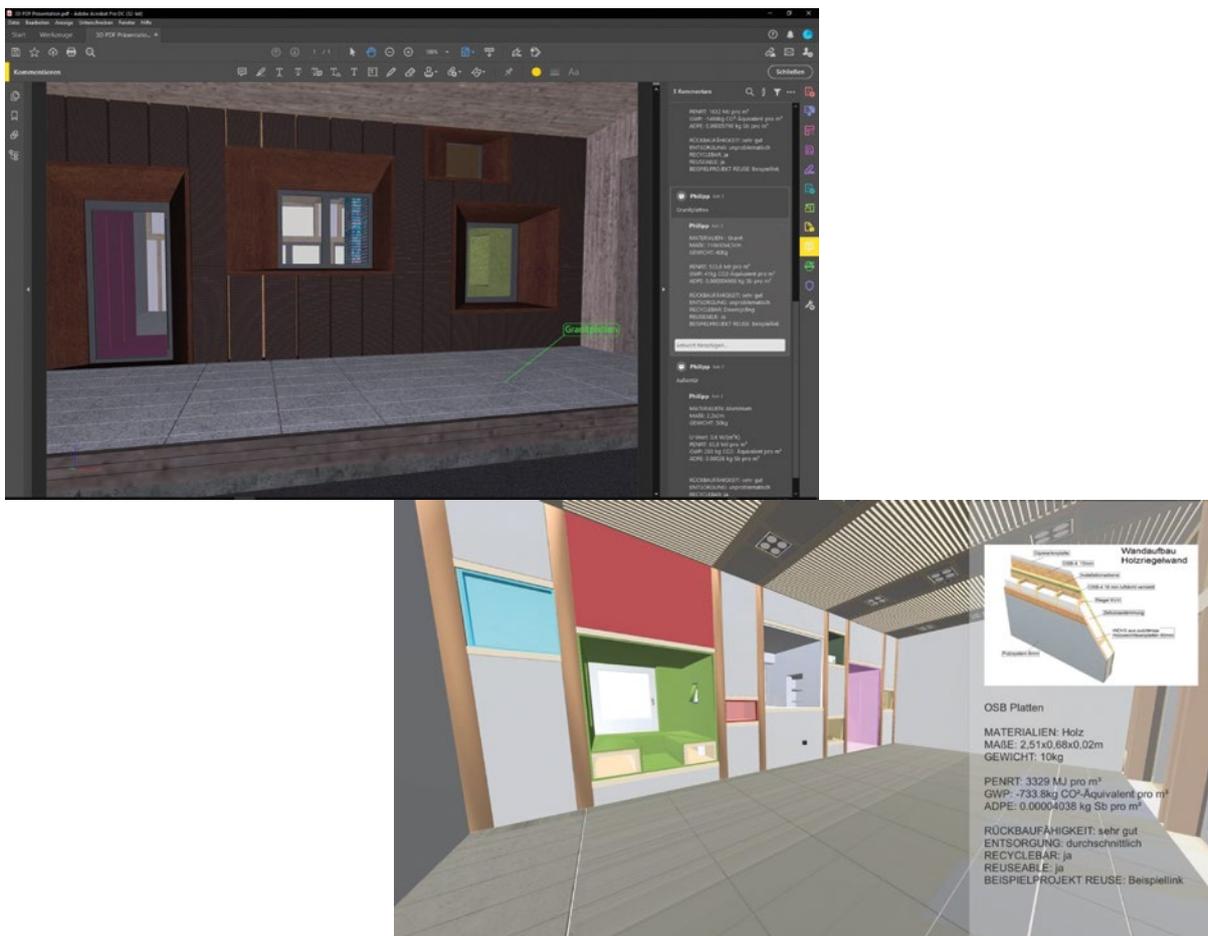
Abbildung 40: Virtueller Rundgang durch ein Bestandsgebäude, Verknüpfungen der Einzelansichten untereinander.



Quelle: Team RE-USE HTWG Konstanz 2021

Als Alternativen zum virtuellen Gebäuderundgang mit dem Design Tool Adobe XD wurden von den Studierenden auch zwei weitere Möglichkeiten durchgespielt, die sich allerdings beide als deutlich weniger anwenderfreundlich erwiesen. In Variante 1 wurde ein kommentiertes 3-D-PDF erstellt. Hierzu war als Basis ein CAD-3-D-Modell erforderlich, das dann mit Hilfe von Adobe Acrobat bearbeitet und mit Kommentaren zu einzelnen Bauteilen versehen werden konnte. Da von dem Campusgebäude keine geeigneten CAD-Daten vorlagen, wurde stattdessen das 3-D-Modell des Hauses der 1000 Geschichten verwendet, um diese Variante zu testen. Es zeigte sich, dass der Export des 3-D-Modells gut funktionierte und die Erstellung des 3-D-PDFs relativ einfach und schnell vonstattenging. Nachteilig war allerdings in der Anwendung, dass die PDF-Datei sehr groß wurde, wodurch eine Bearbeitung der Datei ebenso wie die Darstellung nur sehr langsam möglich waren. Leider war es zudem nicht machbar, Detailbilder in die Datei einzufügen, um einzelne Bauteile genauer vorzustellen. Für Variante 2 war ebenfalls ein CAD-Modell erforderlich. Dieses wurde mit Hilfe der Echtzeit-Entwicklungsplattform Unity, die normalerweise für die Entwicklung von Spielen genutzt wird, bearbeitet und um Bauteilinformationen ergänzt. So wurde ein virtueller Gebäuderundgang mit intuitivem Videospieldarakter möglich, der ein eigenständiges Erkunden einzelner Räume erlaubte. Die Erstellung und Bearbeitung der Datei mit Hilfe von Unity erforderte Programmier-Kenntnisse. Komplikationen gab es zunächst beim Export des 3-D-Modells aus der CAD-Software, da verschiedene mögliche Exporteinstellungen zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen der Darstellung in Unity führten. Um das gewünschte Ergebnis zu erzielen, war ein experimentelles Vorgehen nötig. Abbildung 41 zeigt jeweils einen Screenshot der Varianten 1 und 2. Beide Tools erforderten im Vergleich zu dem Design Tool Adobe XD einen hohen Aufwand zur Erstellung des virtuellen Rundgangs. Überdies scheinen sie eher ungeeignet dafür zu sein, ältere Bestandsgebäude virtuell zu begehen, da das erforderliche CAD-3-D-Modell bei solchen Altbauten in der Regel nicht vorliegt.

Abbildung 41: Virtueller Rundgang durch ein Bestandsgebäude, Varianten mit 3-D-PDF (oben) und Unity (unten).



Quelle: Team RE-USE HTWG Konstanz 2021

6.7 RE-USE Leitfaden

Die Demontage und Wiederverwendung von Bauteilen bietet großes Potenzial im Bereich der ökologischen Nachhaltigkeit, da hierdurch Ressourcen aus der Technosphäre in einen oder sogar mehrere weitere Lebenszyklen überführt werden können, wodurch wiederum weniger Primärressourcen beim Neubau bzw. der Sanierung von Gebäuden eingesetzt werden müssen. Idealerweise sollten zwei grundlegende Strategien parallel verfolgt und weiterentwickelt werden, um den größtmöglichen Erfolg bei der Wiederverwendung im Bauwesen zu erzielen:

- Wieder- und Weiterverwendung von Baustoffen bei (Teil-)Rückbau im Bestand
- Berücksichtigung zukünftiger Wieder- und Weiterverwendung bei der Planung von Neubauten

6.7.1 Ableitung von Erkenntnissen aus dem RE-USE Forschungsprojekt für den zukünftigen Umgang mit dem Gebäudebestand und der Planung von Neubauten

Zur Strukturierung der Erkenntnisse aus dem Forschungsvorhaben wird an dieser Stelle auf die im Grundlagenkapitel identifizierten Herausforderungen und Hemmnisse eingegangen (vgl. Kapitel 5.1.2 Identifikation von Herausforderungen und Hemmnissen für die Wieder- und Weiterverwendung von Rückbaukomponenten).

6.7.1.1 Ziel Abfallvermeidung

- **Bestandsbau:** Zum jetzigen Zeitpunkt gibt es für viele der in Abbruchgebäuden häufig vorhandenen Bauteile kaum Abnehmer, die diese weiterverwenden wollten. Das Interesse an wiederverwendeten Baumaterialien ist in Deutschland so gering, dass selbst Bauteilbörsen und -plattformen nach eigenen Angaben nicht kostendeckend arbeiten können. Eine Erkenntnis aus dem Forschungsprojekt war, dass in den besichtigten Abbruchgebäuden jeweils nur ein Bruchteil der vorhandenen Bauteile für eine Wiederverwendung im Haus der 1000 Geschichten in Frage kam: Sei es, weil Bauteile nicht zerstörungsfrei ausbaubar gewesen wären (z.B. einzelne Mauerwerkssteine, die nur sehr schwer aus ihrem Verbund zu lösen waren, oder Fliesen, die so gut mit dem Untergrund verklebt waren, dass sie nicht am Stück demontiert werden konnten), mit Schadstoffen belastet waren (z.B. Holzbauteile mit Holzschutzmitteln, Fliesen mit Bleifarbe), zu zeitaufwendig auszubauen gewesen wären (z.B. verklebtes Parkett), oder nicht dem aktuellen Stand der Technik entsprachen (z.B. Elektrokabel). D.h., für viele Bauteile aus Abbruchgebäuden bleibt derzeit nur der Weg, als Bauabfall vorsortiert und, wenn möglich, in die stoffliche Verwertung durch Recycling überführt zu werden. Sollen Bauabfälle zukünftig gar nicht erst entstehen, ist es daher erforderlich die Abläufe des Rückbaus gezielt darauf auszulegen und gegebenenfalls eine Expertin oder einen Experten zu involvieren, der/die auf die logistischen Abläufe bei der Demontage spezialisiert ist. Zum anderen müssen gezielt Anreize für Bauherren geschaffen werden, Bauteile aus Bestandsbauten wiederzuverwenden.
- **Neubau:** Neubauten müssen unbedingt kreislauffähig geplant und konstruiert werden, um eine hohe Wiederverwendungsquote bei zukünftigen Gebäuderückbauten zu ermöglichen. Insbesondere sollte das Gebäude so geplant werden, dass auch größere Bauteile und Elemente (z.B. komplette Böden, Decken, Wände) demontiert und leicht wiederverwendet werden können. Materialwahl und Fügetechniken haben einen wesentlichen Einfluss auf die spätere Rückbaufähigkeit eines Gebäudes. Gewählte Konstruktionen sollten zerstörungsfrei trennbar und wiederverwendbar sein und einfache Wartungsmöglichkeiten bieten. Im Idealfall könnte das gesamte Bauwerk als Materiallager für neue Bauvorhaben dienen, wodurch potenziell zukünftig Primärressourcen eingespart werden. Zudem sollten heutige Neubauten so geplant werden, dass sie sich bei Bedarf leicht an veränderte Bedürfnisse anpassen lassen. Auf diese Weise kann die Lebensdauer des Gebäudes verlängert werden, bevor es abgerissen werden muss. Dies wird beispielsweise durch modulare Bauweisen, flexible Systeme und Grundrisse und ein einfaches Rastermaß ermöglicht. Ein weiterer wichtiger Aspekt bei der Planung ist das Raumklima in Gebäuden [40], denn gesundheitlich unbedenkliche

Materialien, natürliche Belüftungsmöglichkeiten und die Maximierung des Eintrags an natürlichem Tageslicht können das Raumklima positiv beeinflussen und so für lange Zeit ein attraktives Wohnumfeld schaffen. Für die spätere Wiederverwendung können Bauwerke optimiert werden, indem sie beispielsweise mit einer einfachen Gebäudegeometrie, Standarddimensionen und -elementen sowie demontagefreundlichen Verbindungen und Konstruktionen, die einfach instand zu setzen sind, geplant werden. Denn hierdurch wird die Demontage bei einem zukünftigen Gebäuderückbau vereinfacht. Wichtig sind hierbei insbesondere eine gute Separierbarkeit von Tragkonstruktion, Ausbaukomponenten und technischen Installationen, sowie die Verwendung lösbarer Verbindungen, um die einfache Austauschbarkeit von Komponenten mit kurzer Lebensdauer zu gewährleisten. Bei der Materialwahl ist auf die Nutzung sortenreiner Baustoffe zu achten. Beim Gebäudeentwurf sollte zudem der Leitspruch „form follows availability“ dazu motivieren, gezielt verfügbare Bauteile aus dem Rückbau einzuplanen. Zudem sollten Gebäude so geplant werden, dass in ihrem Lebenszyklus möglichst geringe Umweltbelastungen entstehen [40]. Dies kann zum Beispiel durch die Verwendung nachwachsender Rohstoffe, den Verzicht auf Holzschutzmittel o. Ä. und durch Low-Tech-Entwurfsansätze erreicht werden. Die Rückbaustrategien, die während der Planungsphase erarbeitet wurden, müssen für die spätere Nutzungs- und Rückbauphase entsprechend dokumentiert werden, damit Austausch bzw. Demontage möglichst unkompliziert abgewickelt werden können. Material- und Gebäudepässe sind hierfür der erste Schritt, da eine einfache Demontage erst nach detaillierten Angaben über Bauteilausbau und Wiederverwendbarkeit möglich ist. Die im Rahmen dieses Forschungsprojektes vorgeschlagene Nutzung von QR-Codes zur Darstellung und Kommunikation von Bauteilinformationen könnte zukünftig auch für Neubauvorhaben verwendet werden. Die Kennzeichnung mit einem QR-Code könnte einerseits auf allen Baumaterialien erfolgen oder für Bauteile bzw. ein ganzes Gebäude zum Einsatz kommen.

