

Entwicklung einer praxisorientierten replizierbaren Rückbaustrategie zur Forcierung des verwertungsorientierten Rückbaus

R-Bau

O. Mair am Tinkhof, G. Simader,
G. Trnka, N. Altmann-Mavaddat,
H. Daxbeck, H. Buschmann,
L. Brauneis, S. Neumayer

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

31/2019

Liste sowie Downloadmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe
unter <http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

Impressum

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Leiter: DI Michael Paula

Auszugsweise Abdruck ist nur mit Quellenangabe gestattet. Es wird darauf verwiesen, dass alle Angaben in dieser Publikation trotz sorgfältiger Bearbeitung ohne Gewähr erfolgen und eine Haftung der Republik Österreich und der Autorin/des Autors ausgeschlossen ist. Nutzungsbestimmungen:
<https://nachhaltigwirtschaften.at/de/impressum/>

Entwicklung einer praxisorientierten replizierbaren Rückbaustrategie zur Forcierung des verwertungsorientierten Rückbaus

R-Bau

Oskar Mair am Tinkhof, MSc., DI Dr. Günter Simader,
Ing. Mag. Georg Trnka, DI Naghmeh Altmann-Mavaddat, MSc.
Österreichische Energieagentur

Mag. Hans Daxbeck, Mag. Heinz Buschmann, MSc.,
DI Lisa Brauneis, MSc., DI Stefan Neumayer
Ressourcen Management Agentur (RMA)

Wien, Februar 2016

Ein Projektbericht im Rahmen des Programms



des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Vorbemerkung

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm Stadt der Zukunft des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT). Dieses Programm baut auf dem langjährigen Programm Haus der Zukunft auf und hat die Intention Konzepte, Technologien und Lösungen für zukünftige Städte und Stadtquartiere zu entwickeln und bei der Umsetzung zu unterstützen. Damit soll eine Entwicklung in Richtung energieeffiziente und klimaverträgliche Stadt unterstützt werden, die auch dazu beiträgt, die Lebensqualität und die wirtschaftliche Standortattraktivität zu erhöhen. Eine integrierte Planung wie auch die Berücksichtigung von allen betroffenen Bereichen wie Energieerzeugung und -verteilung, gebaute Infrastruktur, Mobilität und Kommunikation sind dabei Voraussetzung.

Um die Wirkung des Programms zu erhöhen sind die Sichtbarkeit und leichte Verfügbarkeit der innovativen Ergebnisse ein wichtiges Anliegen. Daher werden nach dem Open Access Prinzip möglichst alle Projektergebnisse des Programms in der Schriftenreihe des BMVIT publiziert und elektronisch über die Plattform www.NachhaltigWirtschaften.at zugänglich gemacht. In diesem Sinne wünschen wir allen Interessierten und AnwenderInnen eine interessante Lektüre.

DI Michael Paula

Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	11
Abstract.....	14
1 Einleitung	17
1.1 Aufgabenstellung.....	17
1.2 Stand der Technik.....	18
1.3 Verwendete Methoden.....	18
2 Ist-Analyse des Abbruchprozesses.....	20
2.1 Teilprozess Planung	21
2.2 Teilprozess Ausschreibung/Vergabe.....	21
2.3 Teilprozess Durchführung.....	22
2.4 Teilprozess Abfallwirtschaft	22
3 Simulation des verwertungsorientierten Rückbaus	25
3.1 Simulationsgrundlagen	25
3.2 Simulationsergebnisse.....	28
3.2.1 Ergebnisse technische Bewertung	28
3.2.2 Ergebnisse ökonomische Bewertung.....	29
3.2.3 Ergebnisse ökologische Bewertung.....	30
3.2.4 Ergebnisse energetische Bewertung	33
4 Praxisorientierter Rückbaukatalog	35
4.1 Checkliste relevanter Bauteile.....	35
4.2 Bauteilmatrix.....	35
4.3 Auswirkungen der aktuellen Bauweise auf die zukünftige Rückbaubarkeit	35
4.3.1 Empfehlungen für die zukünftige Rückbaubarkeit.....	36
5 Nationale Umsetzungsstrategie	39
5.1 Derzeitige Barrieren.....	39
5.2 Lösungsansätze	40
6 Schlussfolgerungen	42
6.1 Zukünftige Handlungsfelder	43
7 Ausblick und Empfehlungen	47

8	Verzeichnisse	48
8.1	Abbildungsverzeichnis	48
8.2	Tabellenverzeichnis	48
8.3	Literaturverzeichnis.....	48

Kurzfassung

Ausgangssituation / Motivation

Bis Ende 2015 spielte der verwertungsorientierte Rückbau bei Abbruch- und Sanierungstätigkeiten eine untergeordnete Rolle. Der Abbruch von Bauwerken wird grundsätzlich pauschal ausgeschrieben und abgerechnet, die anfallenden Abfälle (v.a. Bauschutt) werden oft kostenintensiv deponiert. In diesen Abbruchmaterialien steckt jedoch ein enormes Kosten- und Ressourceneinsparpotenzial, das bisher ungenutzt bleibt. Laut EU-Abfallrahmenrichtlinie 2008/98/EG sollen die Abbruchmaterialien nämlich in erster Linie wiederverwendet oder -verwertet werden und erst zuletzt entsorgt werden. In Österreich wird diese Richtlinie unter anderem durch die neue Recycling-Baustoffverordnung umgesetzt, welche seit 01. Jänner 2016 in Kraft ist.

Inhalte und Zielsetzungen

Inhalt des Projekts "R-Bau" ist es, gemeinsam mit relevanten Stakeholdern eine replizierbare Rückbaustrategie zur Forcierung des verwertungsorientierten Rückbaus zu entwickeln. Dadurch soll ein wesentlicher Beitrag geleistet werden, den verwertungsorientierten Rückbau im Wohnbau als Stand der Technik zu etablieren. Nur dadurch können die eingangs erwähnten Vorgaben in Österreich erfolgreich umgesetzt werden.

Methodische Vorgehensweise

In einem ersten Schritt wurde der Abbruchprozess sowie die Teilprozesse Planung, Ausschreibung/Vergabe, Durchführung und Abfallwirtschaft im Bereich Hochbau durch eine Literaturrecherche und Expert/innengespräche untersucht und hinsichtlich rechtlicher, technischer und ökonomischer Rahmenbedingungen analysiert.

Darauf aufbauend galt es, Bauteile bzw. Baumaterialien, die sich für eine Wiederverwendung bzw. -verwertung eignen, zu identifizieren, zu kategorisieren und zu bewerten. Hierzu wurden standardisierte Gebäudemodelle entwickelt, um darauf aufbauend mittels geeigneter Softwaretools die Rückbaufähigkeit der Baustoffe und -teile vom Abbruch bis zum Wiedereinsatz technisch, ökonomisch, ökologisch und energetisch zu bewerten.

Die gewonnenen Erkenntnisse wurden schließlich für den Aufbau eines Rückbaukatalogs herangezogen, welcher neben einer Checkliste, Handlungsanweisungen und Mustertexte für die Ausschreibung von Abbrucharbeiten, auch Empfehlungen für die Wiederverwertung und Rückbaubarkeit von Bauelementen und -komponenten im Neubau enthält.

Aufbauend darauf wurde gemeinsam mit relevanten Stakeholdern (v.a. Wohnbauträger, Abfallwirtschaft, Bauwirtschaft, Verwaltung) eine österreichweit replizierbare Umsetzungsstrategie erarbeitet, um die praktische Umsetzung des verwertungsorientierten Rückbaus im

Hochbau in Österreich zu forcieren. Grundlage dafür bildeten Umfragen, Workshops und Expert/innengespräche in ganz Österreich.

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Die **Ist-Analyse** des Abbruchprozesses hinsichtlich rechtlicher, technischer und ökonomischer Rahmenbedingungen zeigt, dass das Paradigma der integrativen Planung, Ausschreibung/Vergabe, Durchführung und Abfallwirtschaft von Abbruchtätigkeiten in Österreich nicht Stand der Technik ist (Stand: Dezember 2015). In der Regel werden Pauschalleistungen ausgeschrieben, vergeben und abgerechnet. Als Optimierungsmaßnahme wird die Forcierung einer integrativen Planung, Ausschreibung und Durchführung von Abbruchtätigkeiten angesehen.