6.7.1.2 Logistik für Demontage, Transport und Zwischenlagerung

- **Bestandsbau und Neubau:** Demontage, Transport und Zwischenlagerung erfordern aufwendige logistische Abläufe. Die Erkenntnis aus dem Forschungsprojekt hierzu ist, dass solche Abläufe mit einer geeigneten Organisationsstruktur gut in den regulären Ablauf von Gebäudeabbrüchen eingebunden werden können. Der regionale Kontext ist hierbei entscheidend. Denn Voraussetzung für eine reibungslose und unkomplizierte Demontage ist die enge Vernetzung der involvierten Akteure. Die im Rahmen des Forschungsprojektes erarbeitete RE-USE Map sowie die für das Haus der 1000 Geschichten entwickelten Abläufe und Dokumentationselemente zur Inventarisierung (vgl. Kapitel 5.2.1.2 Ablauf während des selektiven Rückbaus von Wunschbauteilen) lassen sich auch auf zukünftige Rückbauprojekte anwenden. Die Funktion des RE-USE Teams als Koordinator zwischen den involvierten Akteuren könnte perspektivisch von auf die Demontage von Bauteilen spezialisierten Experten (RE-USE Experte/Expertin) übernommen werden, die idealerweise bereits ebenso früh in den Abbruchprozess involviert werden, wie derzeit der Bauschadstoffprüfer. Auf diese Weise könnte beispielsweise bei einer gemeinsamen Gebäudebegehung gleichzeitig schadstoffbelastete Bauteile und potenzielle Wunschbauteile fotografiert und dokumentiert werden. Zudem empfiehlt es sich, ein Rückbau-Team mit der Aufgabe der gezielten Demontage von Wunschbauteilen zu betrauen. Solche Rückbauprofis könnten extra für diese Aufgabe ausgebildet werden und entweder zum Team des RE-USE Experten gehören, oder als Spezialteam beim Abbruchunternehmen tätig sein. Bei größeren Abbruchgebäuden kann, zur besseren Kommunikation mit dem Abbruchunternehmer und dem Rückbau-Team, von den RE-USE-Experten ein virtueller Rundgang durch das Gebäude erstellt werden. Der im Rahmen dieses Forschungsprojektes erarbeitete virtuelle Gebäuderundgang kann als Anregung hierfür verstanden werden (vgl. Kapitel 6.6 Virtueller Rundgang durch ein Bestandsgebäude).

6.7.1.3 Schadstoffe

- **Bestandsbau:** Mit Schadstoffen belastete Bauteile eignen sich aufgrund ihrer gesundheitsgefährdenden Eigenschaften nicht für eine Wiederverwendung. Die Erkenntnis aus dem Forschungsprojekt ist, dass mitunter gerade solche Bauteile, die aufgrund ihrer guten Bearbeitbarkeit eigentlich für eine Wiederverwendung prädestiniert wären, schadstoffbelastet sein können. Am Beispiel von Holzbauteilen offenbart sich

dieses Dilemma noch in einer zusätzlichen Dimension: Holzbauteile sind nicht nur einfach zu bearbeiten, sondern sollten idealerweise in einer Kaskadennutzung über mehrere Lebenszyklen genutzt werden, bevor sie als Energieträger verbrannt werden, da das im Holz über Photosynthese gebundene, klimaschädliche CO₂ erst mit der Verbrennung (bzw. alternativ: der Verrottung des Holzes) wieder freigesetzt wird. Allerdings sind gerade Holzbauteile häufig durch die Bearbeitung mit Holzschutzmitteln und Lacken etc. belastet, wodurch sie für die Wiederverwendung in einer Kaskadennutzung ungeeignet sind. Generell finden sich sehr viele unterschiedliche Schadstoffe in Bestandsbauten, die eine Wiederverwendung von belasteten Materialien und Bauteilen verhindern (vgl. Kapitel 5.1.2.3 Schadstoffe), so dass für solche Baustoffe am Lebensende nur die thermische Verwertung oder Deponierung als Gefahrstoff (z. B. Asbest) in Frage kommen. Eine weitere Erkenntnis aus dem Forschungsprojekt ist, dass Schadstoffprüfer bei einem Gebäudeabbruch im Schadstoffgutachten sämtliche *potenziell* belasteten Bauteile und Materialien ausweisen. Dazu werden einige Stichproben an ein Prüflabor geschickt. Verdachtsfälle, die aufgrund hoher Kontaminationsgefahr keine gesonderte Probenahme erfordern, werden vollumfänglich als schadstoffbelasteter Abfall eingestuft (dies ist z. B. bei Bauholz häufig der Fall). Daher ist es wichtig, das Schadstoffgutachten sorgfältig zu lesen, bevor Wunschbauteile zur Wiederverwendung ausgewählt werden. Um ein Bauteil verwenden zu können, das noch nicht explizit beprobt wurde, sollte dessen gesundheitliche Unbedenklichkeit über eine gesonderte Schadstoffprüfung im Prüflabor bestätigt werden. Dieses Vorgehen ist kostenaufwendig (vgl. Kapitel 5.1.2.3 Schadstoffe). Um diesen Kostenpunkt zu reduzieren wäre eine mögliche Strategie, zukünftig im Rahmen der Gebäudebegehung zwecks Schadstoffprüfung einen RE-USE Experten zu involvieren. Dieser könnte direkt mit dem Bauschadstoffprüfer abklären, welche Wunschbauteile eventuell zusätzlich beprobt werden sollen.

- **Neubau:** Bei Neubauvorhaben sollte konsequent versucht werden, ausschließlich schadstofffreie bzw. gesundheitlich unbedenkliche Materialien in Gebäude einzubringen.

6.7.1.4 Wirtschaftlichkeit

- **Bestandsbau und Neubau:** Derzeit ist es in der Regel kostengünstiger ein neues Bauteil einzukaufen, als ein altes wiederzuverwenden. Aus diesem Grund werden Bauteile meist nur im privaten Sektor wiederverwendet, wo auf Kostentreiber wie Schadstoffprüfung und Einzelzulassung verzichtet wird. Dies war eine wichtige Erkenntnis aus dem Forschungsprojekt. Um in Zukunft die Vermarktung wiederverwendeter Komponenten außerhalb der Privatwirtschaft in größerem Umfang zu etablieren, bedarf es externer (staatlicher) und interner (marktwirtschaftlicher) Anreize. Im ersten Fall könnte dies durch staatliche Intervention umgesetzt werden, beispielsweise durch Vorschriften oder Quoten. Im zweiten Fall können Marktanreize durch Preiskontrollen gesetzt werden. In beiden Fällen ändert sich im Idealfall die Ausgangslage am Markt, so dass die Wiederverwendung günstiger ist als der Neukauf (beispielsweise wenn auch die Folgen der Primärrohstoffverknappung bei der Bepreisung neuer Bauteile berücksichtigt werden). Erst wenn diese Grundvoraussetzung erfüllt ist, werden sich Geschäftsmodelle etablieren können, die über die gesamte Prozesskette der Entnahme, Aufarbeitung und Lagerung bis hin zur Vermarktung von wiederverwendeten Bauteilen wirtschaftlich sind. Mit der Etablierung von RE-USE Experten und Demontage-Teams könnte sich ein neuer Berufszweig im Bauwesen entwickeln, der ganz auf die Wiederverwendung spezialisiert ist und über das Netzwerk und die Erfahrung verfügt, um die Vermarktung sowie Demontageprozesse zukünftig effizienter und damit wiederum kostengünstiger abzuwickeln. So könnten etwa Kosten für eine Zwischenlagerung entfallen, wenn bereits vor der Demontage der zukünftige Abnehmer für ein Bauteil bekannt wäre. Denkbar wären auch Vereinbarungen mit den übrigen involvierten Akteuren, um beispielsweise als kostensenkende Maßnahme eine Pauschale für Schadstoffbeprobungen und Einzelnachweise auszuhandeln. Hilfreich wäre ein auf Landkreisebene organisierter, professioneller Baustoffhandel mit Rückbauprodukten, idealerweise in Kooperation mit der Handwerkskammer und den ausführenden Unternehmen. Für Haftungsfragen müssen entsprechende übergeordnete Versicherungslösungen geschaffen werden.

6.7.1.5 Faktor Zeit

- **Bestandsbau:** Eine Herausforderung, die sich bei den Abläufen zum Bauteilrückbau gezeigt hat ist, dass es mitunter schwierig ist, schnell genug vor Ort zu sein, um die Bauteile rechtzeitig vor dem Gebäudeabriss demontieren zu können. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn ein Bauteil oder Material vorab noch einer gesonderten Schadstoffbeprobung unterzogen werden muss, um die gesundheitliche Unbedenklichkeit sicherzustellen. Dann kann es passieren, dass in dem Zeitraum von bis zu zwei Wochen, die eine solche Beprobung in Anspruch nimmt, der Abbruchunternehmer den Abriss bereits ausgeführt hat. Wenn sich die Wiederverwendung von Bauteilen zukünftig etablieren soll, müssen daher die zeitlichen Abläufe für die Beprobung und den Rückbau aufeinander abgestimmt werden. Ein RE-USE Experte könnte die Koordination übernehmen und durch die enge Abstimmung mit den am Abbruch beteiligten Akteuren, sowie durch die frühzeitige Klärung der Verfügbarkeit von Wunschbauteilen (idealerweise schon während der Schadstoff-Gebäudebegehung) die Demontageabläufe beschleunigen. Von entscheidender Bedeutung ist die frühzeitige Information über anstehende Rückbauvorhaben. Bauherren bzw. Eigentümer wissen dies in der Regel bereits mit mehreren Monaten Vorlauf, die ausführenden Abbruchunternehmen jedoch erst wenige Wochen vor der Maßnahme. Es sind daher strukturelle Lösungen erforderlich, die eine Weitergabe aller relevanten Informationen frühzeitig an die entsprechenden Akteure sicherstellt. Neben der Schaffung von Anreizen an Bauherren, selbst aktiv zu werden, könnte ein weiterer Ansatz sein, auf Behördenseite bei Kenntnis von Abbruchmaßnahmen – z.B. im Rahmen eines Antrags auf Baugenehmigung in Kontext eines Ersatzneubaus – entsprechende Stellen zu informieren.

6.7.1.6 Rechtliche Hemmnisse

- **Bestandsbau und Neubau:** Obwohl mit dem Kreislaufwirtschaftsgesetz eine Basis für den Umgang mit Bauabfällen und deren stofflicher Verwertung geschaffen wurde, ist eine wichtige Erkenntnis aus dem Forschungsprojekt, dass diese Vorgaben nicht dafür ausreichen, eine Wiederverwendung von Bauteilen konsequent etablieren zu können. Hierfür müssten auf Bundesebene spezielle Regularien über die Haftung und Gewährleistung bei der Verwendung von gebrauchten Bauteilen in Neubauten formuliert werden, da in diesem Bereich bisher noch sehr viel Unsicherheit herrscht. Idealerweise sollte in Abstimmung mit den Ländern und den Baustoffherstellern ein einheitlicher Standard entwickelt werden. Darüber hinaus ist es erforderlich, bundesweit einheitliche Prüfungen für wiederverwendbare Baustoffe durchzuführen. Damit Unsicherheiten bezüglich der Qualität von Rückbau-Bauteilen und -Materialien von vornherein ausgeschlossen werden können, sollten Prüfsiegel bzw. Prüfzertifikate entwickelt werden. Auf Bundesebene sollte zudem festgelegt werden, dass Baustoffe nur dann zugelassen werden dürfen, wenn sie nachweislich kreislauffähig und einfach demontierbar sind. Baustoffe und -produkte sollten sortenrein separierbar sein, um einer Wiederverwendung zugeführt bzw. recycelt werden zu können. Das Sammeln, Aufbereiten und die Verwertung von wiederverwendbaren Baustoffen können in die Zuständigkeit von Herstellerverbänden fallen. Landesbauordnungen können hinsichtlich der Wiederverwendung von Bauteilen angepasst und um Zulassungsanforderungen erweitert werden, die sicherstellen, dass geeignete Bauteile demontiert statt entsorgt werden. Den Antragsunterlagen zur Genehmigung eines Abbruchs sollte verpflichtend ein Dokument beigelegt werden, mit dem die sorgfältige Entnahme und Weiterverwendung der Bauteile bestätigt wird. Zukünftig wird es hilfreich sein, Material- und Gebäudepässe zu erstellen, die zeigen, welche Bauteile demontiert und wiederverwendet werden können. Bei der Formulierung von Ausschreibungstexten sollte auch die Eignung zur Wiederverwendung von Bauteilen bzw. zum hochwertigen Recycling von Baustoffen im Fokus stehen. Wo der zerstörungsfreie Rückbau zur Wiederverwendung heute aus bautechnischer Sicht nicht möglich ist, muss die Option des Recyclings als unmittelbar nächster Schritt konsequent umgesetzt werden, um Baustoffe in den Kreislauf zurück zu führen.