Die **Simulationen** des verwertungsorientierten Rückbaus anhand spezifischer Baustoffe und -teile der Gebäudemodelle haben gezeigt, dass die in unterschiedlichen Bauperioden verwendeten Bauteile einen unterschiedlichen Aufwand für Rückbau und Entsorgung bedeuten. Aus diesem Grund sind Abbruchgebäude nicht als homogene Einheit zu sehen bzw. zu bewerten, sondern als Zusammensetzung einer Vielzahl von Bauteilen, die durch laufende Sanierungsmaßnahmen historisch variieren können. Durch Modellrechnungen lässt sich belegen, dass der Aufwand für Rückbau und Entsorgung von Baurestmassen aufgrund der gestiegenen Material- und Bauteilvielfalt in moderneren Gebäuden in der Regel zunimmt. Dies hat nicht nur Einfluss auf die Kosten, sondern auch auf die Umwelt und den (energetischen) Ressourcenverbrauch. In Zukunft wird es daher erforderlich sein, in Abhängigkeit der Materialzusammensetzung bzw. in Abhängigkeit der verbauten Bauteile, das unter verschiedenen Gesichtspunkten optimale Rückbau- und Entsorgungskonzept zu bestimmen.

Hinsichtlich der Umsetzung eines verwertungsorientierten Rückbaus in zukünftigen Gebäuden wurden folgende Empfehlungen abgeleitet:

- Nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen (EU-Bauprodukten VO Nr. 305/2011)
- Umsetzung der integralen Bauplanung und -durchführung
- Einhaltung des Kostendeckungsprinzips
- Nachhaltiger Ausschreibungsprozess/Beschaffung
- (ökologische) Nachhaltigkeit als Teil der Unternehmensstrategie

Auf der Meta-Ebene geht es darum, einerseits Recycling-Materialien auf den Markt zu bringen (Angebot schaffen). Andererseits muss durch gezielte Maßnahmen (nachhaltige Planung, Ausschreibung und Unternehmensausrichtung) auch die Nachfrage geschaffen werden. Weitere Details sind in dem öffentlich verfügbaren **Rückbaukatalog** beschrieben.

Ausblick

Um den verwertungsorientierten Rückbau in Österreich nachhaltig in der Praxis zu etablieren, müssen zukünftig folgende Maßnahmen umgesetzt werden:

- Impulssetzung durch den Gesetzgeber (z.B. Optimierung bestehender und Schaffung neuer regulatorischer Maßnahmen; Entwicklung finanzieller Anreizsysteme)
- Weiterentwicklung und Forcierung von Informations- und Schulungsveranstaltungen
- Umsetzung von Pilotprojekten
- Schaffung eines Markts für Sekundärrohstoffe
- Entwicklung von Werkzeugen für die effiziente und effektive Bearbeitung von speziellen Fragestellungen

Durch die Umsetzung dieser Maßnahmen wird ein relevanter Beitrag geliefert, die Rahmenbedingungen im Bereich „Nachhaltigkeit in Bau und Rückbau“ zu adaptieren, um ein Ressourcenmanagement auf betrieblicher bzw. regionaler Ebene zu entwickeln. Mehrere Betriebe/Gemeinden/Regionen mit funktionierendem Ressourcenmanagement bilden wiederum die Grundlage für die Etablierung des verwertungsorientierten Rückbaus auf nationaler Ebene. Weitere Details sind in der öffentlich verfügbaren **Umsetzungsstrategie** beschrieben.

Abstract

Starting point / Motivation

By the end of 2015, the recycling-oriented deconstruction of the buildings did not play an important role in demolition and renovation activities. The demolition of buildings is mostly tendered and billed at flat rates; the cost of depositing of the resulting waste material (primarily rubble) is often very high. There are often enormous saving potentials regarding costs and resources in the deposited waste of construction material that have not been neither considered nor calculated. According to the EU "Waste Framework Directive" (WFD) 2008/98/EG the demolished construction elements should mainly be reused, recycled and only disposed, if the recycling is not possible. In Austria, the implementation of this Directive has been mainly through new decree for "Recycling of Building Materials", which came to force on 1st of January 2016th.

Contents and Objectives

Contents of the project "R-Bau" is developing a replicable deconstruction / dismantling strategy in order to promote the recycling-oriented demolition in cooperation with relevant stakeholders. This is a substantial contribution for establishing the recycling-oriented demolition in residential building sector as state of the art.

Methodical Approach

In a first step, the deconstruction / demolition processes and their sub-processes were analysed in terms of juridical, technical and economic conditions. These sub-processes included planning, tendering and procurement, implementation and waste management tasks.

Based on these processes, the next step was to identify, categorize and evaluate building elements or materials, which could be suitable for reuse or recycling. For this purpose, standardized building models were developed, in order to evaluate the dismantling capability of building materials and elements from demolition to reuse by suitable software tools technically, economically, environmentally and energetically.

Finally, the insights gained were used for the creation of a dismantling / demolition catalogue, which contains in addition to a checklist, instructions and templates for tendering for demolition, recommendations for removal and reuse of the building elements and components in the new building.

In the course of these findings, together with relevant stakeholders (mainly housing developers, waste managers, constructors, and facility managers) a replicable implementation

strategy was developed, in order to accelerate the implementation of the recycling-oriented dismantling and demolishing in the construction sector in Austria.

Results

The **analysis** of the **current** demolition process in this project in terms of legal, technical and economic conditions shows that the concept of integrative planning, tendering / procurement, construction and waste management in demolition activities in Austria is not state of the art (as of December 2015). Usually the tendering and procurement are through lump sum contracts. The optimization measure considers the promotion of an inclusive planning, tendering and execution of demolition activities.

The **simulations** of the recycling-oriented dismantling and demolishing building models with specific materials and components show that the components used in various construction periods, effect deconstruction and disposal differently. Therefore, the buildings cannot be seen as homogeneous demolishing objects, but as a composition of a group of components, which can vary historically and by various refurbishment measures implemented during the lifetime of the building. The model calculations prove that the cost of deconstruction and disposal of construction waste relates to increased material and component diversity in more modern buildings in general. This diversity not only affects the deconstruction costs, but also the environment and the (energy) resources. Thus, it will be necessary in the future, to determine the optimal concept for destruction and demolition from a more holistic view, depending on the material composition and function of the installed components of the buildings.

Regarding the implementation of a recycling-oriented deconstruction in future buildings, following recommendations are derived:

- Sustainable use of natural resources (EU Construction Products Regulation, CPR Regulation No. 305/2011)
- Implementation of integral planning and execution
- Compliance with the cost effective principle
- Sustainable tendering process / procurement
- Sustainability as part of corporate strategy

On the Meta level, this aims at bringing recycled construction materials to the market (creating supply). On the other hand, targeted measures (sustainable planning, tendering and business orientation) support creating demand (creating market for supply and demand). Further details are described in the publicly available **deconstruction catalogue**.

Prospects / Suggestions for future research

To establish the sustainable and practical recycling-oriented demolition and deconstruction in Austria, the following measures must be implemented in the future:

- Market stimulation by the legislation (e.g., through optimization of existing and creation of new regulatory measures, development of financial incentives)
- Further development and promotion of information and training sessions
- Implementation of pilot projects
- Creation of a market for secondary construction and raw materials
- Development of tools for the efficient and effective handling of specific issues

Implementation of these measures contributes relevantly in adaptation of terms and conditions in the "Sustainability in construction and deconstruction". This helps developing a resource management frame at company or regional level. Subsequently, several businesses / communities / regions with functioning resource management systems establish the foundation for a recycling-oriented dismantling and deconstruction at national level. In the publicly available **implementation strategy**, further details are described.