7 Fazit, Ausblick

Die eingangs aufgestellte These (vgl. Kapitel 4.1 Arbeitshypothesen) bestätigte sich im Rahmen des Forschungsvorhabens: Durch geeignete Maßnahmen, Strategien und Instrumente kann auf regionaler Ebene eine Steigerung der Wieder- und Weiterverwendung von Baukomponenten erreicht werden. Eine wichtige Erkenntnis aus dem Forschungsprojekt ist jedoch, dass für eine auf regionaler Ebene optimierte Kreislaufwirtschaft zwar großes Potenzial besteht, dieses allerdings derzeit noch nicht voll ausgeschöpft werden kann. Die Arbeitsinstrumente, Analysen und Erkenntnisse aus diesem Forschungsprojekt können aber einen Beitrag zur Optimierung zukünftiger Rückbauprozesse bei der Wieder- und Weiterverwendung von Bauteilen im regionalen Kontext leisten. Eine auf regionaler Ebene optimierte Kreislaufwirtschaft könnte dann zu einer wesentlichen Verbesserung des logistischen, stofflichen und energetischen Ressourcenbedarfs führen.

Im Folgenden wird auf die in der Problemstellung (vgl. Kapitel 2) genannten Aspekte näher eingegangen, die mit dem Forschungsprojekt adressiert wurden.

■ Mangel an Bewusstsein

Durch zahlreiche Gespräche sowie mit Hilfe der RE-USE-Website und den darauf veröffentlichten Informationen zum Forschungsvorhaben wurde eine breite, interessierte Öffentlichkeit erreicht. Dies führte dazu, dass auch in den lokalen Medien über das Projekt berichtet wurde: Am 15.02.2020 erschien im Südkurier der Artikel „I wie Innovation – Vom Ende her gedacht“ (K. Astor) und am 06.05.2020 ebenfalls im Südkurier der Artikel „Konstanzer Studierende planen seit einem Jahr ein Gebäude aus wiederverwendetem Baumaterial – die Corona-Krise verhindert aber den Baustart“ (J. Leiber). Die Veranstaltung einer RE-USE Konferenz sorgte zusätzlich hochschulweit für Interesse. Das studentische Entwurfsprojekt „Haus der 1000 Geschichten“ erhielt sehr positive Resonanz im Landkreis und fand zahlreiche Unterstützer. Dank der Berichterstattung in den Medien und der Grenzstein-Auszeichnung des Architekturforums Konstanz Kreuzlingen (vgl. Kapitel 5.2.5 RE-USE – Auszeichnung) wurde das Forschungsprojekt auch über die Landesgrenzen hinaus in der Schweiz bekannt. Es folgten Einladungen des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenvereins SIA und der ETH Zürich, um das Projekt und die Planungen zum Haus der 1000 Geschichten auch dort einem interessierten Fachpublikum und Studierenden vorzustellen. Die auf der RE-USE Website abrufbaren Informationen bieten mit dem dort veröffentlichten RE-USE Baustoff-Lexikon und mit dem virtuellen Rundgang durch ein Konstanzer Bestandsgebäude einen Einblick in die im Landkreis Konstanz und in einem konkreten Gebäude verfügbaren Baukomponenten und deren Eignung für eine Wieder- und Weiterverwendung. Durch das überregionale Interesse und die Zugänglichkeit über das Internet konnte wie erhofft eine große Öffentlichkeitswirkung und Sensibilisierung für das Thema der Wiederverwendung von Bauteilen erreicht werden. Eine wesentliche Erkenntnis aus dem Projekt war, dass alle Akteure im Kontext der Ressourcenverwendung – von Privatpersonen und Verwaltungen über Abbruchunternehmen und Schadstoffgutachter bis zu den Handwerkern und Planern – die aktuelle Art und Weise des Umgangs mit Bauressourcen als völlig unbefriedigend einordnen. Alle wünschen sich neue Strukturen, die eine möglichst unmittelbare Wieder- und Weiterverwendung der Materialien unterstützen. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass auch entsprechende politische Maßnahmen bei einer überwiegenden Mehrheit auf positive Resonanz stoßen würden.

■ Mangel an Organisationsstrukturen

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurde ein Netzwerk der am Gebäuderückbau beteiligten Akteure im Landkreis Konstanz aufgebaut. Zudem wurden die notwendigen organisatorischen und logistischen Grundlagen für den selektiven Rückbau und die Demontage von Wunschbauteilen geschaffen (vgl. Kapitel 5.2.1 RE-USE Bauteilrückbau). Mittels Gebäudebegehungen konnten die verfügbaren Bauteile und Bauteilmengen in ihrer jeweiligen Einbausituation gesichtet werden. Ausbau- und Sicherheitsanforderungen wurden festgelegt, um den Rückbau strukturiert angehen zu können. Außerdem wurden die ausgebauten Wunschbauteile

systematisch dokumentiert und inventarisiert. Die Ergebnisse des Forschungsprojektes stellen einen ersten Schritt auf dem Weg zur regionalen Etablierung einer geeigneten Logistik- und Organisationsstruktur für die Wieder- und Weiterverwendung im Hochbau im Landkreis Konstanz dar.

- Mangel an Anreizen für betriebswirtschaftliche Geschäftsmodelle

Die Anforderungen, die für den zukünftigen Umgang mit dem Gebäudebestand und der Planung von Neubauten abgeleitet wurden (vgl. Kapitel 6.7.1) zeigen Strategien auf, wie Hemmnisse durch politische und marktwirtschaftliche Anreize zukünftig überwunden werden könnten. Im Rahmen des Projektes wurden die betriebswirtschaftlichen Hemmnisse der Wiederverwendung von Bauteilen analysiert und Ideen für mögliche Geschäftsmodelle entwickelt. Mit der Etablierung von RE-USE Expertinnen und Experten, Demontage-Teams und dem Aufbau eines lokalen RE-USE-Baustoffhandels könnte sich ein neuer Berufszweig im Bauwesen entwickeln, der ganz auf die Wiederverwendung spezialisiert ist und über das Netzwerk und die Erfahrung verfügt, um die Vermarktung sowie Demontageprozesse zukünftig effizienter und damit wiederum kostengünstiger abzuwickeln.

- Mangel an konkreten Planungshinweisen

Aufgrund der Tatsache, dass die Verfügbarkeit von wiederverwendbaren Bauteilen aus Bestandsbauten derzeit auf dem Markt noch sehr limitiert ist, bietet sich ein dialektischer Entwurfsansatz an, wie er bei der Planung des Hauses der 1000 Geschichten angewandt wurde (vgl. Kapitel 5.2.2 RE-USE – Entwurf Pilotprojekt „Haus der 1000 Geschichten“). Er hilft dabei, in Alternativen zu denken und so darauf zu reagieren, dass sich der Bestand an verfügbaren Rückbaumaterialien oftmals nicht unbedingt mit den eigenen Wünschen deckt. Die Wiederverwendung im Bestandsbau ist derzeit noch mit einigen Hürden verbunden. Umso wichtiger ist es, aktuelle Bauvorhaben dergestalt zu planen, dass Bauteile später einfacher rückbaubar sind, als dies heute der Fall ist. Material- und Gebäudepässe könnten in dieser Hinsicht vielversprechende Instrumente sein, um das Wissen um die verbauten Materialien und deren Fügungen bereits heute für den späteren Rückbau zu dokumentieren. Die im Rahmen dieses Forschungsprojektes vorgeschlagene Nutzung von QR-Codes zur Darstellung und Kommunikation von Bauteilinformationen könnte zukünftig auch für Neubauvorhaben verwendet werden (vgl. Kapitel 5.2.3.1 Die Bauteile und ihre Geschichten). Die Kennzeichnung mit einem QR-Code könnte einerseits auf allen Baumaterialien erfolgen, oder für Bauteile bzw. ein ganzes Gebäude zum Einsatz kommen. Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden Planungswerkzeuge erarbeitet, die eine systematische Wieder- und Weiterverwendung von Bauteilen unterstützen (vgl. Kapitel 6 Ergebnisse). Diese helfen u.a. bei der Identifikation von potenziell geeigneten Bauteilen und -materialien (Baustofflexikon), geben Hinweise auf bereits vorhandene Organisationsstrukturen (vgl. Abbildung 1) und Akteure (Netzwerk der Akteure, RE-USE Map vgl. Abbildung 30) und bieten konkrete Planungshinweise (vgl. Kapitel 6.7 RE-USE Leitfaden). Für die Bauteilinventarisierung während des Rückbaus wurden darüber hinaus Grundlagen erarbeitet, die sich ebenfalls auf andere Projekte anwenden lassen (vgl. Kapitel 5.2.1 RE-USE Bauteilrückbau).

In den zahlreichen Gesprächen mit lokalen Akteuren hat sich insbesondere folgender weiterer Forschungsbedarf herauskristallisiert:

- Verbesserung der frühzeitigen Informationslogistik über anstehende Rückbauvorhaben
- Entwicklung von Anreizsystemen für private und öffentliche Bestandshalter, Rückbauprozesse in eine systematische Wieder- und Weiterverwendung einzubeziehen.
- Entwicklung einfacher und kostengünstiger Analyse- und Dokumentationsprozesse für Rückbauprojekte.
- Entwicklung einfacher und kostengünstiger Prozesse zur umfassenden Schadstoffbewertung im Bestand
- Entwicklung einer fachlichen Ausbildungsstruktur für selektiven und schadensfreien Rückbau mit Fokus auf Wieder- und Weiterverwendung
- Entwicklung einer fachlichen Ausbildungsstruktur für Materialaufbereitung und Produktion von Halbzeugen mit Fokus Wieder- und Weiterverwendung
- Entwicklung einer lokalen Struktur für sekundären Baustoffhandel mit entsprechender Transport- und Lagerlogistik.
- Entwicklung geeigneter Versicherungsangebote mit Klärung der Haftungsfragen (insb. bezüglich zugesicherten Produkteigenschaften und Schadstofffreiheit).
- Entwicklung geeigneter Entwurfsstrategien mit Fokus auf Wieder- und Weiterverwendung.
- Übergeordnet: Entwicklung einer digitalen Prozesskette mit geeigneten Soft- und Hardwaretools von der Bestandsanalyse bis zur Abnahme von wiederverwendeten Bauelementen

8 Verzeichnisse

8.1 Literaturverzeichnis

- [1] **BBS (2017):** Kreislaufwirtschaft Mineralische Bauabfälle - Monitoring 2014. Bericht zum Aufkommen und zum Verbleib mineralischer Bauabfälle im Jahr 2014. Herausgeber: Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden e. V., Berlin.
- [2] **BNB (2013):** Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB), System Büro- und Verwaltungsgebäude Modul Komplettmodernisierung, Steckbrief 5.1.6 Bestandsanalyse; Herausgeber BUMB
- [3] **BBS (2017):** Kreislaufwirtschaft Mineralische Bauabfälle - Monitoring 2014. Bericht zum Aufkommen und zum Verbleib mineralischer Bauabfälle im Jahr 2014. Herausgeber: Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden e. V., Berlin 2017.
- [4] **UBA (2015):** Instrumente zur Wiederverwendung von Bauteilen und hochwertigen Verwertung von Baustoffen. Herausgeber: Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.
- [5] **Statistisches Bundesamt (2015):** Baufertigstellungen von Wohn- und Nichtwohngebäuden (Neubau) nach überwiegend verwendetem Baustoff, Lange Reihen ab 2000, Wiesbaden.
- [6] **Vorschriftensammlung der Staatlichen Gewerbeaufsicht Baden Württemberg (2021):** Gesetz des Landes Baden-Württemberg zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Gewährleistung der umweltverträglichen Abfallbewirtschaftung (Landes-Kreislaufwirtschaftsgesetz –LKreiWiG).
- [7] **C. Ruiz Durán et al. (2019):** Circular Economy Kreisläufe schließen, heißt zukunftsfähig sein. DGNB e.V.
- [8] **Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (2012):** Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz - KrWG).
- [9] **A. Hillebrandt et al. (2018):** Recycling Atlas - Gebäude als Materialressource, Auflage 1, München: Detail Business Information GmbH, S. 20.
- [10] **Baden-Württemberg (2010):** Landesbauordnung für Baden-Württemberg (LBO)
- [11] **Informationen von Petra Reiner,** Amt für Abfallrecht und Gewerbeaufsicht des Landratsamtes Konstanz.
- [12] **Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (2017):** Gefahrstoffverordnung GefStoffV.
- [13] **Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (1998):** Baustellenverordnung BaustellV.
- [14] **Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (2010):** Technische Regeln für Gefahrstoffe TRGS 524.
- [15] **Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft BG Bau (2006):** Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung DGUV (Regel 101-004 Kontaminierte Bereiche).
- [16] **VDI (2013):** VDI-Richtlinie VDI/GVSS 6202.
- [17] **Vorschriftensammlung der Staatlichen Gewerbeaufsicht Baden-Württemberg (Version 01/2001):** Richtlinie für die Bewertung und Sanierung schwach gebundener Asbestprodukte in Gebäuden (Asbest-Richtlinie).
- [18] **Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (1998):** Strafgesetzbuch (StGB). Strafgesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 13. November 1998 (BGBl. I S. 3322), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 12. August 2021 (BGBl. I S. 3544) geändert worden ist.
- [19] **Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (2017):** Verordnung über die Bewirtschaftung von gewerblichen Siedlungsabfällen und von bestimmten Bau- und Abbruchabfällen (Gewerbeabfallverordnung - GewAbfV).
- [20] **VDI/GVSS 6202 Blatt 1 (2013):** Schadstoffbelastete bauliche und technische Anlagen - Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten, Ausgabe 2013-10.
- [21] **energie-fachberater.de (2020):** Achtung bei der Sanierung: Schadstoffe verschiedener Baujahre, 18.03.20, in: energie-fachberater.de, [online] <https://www.energie-fachberater.de/ratgeber/ratgebersanierungsplanung/achtung-bei-der-sanierung-schadstoffe-verschiedener-baujahre.php> [10.05.2021].
- [22] **Ingenieurbüro Oetzel: Preis- und Leistungsverzeichnis Verbraucher, Ausgabe 1.6 (2021),** in: Inge-

- nieurbüro Oetzel, [online] <https://www.umweltanalytik.com/daten/Preisliste-Verbraucher.pdf> u. <http://docplayer.org/20861376-Uebersicht-der-schadstoffanalysen.html> [15.06.2021].
- [23] **SGS (2021):** Leistungsauszug SGS Aargau GmbH 2020/21, in: SGS Aargau GmbH, [online] https://www.institut-fresenius.de/files/download/abf-umwanalytik/SGS_Aargau_Leistungsauszug.pdf [15.06.2021].
- [24] **Landeslabor Berlin-Brandenburg (2019):** Leistungsverzeichnis (Preisliste) 2019, in: Landeslabor Berlin-Brandenburg, 13.12.2018, https://www.landeslabor.berlinbrandenburg.de/media_fast/bb1.a.3937.de/Preisliste2019_v181213i.pdf [15.06.2021].
- [25] **CRB Analyse Service GmbH (2021):** Analyse künstlicher Mineralfasern (KMF): Mineralwolle auf WHO-Fasern prüfen, in: CRB GmbH, 2021, [online] <https://www.crb-gmbh.com/de/analyse/mineralwolle> [15.06.2021].
- [26] **Team RE-USE HTWG Konstanz (2021):** Interview mit dem Schadstoffprüfer Thomas Veigel von der HPC AG, siehe Anlage 9.3. in diesem Forschungsbericht.
- [27] **U. Dechantsreiter (2016):** Bauteile wiederverwenden – Werte entdecken Ein Handbuch für die Praxis, oekom Verlag, ISBN-13: 978-3-86581-786-0.
- [28] **Umweltbundesamt (2015):** Instrumente zur Wiederverwendung von Bauteilen und hochwertigen Verwertung von Baustoffen, Dessau-Roßlau.
- [29] **L. Lukschanderl (2011):** Urban Mining: Die Stadt als Bergwerk der Zukunft, Holzhausen Verlag, ISBN: 978-3854931928.
- [30] **D. Hebel et al. (2014):** Building from Waste Recovered Materials in Architecture and Construction, BIRK-HÄUSER.
- [31] **RIBA Publishing (2017):** The Re-Use Atlas: A Designer's Guide Towards the Circular Economy, Duncan Baker-Brown, ISBN 9781859466445.
- [32] **Tilia GmbH, Smart Geomatics Informationssysteme, Energieagentur Ravensburg gGmbH, Stadt Konstanz (2018):** Energienutzungsplan Konstanz.
- [33] **Deutsche Energie-Agentur GmbH dena (2015):** Leitfaden Energieausweis Teil 1 – Energiebedarfsausweis: Datenaufnahme Wohngebäude.
- [34] **Schrof GmbH (2021):** Auskunft über Abrissgebäude und beim Abriss angefallene Materialmengen aus den Jahren 2016-2020, Allensbach.
- [35] **A. Rose et al. (2020):** Recycling von Flachglas im Bauwesen - Analyse des Ist-Zustandes und Ableitung von Handlungsempfehlungen. Abschlussbericht Forschungsinitiative Zukunft Bau, Band F 3202, Fraunhofer IRB Verlag.
- [36] **Statistisches Bundesamt (2019):** Abfallwirtschaft Kurzübersicht Abfallbilanz - Zeitreihe, [online] <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/Abfallwirtschaft/Tabellen/liste-abfallbilanz-kurzuebersicht.html>, [22.03.2021].
- [37] **UBA (2017):** Die Nutzung natürlicher Ressourcen - Bericht für Deutschland 2016. Herausgeber: Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.
- [38] **Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit BMUB (2016):** Deutsches Ressourceneffizienzprogramm II, Programm zur nachhaltigen Nutzung und zum Schutz der natürlichen Ressourcen [online]. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit BMUB [abgerufen am: 11. März 2019], verfügbar unter: www.bmu.de/publikation/deutsches-ressourceneffizienzprogramm-ii-programm-zur-nachhaltigen-nutzung-und-zum-schutz-der-natue/
- [39] **Umwelt Bundesamt (2020):** Abfallaufkommen, in: Umwelt Bundesamt, 18.08.2020, [online] <https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/abfallaufkommen#deutschlands-abfall> [21.01.2021].
- [40] **T. Josefsson (2019):** Form Follows Availability: The Reuse Revolution [online]. Master Thesis, Chalmers University of Technology, S. 42 f. [abgerufen am: 18. März 2019] verfügbar unter: https://issuu.com/tjosefsson/docs/2019.06.17_booklet_taleen_astrid_jo

8.2 Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 1

Stationen und Akteure des Gebäuderückbaus im Landkreis Konstanz. Viola John 2019.

Abbildung 2

SALZA: Konzept des Bauteilerwerbs über die Plattform. Team RE-USE HTWG
Konstanz: Stefanie Heller, Jasmin Huber, Adrian Munz und Lennart Melzer 2021.

Abbildung 3

Madaster Konzept: Materialdaten des Neubaus sammeln und für Bauherrn und Architekten verfügbar machen. Team RE-USE HTWG Konstanz: Stefanie Heller, Jasmin Huber, Adrian Munz und Lennart Melzer 2021.

Abbildung 4

Concular Teilkonzept 1: Bauteildaten von Abbruchvorhaben sammeln und für Architekten nutzbar machen. Team RE-USE HTWG Konstanz: Stefanie Heller, Jasmin Huber, Adrian Munz und Lennart Melzer 2021.

Abbildung 5

Concular Teilkonzept 2: Plattform als vermittelndes Bindeglied zwischen Abbruch und Neubau. Team RE-USE HTWG Konstanz: Stefanie Heller, Jasmin Huber, Adrian Munz und Lennart Melzer 2021.

Abbildung 6

Ablauf beim selektiven Rückbau von Wunschbauteilen: Interaktion zwischen dem studentischen RE-USE-Team und lokalen Akteuren. Viola John 2019.

Abbildung 7

Studierende der HTWG Konstanz beim Bauteilrückbau. Fotos von Christian Witt 2019.

Abbildung 8

Zwischenlagerflächen bei den Entsorgungsbetrieben Konstanz EBK. Team RE-USE HTWG Konstanz 2019.

Abbildung 9

Bauteilinventarisierung in Form eines tabellarischen Baumaterialkatalogs. Team RE-USE HTWG Konstanz 2020.

Abbildung 10

Bauteilkatalog für das Beispiel Bodenaufbau: Bauteilbedarf und -verfügbarkeit. Team RE-USE HTWG Konstanz 2020.

Abbildung 11

Steckbrief eines Wunschbauteils. Team RE-USE HTWG Konstanz 2020.

Abbildung 12

Dokumentation der Fotos von Wunschbauteilen. Team RE-USE HTWG Konstanz 2020.

Abbildung 13

Überblickliste der eingelagerten Bauteile. Team RE-USE HTWG Konstanz 2020.

Abbildung 14

Mögliche Standorte des Pilotprojektes „Haus der 1000 Geschichten“ auf dem Campus der HTWG Konstanz: oben die Campusmitte, unten das Seerheinufer. Foto von Christopher Klages.

Abbildung 15

Entwurfskonzept „Haus der 1000 Geschichten“: Genutzt werden sollen Rückbau-Bauteile (Wunschbauteile) aus dem Landkreis Konstanz. Team RE-USE HTWG Konstanz 2019.

Abbildung 16

Konzeptskizze Entwurf „Haus der 1000 Geschichten“ am Standort Seerhein, mit Ausstellungsraum, Nischenwand und überdachtem Werkhof. Die Seitenwände sind geschlossen. Die offene Fas-

sade zum Seerhein hin soll aus alten Glastürelemente ausgebildet werden, wodurch Besucher in den Innenraum des Gebäudes gelenkt werden. Der Blick fällt von dort direkt auf das Herzstück des Innenraums: die Nischenwand. Team RE-USE HTWG Konstanz 2019.

Abbildung 17

Ausstellung des Entwurfs und einzelner Wunschbauteile im Rahmen der Semester-Werkschau an der HTWG Konstanz. Team RE-USE HTWG Konstanz 2020.

Abbildung 18

RE-USE Entwurfs- und Planungsteam (Wintersemester 2019/20).
Foto vom Team RE-USE HTWG Konstanz 2020.

Abbildung 19

Baugesuchsplan für den Standort am Seerhein: Lageplan und Ansicht Seerheinfassade des „Hauses der 1000 Geschichten“. Das Gebäude ist mit einem konstruktiven Rahmen ausgebildet, der sich sowohl nach Norden zur Seerheinfassade, als auch nach Süden zum Werkhof hin öffnet. So entsteht eine einladende und durchlässige Geste, zwischen Rhein und Werkhof. Das Baugesuch wurde am 23.03.2020 bei der Stadt Konstanz eingereicht. Team RE-USE HTWG Konstanz 2020.

Abbildung 20

Konzept für die 1000 Geschichten, erzählt über Schautafeln, QR-Codes und 3-D Virtual Reality Brille. Team RE-USE HTWG Konstanz 2020.

Abbildung 21

Ablauf zum Abruf der Bauteilgeschichten über QR-Codes. Team RE-USE HTWG Konstanz 2020.

Abbildung 22

Haus der 1000 Geschichten, Detailplan Bodenaufbau. Team RE-USE HTWG Konstanz 2020.

Abbildung 23

Aufbau der einzelnen Segmente der Außenwände. Team RE-USE HTWG Konstanz 2020.

Abbildung 24

Dach: Längsschnitt durch den Hohlkastenträger. Team RE-USE HTWG Konstanz 2020.

Abbildung 25

Nischenwand: Grundriss. Team RE-USE HTWG Konstanz 2020.

Abbildung 26

Seerheinfassade: Explosionsisometrie. Team RE-USE HTWG Konstanz 2020.

Abbildung 27

Visualisierung des Hauses der 1000 Geschichten mittels 3-D-Modell. 3-D-Visualisierung und Animation Team RE-USE HTWG Konstanz: David Belling, Kevin Brenner und Maximilian Koberski 2020.

Abbildung 28

Visualisierung des Stadtmöbels der 100 Geschichten. Team RE-USE HTWG Konstanz: Abdul Halabli, Stefanie Heller, Adrian Munz, Manuela Stuwe 2021.

Abbildung 29

Grenzstein Auszeichnung für das Forschungsprojekt RE-USE im Februar 2020. Foto von Viola John 2020.

Abbildung 30

RE-USE-MAP der Akteure im Landkreis Konstanz. Viola John 2019.

Abbildung 31

RE-USE-MAP des Gebäudebestands der Stadt Konstanz. Viola John 2021, eigene Auswertung und Darstellung auf Basis der Datengrundlage (Excel-Datei) des Energienutzungsplans der Stadt Konstanz von 2018 [32].

Abbildung 32

RE-USE-MAP der häufig verwendeten Konstruktionsmaterialien, geschätzt anhand der Baualtersklassen. Viola John 2021, eigene Auswertung und Darstellung auf Basis der Datengrundlage (Excel-Datei) des Energienutzungsplans der Stadt Konstanz von 2018 [32]; Die Klassifizierung der Konstruktionsweisen orientiert sich am „Leitfaden Energieausweis Teil 1 – Energiebedarfsausweis: Datenaufnahme Wohngebäude“ der Deutschen Energie-Agentur DENA 2015 [33].

Abbildung 33

RE-USE-MAP der Abbruchhäuser, aus denen Rückbaukomponenten für das RE-USE Pilotprojekt gewonnen wurden und der Transportdistanzen zu den drei Zwischenlagern. Viola John 2021, mit Fotos von Christian Witt.

Abbildung 34

Hierarchieebenen des RE-USE Baustoff-Lexikons. Team RE-USE HTWG Konstanz: Rebecca Bader, Judith Blatter, Annali Geiger und Michelle Kaszas, basierend auf den Masterarbeiten von Daniel Brotz und Jessica Wider 2019.

Abbildung 35

Übersicht der Rohbau-Komponenten des RE-USE Baustoff-Lexikons. Daniel Brotz und Jessica Wider 2019.

Abbildung 36

RE-USE-Website. Team RE-USE HTWG Konstanz 2019.