1 Einleitung

In Österreich fielen im Jahr 2009 laut Bundesabfallwirtschaftsplan 6,9 Mio. t Baurestmassen an. Dies entspricht 12 % des Abfallaufkommens in Österreich. Damit gehören Baurestmassen zu den massenmäßig relevantesten Abfallflüssen [BMLFUW, 2011]. Auf europäischer Ebene wurde mit der thematischen Strategie für Abfallvermeidung und -recycling die Minimierung negativer Umweltauswirkungen entlang des Lebenszyklus von Produkten, die Förderung von Abfallvermeidung und Abfallrecycling und die Modernisierung des allgemeinen Rechtsrahmens gefordert [KOM(2005)666, 2005, Kap. 5]. Die EU-Abfallrahmenrichtlinie verpflichtet Österreich deshalb bis 2020, eine Recyclingquote von mindestens 70 % für nicht gefährliche Abfälle aus dem Bauwesen zu erreichen [Europäische Kommission, 2008, Kap.I Art.11 Zi.2 Lit.b]. Im Bereich der Tiefbaurestmassen ist dieses Ziel umgesetzt. Hochbaurestmassen werden hingegen nur zu circa 40 % rezykliert.

1.1 Aufgabenstellung

Um Baurestmassen nachhaltig im Kreislauf führen zu können, muss der Markt für Recyclingbaustoffe stimuliert werden. Zu diesem Zweck wurde der verwertungsorientierte Rückbau durch die Recycling-Baustoffverordnung, unterstützend durch die ÖNORM B 3151 „Rückbau als Standardabbruchmethode“, mit 01.01.2016 in Österreich zum Stand der Technik erhoben. Eine Demolierung von Bauwerken, ohne deren Ressourcen bestmöglich zu nutzen, ist von Gesetzes wegen her nicht mehr möglich.

Inhalt des Projekts "R-Bau" ist es deshalb, gemeinsam mit relevanten Stakeholdern eine replizierbare Rückbaustrategie, im Einklang mit den neuen rechtlichen Rahmenbedingungen, zur Forcierung des verwertungsorientierten Rückbaus zu entwickeln. Dadurch soll ein wesentlicher Beitrag geleistet werden, den verwertungsorientierten Rückbau im Wohnbau als Stand der Technik zu etablieren.

Zu diesem Zweck wurden folgende Arbeitspakete bearbeitet:

- Ist-Analyse des Abbruchprozesses zwecks Bewertung der derzeitigen rechtlichen, technischen und ökonomischen Rahmenbedingungen (Stand: Dezember 2015).
- Erstellung von repräsentativen Gebäudemodellen und Beurteilung der Ressourcenpotentiale nach Baualter und Bauweise.
- Erstellung eines Rückbaukatalogs mit differenzierten Handlungsanweisungen für die nachhaltige, ressourcenschonende und kostenoptimale Verwertung anfallender Baurestmassen durch den verwertungsorientierten Rückbau im Hinblick auf Re-Use und hochwertiges Recycling von Baustoffen und Bauteilen.
- Entwicklung einer nationalen Umsetzungsstrategie, um gemeinsam mit relevanten Akteuren den verwertungsorientierten Rückbau im Wohnbau in Österreich als Stand

der Technik zu etablieren und so ein Vorbild für die weiteren Bereiche des Hochbaus zu schaffen.

1.2 Stand der Technik

Gegenwärtig ist die integrative Betrachtung des Abbruchprozesses zwischen Baurecht und Abfallwirtschaft in Österreich nicht Stand der Technik. Dies bedeutet, dass die Ziele und Grundsätze der beiden Rechtsmaterien nicht oder nur ungenügend integrativ bei Abbruchtätigkeiten gegenseitige Berücksichtigung finden. Die Recycling-Baustoff Verordnung in Kombination mit der ÖNORM B 3151 „Rückbau als Standardabbruchmethode“ setzen seit 01.01.2016 einen relevanten Schritt in Richtung Nachhaltigkeit bei Abbruchtätigkeiten. Der verwertungsorientierte Rückbau wurde durch die neue Verordnung und die Norm zum Stand der Technik erhoben. Die in diesem Bereich tätigen Akteure müssen sich an diesen neuen rechtlichen Rahmen halten. Für die praktische Umsetzung werden aber noch Arbeitsbehelfe, sowie eine übergeordnete Strategie benötigt.

Gegenwärtig werden die meisten Abbruchtätigkeiten (v.a. beim Totalabbruch) pauschal ausgeschrieben. Die Verrechnung per Pauschale bedeutet in diesem Zusammenhang, dass nicht nach einzelnen Leistungen abgerechnet wird, sondern die Zielerreichung (beim Abbruch: die Räumung des Baufeldes) ausgepriesen wird. Dies bedeutet, dass das tatsächliche Ausmaß der Arbeitsleistung für die Zielerreichung nicht transparent bzw. nachvollziehbar ist. Im Gegenzug sind pauschal ausgeschriebenene Leistungen in der Regel mit einem geringen administrativen Aufwand für die Bauherren und Auftragnehmer verbunden. Dies geht zu Lasten der Kostentransparenz. Der Auftraggeber weiß in der Regel nicht exakt Bescheid, für welche Aktivitäten welcher Aufwand verrechnet wird. Aus diesem Grund kann nicht regulierend in die Preisgestaltung eingegriffen werden. Der Billigstbieter kommt in der Regel zum Zuge, in Unkenntnis, wie sich der Preis tatsächlich zusammensetzt und ob bzw. wie Preisvorteile (z.B. durch den Verkauf von Altmetallen) an den Auftraggeber weitergegeben werden.

Die Zielsetzung des verwertungsorientierten Rückbaus ist es, möglichst große Mengen verwertbarer Bauteile/Bauprodukte von der Deponie fernzuhalten und einer bestmöglichen Wiederverwendung oder -verwertung zuzuführen. Dabei müssen die Ziele und Grundsätze des österreichischen Abfallwirtschaftsgesetzes (§ 1) Berücksichtigung finden. Gegenwärtig werden diese Ziele und Grundsätze beim Abbruch von Gebäude und der Verwertung der anfallenden Abfälle nicht konsequent berücksichtigt.

1.3 Verwendete Methoden

Für die Ist-Analyse des Abbruchprozesses wurden eine Literaturrecherche sowie mehrere Expert/innengespräche durchgeführt.

Basis für die darauf aufbauende Entwicklung der Gebäudemodelle bildeten bestehende Datensätze aus den beiden Projekten EPISCOPE und EnBa, welche im Zuge des Projekts R-

Bau weiterentwickelt wurden. Die für die Analyse notwendigen Simulationsmodelle wurden anschließend in den Softwaretools Auer Success6 bzw. eco2soft aufgebaut. Die ökonomische Datengrundlage, vor allem des Rückbau-/Abbruchprozesses, stammt aus der Leistungsbeschreibung Hochbau (LB-HB 19), welche vom Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft (BMWFV) herausgegeben wird bzw. auf der Publikation „Kalkulation Hochbau – Baumeisterarbeiten“. Angaben zu Entsorgungskosten stammen von namhaften Entsorgungsfirmen Österreichs. Angaben zu Sekundärrohstoffpreisen stammen ebenfalls aus einer Literatur- bzw. Internetrecherche. Angaben bzw. Informationen, die nicht durch die oben genannten Quellen bzw. Tools generiert werden konnten, wurden durch Befragung von Expert/innen (v.a. Interviews, Mitglieder des Advisory Board) ergänzt.

Die bis zu diesem Zeitpunkt gewonnenen Erkenntnisse bildeten die Basis für die Entwicklung des Rückbaukatalogs. Weitere Datenquellen für die Entwicklung des Rückbaukatalogs bildeten die Ergebnisse aus den „Haus der Zukunft“-Projekten [Mötzl, 2011] bzw. [IBO, 2009] sowie Praxiserfahrung ausgewählter Expert/innen.

Grundlage für die Entwicklung der nationalen Umsetzungsstrategie bildeten Online-Umfragen, Workshops und Expert/innengespräche.