Abbildung 37

RE-USE Konferenz an der HTWG Konstanz mit Gastrednerin Ute Dechantsreiter. Foto von HTWG Konstanz Fachgebiet Energieeffizientes Bauen 2019.

Abbildung 38

Virtueller Rundgang durch ein Bestandsgebäude, Darstellung einer Einzelansicht. Team RE-USE HTWG Konstanz: Timon Baumgärtner, Philipp Jenckel, Mona Pfeifer, Antonia Sartor 2021.

Abbildung 39

Virtueller Rundgang durch ein Bestandsgebäude, Darstellung einer Einzelansicht. Team RE-USE HTWG Konstanz: Timon Baumgärtner, Philipp Jenckel, Mona Pfeifer, Antonia Sartor 2021.

Abbildung 40

Virtueller Rundgang durch ein Bestandsgebäude, Verknüpfungen der Einzelansichten untereinander. Team RE-USE HTWG Konstanz: Timon Baumgärtner, Philipp Jenckel, Mona Pfeifer, Antonia Sartor 2021.

Abbildung 41

Virtueller Rundgang durch ein Bestandsgebäude, Varianten mit 3-D-PDF (oben) und Unity (unten). Team RE-USE HTWG Konstanz: Antje Leisner, Salome Weißer, Selina Reinhardt, Verena Faustein, Verena Leser 2021.

Tabelle 1

Übersicht Schadstoffe im Gebäudebestand nach Baujahr, mit Kosten für Schadstoffanalysen und Laboruntersuchungen. Team RE-USE HTWG Konstanz: Adona Abdi, Jan Schiller, Fabian Seifert, Svenja Twardon 2021, basierend auf Informationen folgender Quellen: energie-fachberater.de [21], Ingenieurbüro Oetzel [22], SGS [23], Landeslabor Berlin-Brandenburg [24] und [25] CRB Analyse Service GmbH.

Tabelle 2

Übersicht Plattformen und Bauteilbörsen. Team RE-USE HTWG Konstanz: Jonas Burger, Frauke-Johanna Eix, Fabio Ferreira, Lena-Katharina Küpper 2021.

Tabelle 3a und 3b Steckbriefe zu einzelnen Plattformen und Bauteilbörsen (Auswahl). Team RE-USE HTWG Konstanz: Jonas Burger, Frauke-Johanna Eix, Fabio Ferreira, Lena-Katharina Küpper 2021.

9 Anlagen

9.1 Interview mit Petra Reiner vom Landratsamt Konstanz

"Für einen vorsichtigen Rückbau benötigt man viel mehr Zeit – und Zeit ist Geld"

Petra Reiner ist beim Landratsamt Konstanz, Amt für Abfallrecht und Gewerbeaufsicht beschäftigt. Zu ihren Haupttätigkeiten neben dem klassischen Abfallrecht gehört die Überwachung von Abbruchmaßnahmen.

Frau Reiner, wann müssen Abbrüche gemeldet werden?

P. Reiner: Die meisten Abbrüche sind verfahrensfrei und ein Kennnisgabeverfahren reicht aus, um den Abbruch durchführen zu können.

Wie viele Gebäude werden im Schnitt pro Jahr im Landkreis Konstanz abgerissen?

P. Reiner: Wir vom Amt für Abfallrecht und Gewerbeaufsicht wissen von ungefähr 200 bis 250 Abbrüchen im Jahr, die uns bekannt sind. Manche Gebäudeabrisse werden aber auch gar nicht gemeldet, so dass wir davon nichts erfahren. Ich gehe davon aus, dass mindestens 50 weitere Abbrüche nicht gemeldet werden.

Handelt es sich bei diesen nicht gemeldeten Abbrüchen dann auch um solche, die hinsichtlich Schadstoffen problematisch sind?

P. Reiner: Wenn man in alte Bausubstanz eingreift, zum Beispiel auch bei einer Sanierung, hat man prinzipiell immer eine Gefährdung mit Gefahrstoffen. Die nicht gemeldeten Abbrüche, sind in dieser Hinsicht tatsächlich häufig die schlimmen. Solche Fälle werden manchmal aber doch noch zufällig aufgedeckt, wenn sich beispielsweise ein Nachbar gestört fühlt und den Abbruch dann bei uns meldet. Bei einer nicht sachgerechten Entsorgung sind hohe Strafen die Folge.

Wer trägt die Verantwortung bei einem Abbruch?

P. Reiner: Der Bauherr. Er ist Auftraggeber und Erzeuger der Abfälle. Das Abbruchunternehmen ist als ausführendes Unternehmen für einen vorschriftsmäßigen Abbruch und die sachgerechte Entsorgung aber genauso mitverantwortlich. Im Normalfall übergibt der Bauherr diese Aufträge an den Abbrecher und kümmert sich selbst nur selten um die Entsorgung. Um den Schutz der Arbeiter auf der Baustelle gewährleisten zu können, brauchen die Unternehmen ein Schadstoffgutachten. Dieses wird leider in manchen Fällen nicht vollständig oder gar nicht gelesen, das bedeutet ein großes Risiko für die Arbeiter. Ein nicht ordnungsgemäßer Abbruch bzw. die nicht ordnungsgemäße

Entsorgung von Abfallprodukten wird mit einer Geldstrafe geahndet und kann in schwerwiegenden Fällen mit einer Gefängnisstrafe bestraft werden.

Werden die Abbruchunternehmen von vornherein mit in den Prozess eingebunden, oder erst nach der Genehmigung und Ausschreibung der Abbruchleistungen?

P. Reiner: Das ist ganz unterschiedlich. Viele, gerade die größeren Bauträger, machen alles selbständig für sich, beispielsweise Schadstoffgutachten in Auftrag geben. Erst wenn alle Unterlagen komplett sind, werden Angebote eingeholt und der Auftrag an einen Abbruchunternehmer vergeben. Es gibt aber auch andere, die alles in die Hand des Abbruchunternehmers geben. Dieser muss sich dann um sämtliche Gutachten und Genehmigungen kümmern.

Was ist Ihre Aufgabe, während eines laufenden Abbruchs?

P. Reiner: Wir überprüfen die Baustelle, kontrollieren auch vor Ort, wie gearbeitet wird, beispielsweise auf ordnungsgemäßen Schutz, Baustelleneinrichtung und die Selektion der Baustoffe. Ebenfalls sind wir gesetzlich dazu verpflichtet, Belegprüfungen durchzuführen. Das bedeutet, dass wir nach dem Abbruch alle Belege über die Entsorgung der Baustoffe verlangen und die Massen mit dem Gutachten abgleichen. Dabei achten wir besonders auf die Baustoffe, die als entsorgt verbucht werden. Wir können, durch unsere Erfahrung, ungefähr abschätzen, wieviel Holz beispielsweise in einem Dachgebälk verbaut ist und dann überprüfen, ob die Angaben in den Belegen stimmen können.

Wissen Abbruchunternehmer im Voraus, welche Materialien und Schadstoffe sich in dem Gebäude befinden und worauf sie sich einlassen?

P. Reiner: Für jedes Gebäude, das in Konstanz abgebrochen und gemeldet wird, muss ein Schadstoffgutachten erstellt werden. Das ist meiner Meinung nach sehr wichtig, weil es keine schadstofffreien Abbrüche gibt. In jedem Gebäude, das bis 1993 gebaut wurde, sind Schadstoffe verbaut.

Die Hauptmasse aller Abfälle entsteht im Abbruch. Es ist also sehr wichtig, diesen Bereich ausreichend zu regulieren. Die Abbruchunternehmen brauchen vorab das Schadstoffgutachten. Wenn sie es lesen, dann sollten sie eigentlich wissen, welche Schadstoffe und Materialien verbaut sind. Wenn sie nicht wissen, was für Materialien im Gebäude verbaut sind, dann können sie gar nicht richtig abrechnen, denn die Materialien müssen in verschiedene Chargen selektiert werden. Ohne Schadstoffgutachten kein Abbruch.

Welche Materialien gelten als bzw. enthalten Schadstoffe? Wie ist der Ablauf eines Abbruchs?

P. Reiner: Asbest gilt natürlich als Schadstoff. Davon gibt es mehr als 3000 Sorten. Man erkennt nicht mit bloßem Auge, dass ein Produkt Schadstoffe enthält, deshalb sind die Gutachten sehr wichtig. In Fliesenkleber ist beispielsweise oft Asbestfaser enthalten. Um das herauszufinden, muss der Kleber von einem Gutachter untersucht werden. Außerdem sind Dämmstoffe aus künstlicher Mineralfaser, sowie teerhaltige oder PCB belastete Produkte als Schadstoffe eingestuft. Ein Schadstoff, an den man nicht sofort denkt, aber der dennoch als solcher gewertet wird ist Taubenkot. Auch Holzschutzmittel und Schimmel gelten als Schadstoffe.

Darf jeder Abbruchunternehmer mit Schadstoffen belastete Bauteile rückbauen oder gibt es bestimmte Voraussetzungen?

P. Reiner: Für bestimmte Gefahrstoffe muss beim ausführenden Unternehmen eine entsprechende Sachkunde vorhanden sein. Bei Asbest zum Beispiel gibt es zwei Arten: einerseits den festgebundenen Asbest, wie z.B. in Eternitplatten, Fassadenplatten oder Abwasserrohren. Bei diesem reicht der kleine Sachkundeschein. Und dann gibt es aber andererseits auch schwachgebundene Asbestteile, wie z.B. Spritzasbest oder Fliesenkleber. Diese kann man nicht zerstörungsfrei rückbauen. Hierfür benötigt man eine Zulassung, man muss spezielle Sachkunde haben und die entsprechenden Gerätschaften. Es gibt sehr wenige Sanierungsbetriebe, die mit schwachgebundenem Asbest umgehen dürfen. Im Raum Konstanz dürfen das nur PSB Umweltservice GmbH & Co. KG aus Stockach und TIS aus Aach.

Für KMF, also künstliche Mineralfaser, braucht man keine spezielle Ausbildung. Man muss nur die typischen Regeln einhalten. Und dann gibt es noch teerhaltige Produkte oder PCP, das sind kontaminierte Bereiche, hierfür gibt es auch spezielle Sachkunde, die man sich erst erwerben muss.

Was passiert mit Asbest, wenn es von der Baustelle abtransportiert wird?

P. Reiner: Das Material muss während des Transports verpackt werden. Dann wird es auf eine Asbestdeponie gebracht und dort gelagert. Asbest ist ein nicht abbaubares Material, deshalb wird es für immer auf diesen Deponien bleiben und die Erde dort kann nie wieder benutzt oder bebaut werden. Private Asbestdeponien gibt es beispielsweise in Memmingen und Sigmaringen. Die Entsorgung des Schadstoffs ist grundsätzlich recht billig. Manche Asbestprodukte, wie beispielsweise Magnesiaestrich, müssen aufgrund der organischen Anteile im Material in größeren Deponien entsorgt werden und sind deutlich kostspieliger. Die Entsorgung dieses Materials kostet ungefähr 600 €/t.

P. Reiner: Abbrüche müssen selektiv stattfinden. Das heißt, dass alle Baustoffe getrennt werden müssen. Dazu hält man sich an folgenden Ablauf: Zunächst wird entrümpelt, dabei werden alle verbliebenen Möbel etc. aus dem Gebäude entfernt. Anschließend werden die Schadstoffe entfernt. Dann folgen die Störstoffe, wie zum Beispiel Dämmstoffe, Füllschaum, Gipsbauplatten oder behandelte Hölzer. Danach wird die Gebäudesubstanz rückgebaut.

Wohin wird das Abbruchmaterial gebracht, nachdem es die Baustelle verlässt?

P. Reiner: Problematisch im Raum Konstanz ist, dass es keine Deponie gibt. Wir verlangen auch außerhalb unseres Landkreises regelmäßig Nachweise über vorgenommene Entsorgungen, egal wo die betreffende Anlage ist. Die meisten Deponien nehmen keine Abfälle aus anderen Landkreisen an, so dass lokale Entsorgungsunternehmen immer gezwungen sind, nach einer passenden Deponie zu suchen. Generell ist Deponieraum ein sehr kostbares Gut und leider kaum noch vorhanden. Deshalb werden Abfälle aus dem Landkreis Konstanz in ganz Deutschland entsorgt, je nach vorhandenen Kontingenten und Verfügbarkeit. Dies hat zur Folge, dass Abfälle auch ins Ausland gebracht werden. Immer häufiger ist beispielsweise Rotterdam eine Anlaufstelle. Die nächstgelegene Altholzverbrennungsanlage befindet sich in Herbatingen. Viele Abfälle werden zur Verbrennung in die Schweiz gefahren, da der Weg nach Weinfelden deutlich kürzer ist, als beispielsweise der nach Buchen, Stuttgart oder Mannheim. Eine Sondermüllverbrennungsanlage gibt es in Baden-Württemberg nicht. Solche kritischen Abfälle müssen nach Darmstadt oder Hamburg gebracht werden.

Von wieviel Material kann man im Durchschnitt pro Gebäude ausgehen?

P. Reiner: Pro Gebäude sind ungefähr 400 t Mineral verbaut, 8-10 t Holz und 5-6 t sonstige Materialien.

Welche Bauteile bzw. Baustoffe sind Ihrer Ansicht nach besonders gut für das Recycling und die Wiederverwendung geeignet?

P. Reiner: Mineralische Baustoffe, die gut rezykliert werden können, sind Beton, Fliesen, Ziegel und Kalkstein. Aufgeschäumter Beton hingegen ist nicht gut wiederverwendbar, da er so an Tragfähigkeit verliert. Bims und Rigips sind sulfathaltig und können nicht gut rezykliert werden. Altstoffe müssen zu 100% schadstofffrei sein, um wiederverwendet werden zu können. Das ist nie mit bloßem Auge erkennbar. Unbehandeltes Altholz, das über Jahre neben einem, mit schadstoffbelastetem Holzschutzmittel behandelten Holz angebracht war, ist mit hoher Wahrscheinlichkeit mittlerweile ebenfalls schadstoffbelastet. Generell sind ca. 40-50% des Altholzes wiederverwertbar. Türen im Innenbereich sind mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht belastet und könnten sofort in einem anderen Gebäude eingebaut werden.

Welche Anreize können geschaffen werden, um die Verwendung von Rückbau-Bauteilen attraktiver zu machen? Gibt es bereits Ideen für Anreizsysteme bzw. Förderungen?

P. Reiner: Bei Bauherren kann das nur über finanzielle Anreize geschaffen werden. Denn der Umweltgedanke rückt in den Hintergrund, sobald es an den Geldbeutel geht. Vielleicht sind die steigenden Preise von Holz ein finanzieller Anreiz, um altes Holz wieder zu verwenden. Grundsätzlich finde ich Wiederverwendung ganz toll, da es ein wertvoller Beitrag zur Ressourcenschonung ist. Und es gibt durchaus Bauteile in alten Häusern, die man ohne Gefährdung wieder gut verwenden kann. Aber man benötigt eine fachkundige Beratung und ein Schadstoffgutachten. Habe ich ein Altholz, das hohe PCB-Werte hat? Das muss geprüft werden, da man die Schadstoffe nicht mit dem bloßen Auge sehen kann. Ich schätze, dass ca. 40% der Althölzer belastet sind, während der Rest in Ordnung ist und wiederverwendet werden kann. Beim Beton wird's schwierig, denn der muss erst aufbereitet werden, bevor er wiederverwendet wird. Alte Fenster, alte Türen, vor allem Türen im Innenbereich eignen sich dagegen gut.

Aber wie sieht es aus, wenn man ganze Bauteile trennt? Zum Beispiel ein ganzes Wandelement ausbaut, abtransportiert und in einem neuen Gebäude wieder einbaut?

P. Reiner: Das ist natürlich ein aufwendigerer Abbruch. Zeitlich gesehen macht es nämlich einen Unterschied, ob ich einen Holzbalken vorsichtig ausbaue, weil ich ihn wiederverwenden möchte oder ob ich ihn mit einem Abbruchbagger ausbaue und ihn somit zerstöre. Für einen vorsichtigen Rückbau benötigt man viel mehr Zeit und Zeit ist Geld. Im Umkehrschluss bedeutet das, wenn ich Bauteile zerstörungsfrei ausbauen möchte, dann muss ich dem Abbruchunternehmer auch mehr Geld bezahlen. Aber wem bringen sie das jetzt bei?

Wie können Recycling und Wiederverwendung in Zukunft attraktiver gestaltet werden?

P. Reiner: Recycling ist ein sehr wichtiges Thema, das mit vielen Problemen zu kämpfen hat. Außerdem, und das ist meiner Meinung nach der größte Knackpunkt, gibt es ein finanzielles Problem. Für die Abbruchunternehmen ist es viel aufwendiger, beispielsweise einen Holzbalken vorsichtig und vollständig aus der Bausubstanz rückzubauen, um ihn später wiederverwenden zu können. Bricht man den Balken einfach heraus, spart das sehr viel Zeit- und Arbeitskraft. Entscheidet sich also ein Unternehmer, Gebäude so abzubauen, dass das Material zu einem großen Teil wiederverwertet werden kann, muss er mehr Geld und Zeit verlangen, als andere Unternehmer. Deshalb steht der Wettbewerb zwischen den Abbruchunternehmen entgegen dem Ziel, möglichst viele Produkte wiederzuverwenden. Gleichzeitig sorgt er dafür, dass Abbrüche teils ohne Kenntnissgabe und Gutachten durchgeführt werden. Zusätzlich zu diesem Problem des Wettbewerbs ist die Preisspanne zwi-

schen einem neuen und einem rezyklierten Produkt im Moment noch zu groß. Das liegt an der teuren und teils aufwendigen Aufbereitung. Recyclingfähiger Bauschutt kostet beispielsweise in der Aufbereitung 10 €/t. Diese niedrigen Kosten sind allerdings nur dann möglich, wenn im Abbruch konsequent getrennt wurde. Ist dies nicht der Fall, und es besteht ein Gemisch von verwertbarem und nicht verwertbarem Bauschutt, kostet dieser in der Entsorgung auf einer Deponie 150 - 200 €/t, je nach Entfernung der Deponie auch mal 300 €/t. Außerdem ist die Lagerung von Produkten eine Kernaufgabe für die Zukunft. Es gibt kaum Lagerflächen für wiederverwendbare Produkte und der Markt ist noch viel zu unbekannt und klein. Es müssen also finanzielle Anreize und Orte geschaffen werden, damit Recycling und Wiederverwendung attraktiver werden. Die Firmen müssen es sich leisten können, aufwendig zu trennen und anschließend zu rezyklieren, es muss Platz für die Baustoffe geben und der Konsument muss ein rezykliertes Produkt finanziell einem neuen Baustoff vorziehen können.

Also dann ist eigentlich das fehlende Puzzleteil für einen RE-USE Rückbau der finanzielle Aspekt, oder? Gesetzlich und technisch ist eine Wiederverwendung ja möglich.

P. Reiner: Ja auf jeden Fall. Sie werden mit alten Bauteilen nicht so viel Geld verdienen können, um ein Abbruchunternehmen für die Mehrarbeit zu entlohnen.

Das Interview führten Adona Abdi, Annabel Arens, Marc Dietrich, Stefanie Heller, Jasmin Huber, Lennart Melzer, Adrian Munz, Lukas Pfeilsticker, Hannah Reimann, Niklas Rentschler, Jan Schiller, Fabian Seifert, Lukas Springer, Svenja Twardon und Fabian Walter aus dem studentischen RE-USE-Team im Sommersemester 2021.

9.2 Interview mit dem Abbruchunternehmer Meinrad Joos von der Joos GmbH

"Leider fehlt bei vielen Objekten der Markt um diese weiterzuverkaufen."

Meinrad Joos ist Geschäftsführer und Inhaber der Joos GmbH in Radolfzell, einem der größten Abbruchunternehmen im Landkreis Konstanz.

Herr Joos, wie viele Abbrüche führen sie mit ihrem Unternehmen pro Jahr im Landkreis Konstanz in etwa durch?

M. Joos: Schätzungsweise führen wir pro Jahr zwischen 40 und 60 Abbrüche durch.

Welche Gebäudetypen reißen Sie vor allem ab? Handelt es sich hier anteilig eher um kleinere oder größere Objekte?

M. Joos: Etwa 20% sind größere Objekte und 80% Prozent sind eher kleinere Objekte vor allem Garagenanlagen und Einfamilienhäuser.

Wie viel Zeit haben Sie durchschnittlich für einen Abbruch?

M. Joos: Wenn man die Bauleitung mit einrechnet, mit Abbruch- und Entsorgungskonzept, brauchen wir bei der Entkernung eines Einfamilienhauses ca. zweieinhalb Tage Zeit.

Wie viel Glas fällt in etwa pro Abbruch an?

M. Joos: In etwa zwischen 500 und 700 kg.

Wie viel mineralischer Bauschutt fällt bei ihnen in etwa an?

M. Joos: Bei einem Einfamilienhaus in etwa 600-800 t. Insgesamt fallen bei uns jährlich ca. 60.000-70.000 Tonnen an. In älteren Häusern wurden oft Bimssteine verbaut, diese haben einen zu hohen Sulfatwert um recycelt zu werden. Das macht sie zu Bauschutt der Klasse Z 1.2 und sie werden dann oft in technischen Baumaßnahmen verwendet. Auf Deponien werden damit zum Beispiel Wege gebaut.

Wie viel Holz wird nachbehandelt und recycelt? Oder landet hiervon das meiste auf Deponien?

M. Joos: Alles Holz aus einem Abbruch ist Konstruktionsholz. Wenn man keine separate Schadstoffanalyse vorliegen hat, wird alles als Holz der Kategorie IV eingestuft und geht in die Verbrennung. Bei einem kleineren Objekt würde sich eine Beprobung allerdings auch nicht lohnen. Bei einem größeren Objekt beprobt man das Holz. Wir haben mal ein größeres Objekt mit 1000-1100 Tonnen Holz abgerissen. Dort hat man das Holz mit 40 Proben analysiert. Wenn dann kein Schadstoff ge-

funden wird geht das Holz nicht aus dem Abfallkreislauf raus, sondern wird in die Kategorie II eingestuft, dann wird es oft zu Hackschnitzeln weiterverarbeitet oder trotzdem verbrannt. Recycelt werden dann hier vielleicht noch bis zu 30%.

Wie viel Styropor fällt bei ihnen in etwa an und wie wird dieses recycelt?

M. Joos: Was oft anfällt ist Styropor mit Holzwole-Leichtbauplatten. Es wird als Baumischabfall im Restmüll entsorgt und aufgrund des Holzanteils dann oft in die Verbrennung gegeben. Verunreinigtes Styropor/Styrodur, beispielsweise mit Putz, muss verpackt angeliefert werden. Wenn man reines Styropor/Styrodur hat, kann man es unverpackt an den Entsorger geben. Recycelt werden hier sicher nur kleinere Anteile.

Lagern Sie bei sich auch Material ein oder geben sie es direkt an Verteiler bzw. Deponien weiter?

M. Joos: Wir fahren viel Material zu unserem Entsorger, der Firma Riester GmbH in Radolfzell. Bauschutt der Klasse Z 1.2. wird aber oft sogar bis an die Luxemburgische Grenze gefahren. Es gibt bei uns in der Nähe leider zu wenige Aufbereitungsanlagen und die wenigen sind überlastet. Hier hinkt unser System hinterher.

Wäre es aus Ihrer Sicht gut möglich Z 1.2. Material aufzubereiten?

M. Joos: Wir waren eine der ersten Firmen die Bauschutt zerkleinert hat und haben hier auch schon Beprobungen durchgeführt. Wir zerkleinern mit einer relativ kleinen Anlage direkt vor Ort. Z 1.2. Material im Landkreis zu verbauen bietet auf jeden Fall mit ca. 17 €/t einen Kostenvorteil bei der Entsorgung im Vergleich zur Deponierung irgendwo in Duisburg für 58 €/t. Tatsächlich wurde beim Tunnelprojekt Konstanz Recyclingmaterial eingebaut. Leider wird die Ersatzbaustoffverordnung noch zu selten bei öffentlichen Projekten angewendet.

Wo sehen sie Wiederverwendungspotenzial bei Bauteilen bzw. Baukomponenten?

M. Joos: Beispielsweise bei neuen Haustüren. Was auch gut zu verwerten ist und auch immer Abnehmer hat sind Fertiggaragen. Diese können leicht abgebaut und weiterverkauft werden. Hier hat man dann natürlich auch eine relativ große Ersparnis von ca. 70%. Was auch gut funktioniert sind größere Heizöltanks. Diese werden oft als Löschwassertanks oder Regenwassertanks weiterverwendet. Neue Balkonanlagen oder Geländer bauen wir auch des Öfteren aus und lagern sie bei uns. Meistens findet

man hierfür dann auch eine Verwendung. Stahlbauteile ab 200 mm werden bei uns oft im Erdbau als Verbundwände eingesetzt. Oft auch mehrfach circa 20-30 mal. 30 Tonnen fallen hier in etwa an. Bei neueren Dachstühlen beproben wir mittlerweile das Holz und bauen dann das Holz II in die Verbundwände ein.

Leider fehlt bei vielen Objekten der Markt um diese weiterzuverkaufen. Wichtig ist hier auch die fehlende Lagerfläche.

Das Interview führten Hannah Reimann, Marc Dietrich, Annabel Arens aus dem studentischen RE-USE-Team im Sommersemester 2021.

9.3 Interview mit dem Schadstoffprüfer Thomas Veigel von der HPC AG

"Meines Erachtens sind die fehlenden Puzzleteile der gute Wille, die Einbindung der Abbruchunternehmen und das fehlende Wissen bei den Bauherren."

Thomas Veigel ist Diplom-Geologe und besitzt in dieser Branche 25 Jahre Erfahrung. Er ist bei der Firma HPC AG in Radolfzell als Schadstoffprüfer überwiegend für Rückbauprojekte, Bausubstanzenuntersuchungen, Altlastenuntersuchungen und Untersuchungen des Bodens auf Schadstoffe zuständig.

Herr Veigel, bei welchen Gebäudetypen treten nach Ihrer Erfahrung die meisten Schadstoffe auf?