2 Ist-Analyse des Abbruchprozesses

Grundsätzlich kann der Abbruchprozess in vier Phasen unterteilt werden: die Planung, die Ausschreibung, die Durchführung und die Abfallwirtschaft. Im Zuge des Projekts wurden in einem ersten Schritt die einzelnen Prozessschritte, beteiligten Akteure sowie die Rechtsgrundlagen (Stand Dezember 2015) analysiert und zusammengefasst. Grundlage für die Analysen bildeten die im Anhang dargestellten Richtlinien, Verordnungen, Gesetze, Normen und dergleichen. Abbildung 1 gibt einen Überblick über die für die Teilprozesse relevantesten Rechtstexte.

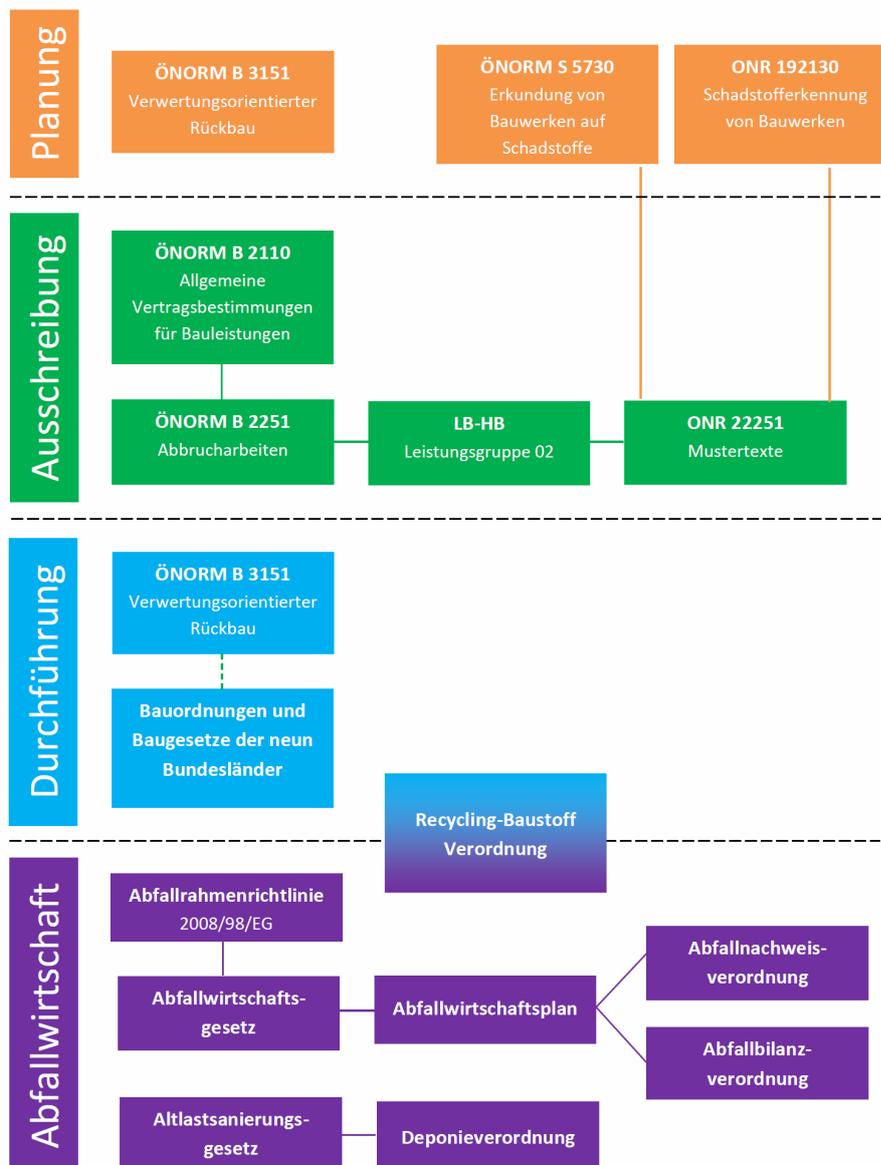


Abbildung 1: Teilprozesse des Abbruchs und dessen relevantesten Rechtsvorschriften (eigene Darstellung)