T. Veigel: Das kann man so nicht pauschalieren. Eine Grenze gibt es etwa beim Zeitraum 2001, dort sind die meisten Gefahrstoffgesetze in Kraft getreten. Alle Gebäude, die älter als 2001 sind, enthalten in der Regel entsprechende Gefahrstoffe. Die typischen Gefahrstoffe sind Asbest und PAK (polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe). Diese sind beim Ausbau sehr problematisch. Sie können bei 200 Jahre alten Bauernhäusern auftreten, wenn sie bei einem Umbau verbaut wurden, sie können aber auch bei einem Hochhaus aus den 1970er Jahren auftreten. Eine Spezifizierung gibt es nicht. Grundsätzlich muss man in jedem Gebäudetyp und in jeder Gebäudeform damit rechnen.

Um den Begriff Gefahrstoff zu definieren: Das sind Stoffe, die ab einer bestimmten Konzentration zu einer Beeinträchtigung der menschlichen Gesundheit oder der Umwelt führen.

Alle Nicht-Gefahrstoffe sind allerdings nicht unbedingt auch frei von Schadstoffen. Dort gibt es verschiedene Abstufungen. So können beispielsweise Ziegel oder Beton chrom-, schwermetallo- oder sulfathaltig sein. Dies sind keine Schadstoffe im eigentlichen Sinne, die aber beim Rückbau separiert, ordnungsgemäß entsorgt und auf die Deponie gebracht werden müssen. Porenbeton oder Leichtbetonbaustoffe sind für das Recycling in der Regel nicht geeignet. Porenbeton muss nach dem Abbruch auf die Deponie gefahren werden und Leichtbeton ist, was die Kernstabilität betrifft, nach dem Abbruch unbrauchbar.

Ist eine Beprobung auch bei kleineren Umbauten notwendig?

T. Veigel: Ja, beispielsweise gibt es bei kleineren Umbauten oft den typischen Fall von altem Parkett, das teer- und asbesthaltige Kleber enthalten kann. Wenn sie das Parkett unqualifiziert entnehmen, gefährden Sie denjenigen, der es unsachgemäß ausbaut, denjenigen, der das Material falsch entsorgt und den Nachnutzer, weil dann der Raum mit Asbest verseucht ist. Insofern ist es bei Umbaumaßnahmen wichtig und richtig, und auch gesetz-

lich vorgegeben, entsprechende Untersuchungen durchzuführen, wenn Sie gewerbliche Unternehmen beauftragen. Wenn bei der Begehung nichts gefunden wird, ist das meist ein Zeitaufwand von einer halben Stunde, in der wir die Baustoffe anschauen. Das ist finanziell ein sehr überschaubarer Aufwand.

Das bedeutet, immer wenn Bauteile ausgebaut werden, müssen diese auf Schadstoffe überprüft werden, bevor sie ein zweites Mal eingebaut werden?

T. Veigel: Ja. Ein wichtiges Kriterium ist die Vornutzung, vor allem bei älteren Gebäuden. Man weiß vorher nicht, ob es einen Brandschaden gab, oder wie beispielsweise bei einer Fabrikhalle mit flüchtigen Gefahrstoffen umgegangen wurde. Für die Wiederverwendung muss man immer einen sehr genauen Blick darauf werfen, ob eine Schadstoffbelastung vorliegt.

Welche Untersuchungen führt ein Schadstoffgutachter durch?

T. Veigel: Es gibt Richtlinien, Vorgaben und Empfehlungen verschiedener Organisationen. Zum einen die VDI (Verein Deutscher Ingenieure) und zum anderen die LUBW (Landesanstalt für Umweltschutz). Dort gibt es einen Leitfaden für Bauherren für den Rückbau, in welchem die wesentlichen Punkte aufgelistet sind. Üblicherweise bekommen wir mit einer Angebotsabfrage Bilder, Baupläne und Informationen zum Baujahr zugesendet. Nach einer Durchsicht der Unterlagen, kann meist eine grobe Prognose getroffen werden, welche Schadstoffe in dem Gebäude zu erwarten sind. Anschließend findet eine Ortsbegehung statt, um einen Überblick über weitere schadstoffhaltige Baustoffe, wie Bodenbeläge, oder Vorbelastungen, beispielsweise durch Brandschäden, in den Gebäuden zu bekommen. Denn diese Informationen können nicht den Plänen entnehmen. Der Außendienst, der für die Probenentnahme zuständig ist, erhält von uns Warnhinweise, damit er sich selbst nicht gefährdet. Untersucht wird alles, was schadstoffhaltig sein kann. Generell machen wir immer Kernbohrungen in Böden und Wänden. Zu den typischen Schadstoffen zählen bituminöse Dichtungsbahnen von Dächern, diese können teerhaltig sein. Gussasphalt wurde früher häufig verwendet und kann im Boden vorhanden sein. Bei älteren Gebäuden trifft man oft auf Fehlbodenaufbauten, also Holzkonstruktionen mit einer oberen und unteren Bretterlage, bei denen der Hohlraum oftmals mit Schlacke, Gießereisand aber auch anderen Gefahrstoffen verfüllt wurde. Wir untersuchen Außenwände, Innenwände, Böden. Wir versuchen, die Gesamtheit des Gebäudes möglichst umfassend

anhand von Stichpunkten und Typenbeprobungen darzustellen, damit die Abbruchfirma genau weiß, wo mit Schadstoffen zu rechnen ist und damit die Abfallfraktionen möglichst hochwertig werden.

Stimmen Sie der Aussage "Der Schadstoffgutachter kennt nach den Begehungen und Untersuchungen alle verbauten Bauteile und Materialien inklusive deren Verbindung zueinander" zu?

T. Veigel: Nein. Wir machen nur Stich- und Materialproben und klopfen nicht jeden Boden und jede Wand auf. "Alle" impliziert eine Gründlichkeit, die wir zum einen nicht liefern können und die zum anderen nicht bezahlbar wäre. Beispielsweise bei einem Einfamilienhaus mit zwei Geschossen und einem Untergeschoss entnehmen wir ca. 5 Kernbohrungen und ca. 15 Materialproben. Damit ist es nicht möglich, jede Ecke und jeden Winkel so gründlich zu untersuchen, wie Sie es sich vielleicht wünschen. Es können nur Stichproben bleiben und wir versuchen, damit die Bausubstanz in ihrer Gesamtheit zu erfassen. Verbindungen wie beispielsweise ein Mauerwerk auf einer Bodenplatte untersuchen wir nicht, weil es Abbruchtechnisch bislang nicht von Bedeutung ist. Solange es sich nicht um einen vermeintlichen Gefahrstoff handelt, ist es nicht wirtschaftlich, eine genauere Untersuchung vorzunehmen. Ebenfalls können wir über unsere Untersuchungen und Bohrkerne keine Aussage zum Zustand der Bauteile treffen. Die Bohrkerne haben nur einen Durchmesser von bis zu 10 cm, somit lässt sich zwar der Schichtaufbau feststellen, jedoch nicht, ob das Bauteil gerissen ist oder sonstige Schäden aufweist.

Die Kosten für Schadstoffprüfungen sind sehr unterschiedlich. Wovon sind die preislichen Unterschiede abhängig? Gibt es Kostentabellen?

T. Veigel: In erster Linie von der Gründlichkeit der Arbeit eines Gutachters. Ob ein Gutachter nur die augenscheinlich wichtigen Stellen untersucht, aber die mineralische Bausubstanz gar nicht. Nach meiner Erfahrung ist allerdings das Preisgefälle bei den mir bekannten Firmen im Umkreis, die ähnlich wie wir arbeiten, nicht allzu hoch. Es gibt je nach Schadstoff entsprechende Laborpreise mit Einzelparametern und Paketen. Die Kosten für eine Schadstoffanalyse werden vorher nach einer Ortsbegehung abgeschätzt. Es passiert nicht selten, dass noch weitere Kosten während der Analyse entstehen, da noch mehr untersucht werden muss, als zuvor angenommen. Eine Kostentabelle nach DIN-Normen gibt es nicht. Ein Zeithonorar (Anfahrtskosten) muss ebenfalls einkalkuliert werden. Die tatsächlichen Kosten sind davon abhängig, wie viele verschiedene Bauteile es gibt, von der Dauer und auch vom Erfahrungswert des Gutachters. Ein Gutachter kostet zwischen 70-100 € netto pro Stunde, ein Techniker zwischen 50-80 €, ein gesamtes Gutachten mit allen nötigen Informationen ca. 1500-2500€.

Wird jedesmal nach allen Schadstoffen gesucht?

T. Veigel: Die Schadstoffe sind baustofftypisch. Bei einer Betonbodenplatte beispielsweise wird nicht nach Asbest gesucht. Bei einem schwarzen Baustoff wiederum erkennt man bereits einen Teerverdacht. Dann wird auf PAK (polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe) untersucht. Allgemein gibt es entsprechende Stofflisten, zum Teil ist es Erfahrungssache. Einen großen Teil der Kosten machen Laboruntersuchungen aus, die bei 50-60 Prozent der gesamten Gutachtenkosten liegen.

Gibt es rechtliche Normen, die vorschreiben, wie das Gutachten im Detail auszusehen hat?

T. Veigel: Es gibt keine rechtliche Vorgabe, wie viele Beprobungen gemacht werden müssen. Das Gutachten muss so aussehen, dass der Abbruch gefahrlos erfolgen kann und wirtschaftlich optimal für den Bauherrn ist. Der Abbruch an sich ist nicht das Teuerste. Kosten entstehen erst, wenn der Bauschutt auf einem Haufen liegt und dann die Untersuchungen beginnen. Dann ist die Frage, ob die Materialien für 15 €/t dem Recycling zugeführt werden können oder für 80 €/t auf die Deponie gebracht werden müssen. Wenn man im Vorfeld 1500 € mehr ausgibt, kann man im Endeffekt viel Geld sparen.

Welche Schadstoffe kommen im Landkreis Konstanz vermehrt vor?

T. Veigel: Es gibt regional gesehen wenig Unterschiede. Hier in der Gegend haben wir vermehrt mit Asbest zu kämpfen, weil es ein beliebter Baustoff war. 30-40% der Dächer von Abbruchgebäuden enthalten noch Asbest. Auch Putz oder Spachtelmassen können Asbest enthalten. Und Teer, also PAK (polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe), das krebserzeugend ist, kann bei Staubbefreiung ausgasen. Dieser Stoff macht etwa 80% des Spektrums aus. Der dritte Schadstoff ist PCB, das sind Weichmacher in dauerelastischen Dichtungsmassen, die ausgasen. Bei diesen drei Hauptschadstoffen vermute ich, dass es regional keine großen Unterschiede gibt.

Gibt es Schadstoffe, die heute noch verbaut werden, weil es keinen Ersatz gibt?

T. Veigel: Bei uns ist geregelt, dass beispielsweise kein Asbest mehr verbaut werden darf. Trotzdem sind noch Produkte – beispielsweise aus China – auf dem Markt, die asbesthaltig sind. Mittlerweile ist es so, dass ein Stoff, der als Gefahrstoff erkannt wurde, nicht mehr verbaut werden darf. Bei einem Gefahrstoff ist in der Regel die Konzentration entscheidend. Allerdings kann es heutzutage noch immer vorkommen, dass beim Abbruch eines fünf Jahre alten Gebäudes der Beton nicht frei verwertet werden darf, sondern bei der Verwertung technische Sicherungsmaßnahmen verlangt werden, aufgrund von Sulfat. Sulfat ist eigentlich ein natürlich vorkommender Stoff, aber wenn eine bestimmte Konzentration überschritten wird, wird es zum Problem.

Das Baujahr ab 2001 ist eine große Grenze, da seither keine bekannten Schadstoffe mehr verbaut werden dürfen. Grundsätzlich müssen Sie Abbruchgebäude

aber immer auf Schadstoffe prüfen lassen. Als Bauherr sind Sie in der Verantwortung. Da Sie aber als Laie nicht beurteilen können, ob Gefahrstoffe vorliegen, geben sie dies an einen Gutachter weiter. Die Aussage, dass alles, was nach 2005 entstanden ist, völlig unbedenklich ist, stimmt so nicht. Es gibt nun beispielsweise wieder eine Zulassung für Hohlblocksteine, die mit KMF (künstliche Mineralfaser) gefüllt sind. Diese sind zwar nicht krebserzeugend, aber eine Trennung nach einem Rückbau ist unmöglich. Porenbeton oder Leichtbetonbaustoffe sind für das Recycling in der Regel nicht geeignet.

Konnten Sie in den letzten Jahren eine Tendenz feststellen, dass Gebäude eher rückgebaut und Teile wiederverwendet statt abgebrochen werden?

T. Veigel: Ich hatte bisher keinen einzigen Fall. Es scheint weder bei den Baufirmen noch bei den Bauherren in irgendeiner Art und Weise angekommen zu sein, dass ein solcher Wiederverwendungs-Gedanke existiert. Man braucht einen konkreten Verwendungszweck. Gelegentlich kommt es vor, dass eine Familie neu bauen möchte und das bestehende Gebäude abbricht. Dann können zum Beispiel die Dachbalken beim Neubau wieder eingesetzt werden. In der Regel scheitert es allerdings daran, dass es zu teuer ist. Der schonende Rückbau, die Lagerung und der Schutz vor Witterung – diese Schwierigkeiten sind immens. Auch die Dachstatik, die Abstände der Sparren und vieles mehr spielen eine Rolle. Dort muss alles aufeinander abgestimmt sein. Erstens wird die Planung des Neubaus dann sehr aufwendig, zweitens spielen auch Zeit und Geld eine wichtige Rolle. Die thermische Verwertung ist momentan noch so günstig und die Holzpreise auch, dass Wiederverwendung keine Option ist. Menschen aus Osteuropa nehmen hin und wieder Bauteile mit und verwenden sie dort wieder. Aber dass hier im Landkreis Teile wieder eingebaut werden, egal wie qualitativ gut sie sein mögen, habe ich noch nicht erlebt.

Welche Potenziale und Hemmnisse sehen Sie für die Wiederverwendung von Bauteilen?

T. Veigel: Wenn man weg von der Verwertung in die Wiederverwendung gehen möchte, ist es bereits deshalb schwierig, weil man dann ein Modulsystem benötigt. Genormte Bauelemente, wie beispielsweise bei Plattenbauten, sind einfach aus- und in den nächsten Bau wieder einzubauen. Das nächste Problem ist allerdings, wer für ein Bauteil bei der Zweitverwendung die Gewährleistung übernimmt. Wer garantiert, dass die Bauteile ihre Funktion erfüllen und nicht beschädigt sind? Bei einem wiederverwendeten Produkt ist das Qualitätsmanagement schwierig. Dort müssten von Anfang an die Kontrollmöglichkeiten und die Kriterien bei der Herstellung der Bauteile festgelegt werden. Auch die Bauteile müssen schon so ausgebildet sein, dass sie beim Ausbau nicht beschädigt werden. Ein weiteres Problem ist, dass viel Bauschutt weit weggefahren werden muss. Teilweise bis nach Backnang oder Calw zu den Verwertungsanlagen per LKW. Wenn wir die Möglichkeit hätten, die

Mengen und Massen zu reduzieren, vielleicht wiederzuverwenden, wäre das in ökologischer und ökonomischer Hinsicht sehr gut. Ich finde die Idee des Gebädestoffpasses gut, aber man muss bereits bei der Planung ansetzen, wenn es um die Auswahl von geeigneten Baustoffen und Bauelementen geht. Eine große Chance für Sie und das RE-USE-Projekt sehe ich darin, dass Sie von vornherein in die Planung und Konzeptionierung von Baustoffen einsteigen.

Die Idee des Gebädestoffpasses ist es, die im Gebäude verbauten Materialien und deren Verbindungen, Rückbaufähigkeit und Wiederverwendbarkeit zu dokumentieren. Dieses Dokument soll im Rahmen der Vorbegehungen und der allgemeinen Gutachten erstellt werden, damit auf Grundlage dieses Dokuments über die weiteren Schritte des Abbruchs entschieden werden kann. Welche zusätzlichen Untersuchungen wären Ihrer Meinung nach nötig, um einen Gebädestoffpass im Abbruch zu erstellen?

T. Veigel: Da muss man meiner Meinung nach einen Statiker oder Tragwerksplaner fragen. Wie bereits erwähnt bohren wir nur Löcher in die Wände und schauen was drin ist. Mithilfe von Bohrkernen kann ich keine Aussage über die Tragfähigkeit oder den Zustand des Bauteils erheben. Das Problem ist, dass die Bauteile in den seltensten Fällen isoliert vorliegen. Wände beispielsweise sind meistens von innen verputzt und von außen ist oft Styropor o.Ä. aufgeklebt. Da stellt sich zum einen die Frage, wie man die Aufbauten ohne Zerstörung der Wand entfernen kann. Zum anderen, wie kann gewährleistet werden, dass die Bauteile während des Ausbaus, Transports und Wiedereinbaus nicht beschädigt werden? Wer nimmt dann später beim Einbau in ein neues Gebäude die Bauteile hinsichtlich der statischen Eigenschaften und der geforderten Lebensdauer ab? Ich glaube, dass diese Kriterien schwierig zu definieren und zu erfüllen sind. Meiner Meinung nach bekommt man dieses Problem nur in den Griff, wenn die Bauteile eines Neubaus bereits für die Wiederverwendung vorgesehen sind. Die Wiederverwendung von Bauteilen in Bestandsgebäuden ist meines Erachtens nur bei nichttragenden Bauteilen, die keine statischen Anforderungen erfüllen müssen, möglich.

Was ist Ihrer Meinung nach das fehlende Puzzleteil zu der Etablierung der Wiederverwendung von Bauteilen?

T. Veigel: Vorab möchte ich erwähnen, dass es im Moment bei den Behörden ziemlich viele Schaltstellen gibt, die keinerlei Verbindungen zueinander haben. Da arbeitet jeder nach seinen Richtlinien, die irgendwann mal entworfen, erweitert und zerstückelt wurden. Ich denke da fehlt zum einen die Abstimmung untereinander und zum anderen mangelt es an rechtlichen Vorgaben, die einen Rückbau für die Wiederverwendung regeln. Meines Erachtens sind die fehlenden Puzzleteile der gute Wille, die Einbindung der Abbruchunternehmer und das derzeit fehlende Wissen bei den Bauherren. Wenn Sie einen Rückbau hinsichtlich Wiederverwendung ausrichten wollen, sollte der weitere Verwendungsweg der Bauteile von Anfang an klar sein. Die Abbruchunterneh-

men müssen im Voraus wissen, welche Bauteile wie ausgebaut werden sollen und was am Ende separiert werden muss. Denn ein solcher Abbruch erfordert weitaus schonendere Verfahren, als mit dem Bagger möglich sind. Das erfordert mehr Zeit und kostet letztendlich auch mehr Geld. Zusammenfassend erfordert ein Rückbau für die Wiederverwendung passende Bauteile, ein Zwischenlager und eine Transportmöglichkeit. Dies wiederum erfordert eine logistische Vernetzung, die das Angebot und die Nachfrage an für die Wiederverwendung geeigneten Bauteilen steuert. Die zentrale Frage dabei ist, ob mit wiederverwendeten Bauteilen tatsächlich Geld verdient werden kann. Denn könnten solche Bauteile zu einem guten Preis weiterverkauft werden, würde dies natürlich im Vergleich zum zeitlichen Vorteil des herkömmlichen Abbruchs einen großen Anreiz darstellen.

Das Interview führten Adona Abdi, Stefanie Heller, Jasmin Huber, Lennart Melzer, Adrian Munz, Lukas Pfeilsticker, Niklas Rentschler, Jan Schiller, Fabian Seifert, Lukas Springer, Svenja Twardon und Fabian Walter aus dem studentischen RE-USE-Team im Sommersemester 2021.

9.4 Interview mit Jacqueline Hagel von der Hämmerle Recycling GmbH

"Die Frage ist auch, ob derjenige, der das Gebäude abbricht, sich die nötige Mühe machen will, die Materialien sauber rückzubauen."

Jacqueline Hagel ist Mitarbeiterin bei Hämmerle Recycling in Konstanz, einem Unternehmen, das sich unter anderem mit der Entsorgung und dem Recycling von Bauschutt und anderen Abbruchmaterialien auseinandersetzt.

Frau Hagel, was genau passiert mit Material, das bei Ihnen ankommt? Wird es direkt vor Ort recycelt?

J. Hagel: Wir sind eher ein Umschlagplatz für Materialien, denn wir haben weder eine Müllverbrennungsanlage noch eine Deponie oder Ähnliches. Von dem Material, das bei uns ankommt, verbleibt kein Gramm auf unserem Hof. Wir sammeln so lange, bis sich damit wirtschaftlich ein LKW beladen lässt. Außerdem gehört zu unseren Aufgabenbereichen auch das Nachsortieren der Materialien und das Schadstoffentfrachten sowie Umarbeiten, wenn es erforderlich für den darauffolgenden Abnehmer ist.

Welchen preislichen Unterschied macht es, ob man ein Material recycelt oder direkt entsorgt?

J. Hagel: Das ist sehr vom Material abhängig. Asbest beispielsweise muss immer deponiert werden. Bei anderen Stoffen ist es teilweise teurer, es zu recyceln, als es einfach zu deponieren.

Wer ist der Abnehmer ihrer Materialien?

J. Hagel: Mauerwerk wird beispielsweise zur Firma BBO in Konstanz gebracht. Die BBO verkauft das Material wieder (eingerechnet die Kosten für die Aufbereitung/Umarbeitung).

Wie viel Prozent von einem Gebäude sind denn in etwa recycelbar?

J. Hagel: Das hängt sehr vom Gebäude, dessen Bauart und Baujahr ab. Das lässt sich pauschal kaum so sagen.

Was kostet es beispielsweise, eine Tonne Mauerstein zu Ihnen zu bringen?

J. Hagel: Bei Naturstein sind das zum Beispiel 11,90 €/t netto. Dann liefern wir die Mulde direkt an die BBO. Wenn Sie allerdings kleinere Mengen zu entsorgen haben, die sie zu uns auf den Hof liefern, dann würde das schon 22,50€ kosten, weil dann noch der Umschlag bei uns dazugerechnet wird. Das ist aber auch einer der günstigsten Stoffe, die man bei uns entsorgen kann.

Gibt es Materialien, die Sie nachbehandeln müssen oder gar nicht verarbeiten dürfen?

J. Hagel: Asbest dürfen wir beispielsweise gar nicht verarbeiten. Welleternitplatten werden deponiert und nicht verarbeitet, da das Material auf einer Deponie abgelagert werden darf und so die Asbestfasern (durch eine mögliche Umarbeitung) nicht mehr in die Umgebung gelangen. Bei asbestbelasteten Holzplatten ist es anders, diese dürfen nicht ohne weiteres abgelagert werden, da sie einen Restbrennwert haben. Sie sind somit meist ein Fall für den Schadstoffsanierer.

Arbeiten Sie mit Plattformen wie Concular oder Madaster zusammen?

J. Hagel: Nein. Wir bekommen die Materialien ja schon kaputt angeliefert. Da macht es keinen Sinn mehr, sie noch zu verkaufen. Außerdem sind wir platztechnisch relativ ausgereizt, hätten also gar keine Möglichkeiten mehr, noch Material zu lagern. Selbst wenn wir das machen wollten, wir haben dafür leider keinen Platz.

Könnten Sie sich vorstellen, dass beispielsweise ein Madaster-Ausweis die Arbeitsabläufe bei Ihnen erleichtern könnte?

J. Hagel: Schwer zu beantworten. Die Frage ist auch, ob derjenige, der das Gebäude abbricht, sich die nötige Mühe machen will, die Materialien sauber rückzubauen. Wir sind dafür wahrscheinlich auch nicht der richtige Ansprechpartner, da wäre der Abbruchunternehmer eher der, der sowas machen kann.

Das Interview führten Stefanie Heller, Jasmin Huber, Lennart Melzer und Adrian Munz aus dem studentischen RE-USE-Team im Sommersemester 2021.

Kurzbiographien



Fotograf Dr. Alexander Mössinger

Dr. Viola John

Bereits während ihres Architekturstudiums an der TU Darmstadt, das sie 2005 erfolgreich mit dem Diplom abschloss, beschäftigte sich Viola John mit Themen des ressourcenschonenden und energieeffizienten Bauens. Im Rahmen eines ERASMUS Stipendiums studierte sie von 2003 bis 2004 an der Oxford Brookes University in Großbritannien und erhielt ein Postgraduate Diploma in Energy Efficient Building. Nach Abschluss ihrer Promotion im Themenfeld der vereinfachenden Ökobilanzierung von Gebäuden an der ETH Zürich im Jahr 2012 war sie anschließend bis 2015 als Postdoktorandin und Oberassistentin am Lehrstuhl Sustainable Construction der ETH Zürich in Forschung und Lehre tätig. Im Sommersemester 2015 war sie eingeladene Gastprofessorin an der TU Graz. Von 2016 bis 2018 arbeitete sie als Fachredakteurin im Themenfeld nachhaltig Konstruieren für TEC 21 – Schweizerische Bauzeitung. Seit 2019 leitet sie am Fachgebiet Energieeffizientes Bauen der HTWG Konstanz das Forschungsprojekt RE-USE.



Fotograf Christopher Klages

Prof. Dr.-Ing. Thomas Stark

Nach Ausbildung und Tätigkeit als Bankkaufmann studierte Thomas Stark Architektur an der Universität Stuttgart. Im Anschluss an das Diplom 1999 wurde er wissenschaftlicher Mitarbeiter am dortigen Institut für Baukonstruktion (Prof. Behling) und vertiefte sich in alle Fragestellungen des Nachhaltigen Bauens mit Schwerpunkt Solare Architektur. Nach Abschluss seiner Promotion zur Nutzung Erneuerbarer Energie in Gebäuden wechselte er 2005 an die TU Darmstadt ans Fachgebiet Entwerfen und Energieeffizientes Bauen (Prof. Hegger). Seit 2008 lehrt und forscht Professor Stark im Fachgebiet Energieeffizientes Bauen an der HTWG Konstanz. 2003 gründete er das Planungsbüro ee-plan, das 2008 in die ee concept GmbH übergang.