2.1 Teilprozess Planung

Der Bereich der Abbruchplanung umfasst den Zeitpunkt, ab dem das Ende der Nutzungsdauer des Objekts erreicht ist oder kurz bevorsteht. Nach dem Ende der Nutzungsdauer steht die Entscheidung an, ob das Objekt saniert oder abgebrochen wird. Dieser Prozess ist begleitet von der Ideenfindung bis hin zum Beginn der tatsächlichen Abbruchtätigkeiten. Diesem Prozess kommt eine große Bedeutung zu, da in diesem Stadium die Grundlage für alle weiteren Prozessschritte gelegt wird.

Die Abbruchplanung wird vom Bauherrn/Auftraggeber, vom Architekten/Ziviltechniker, Erdbauer und/oder Baumeister durchgeführt. Bei der Abbruchplanung zu berücksichtigen sind unter anderem Gesetze, Auflagen, Genehmigungen, Arbeitsschutz, Umweltschutz, Abbruch- und Entsorgungskonzepte, Termine, betriebliche Randbedingungen, Bedingungen an der Baustelle oder auch bautechnische Zustandsgrößen [ABW Recycling, s.a., S.3]. Auf alle Fälle muss eine Gewerbeberechtigung für den Abbruch von Gebäuden bestehen. Aus § 99 Abs. 1 Z 3 GewO 1994 i.d.F.d. GewR.Nov. 2002 ist zu entnehmen, dass Baumeister befugt sind, Erd- und Abbrucharbeiten aller Art und Größenordnungen vorzunehmen. Für den Erdbauer gilt die 1. Teilgewerbeverordnung (BGBl. II Nr. 11 vom 15. Jänner 1998). Der Berechtigungsumfang umfasst unter anderem den „*Abbruch von Bauwerken nach Maßgabe eines von einem hierzu Befugten erstellten Abbruchplanes.*“ [EB, 2008, S1].

Auch ist seit 01.01.2016 entsprechend der ÖNORM B 3151 in bestimmten Mengenschwellen die Erstellung eines Rückbaukonzepts inklusive Schadstofferkundung (ÖNORM S 5730) bzw. Schadstofferkennung (ONR 192130) erforderlich. Die finalen Planungsunterlagen bilden anschließend die Grundlage für die detaillierte Ausschreibung.

2.2 Teilprozess Ausschreibung/Vergabe

Von Beginn an stellt sich die Frage: Pauschalangebot oder Ausschreibung? Pauschalangebote werden oft bevorzugt, da diese auf den ersten Blick kosteneffizienter erscheinen. Treten im Zuge der Arbeiten allerdings unerwartete Komplikationen auf, drohen höhere Kosten und Zeitverzögerung. Es ist daher von Vorteil, sich vor dem Abbruch über die optimale Vorgangsweise detailliert zu informieren.

Bei der Ausschreibung von Abbrucharbeiten sind grundsätzlich die allgemeinen Vertragsbestimmungen für Bauleistungen (ÖNORM B 2110) einzuhalten. Diese können mit spezifischen Normwerken (ÖNORM B 2251 – Abbrucharbeiten) bzw. Ausschreibungstexten (Leistungsbeschreibung Hochbau |Leistungsgruppe 02; bzw. ONR 22251: Mustertexte für umweltgerechte bauspezifische Leistungsbeschreibung) ergänzt werden. Nach erfolgreicher Fertigstellung der Ausschreibungsunterlagen und Vergabe der Abbrucharbeiten beginnt die eigentliche Rückbautätigkeit.

2.3 Teilprozess Durchführung

Der Regelkreis Baurecht umfasst den Prozess vom Abbruchplan bis zum tatsächlichen Abbruch. Für einen gesetzeskonformen Abbruch ist in der Regel eine Abbruchgenehmigung in Form eines Bescheids erforderlich. In einigen Bundesländern ist der Abbruch eines Gebäudes nur anzeigepflichtig. Im Regelkreis Baurecht sind der Bauherr sowie die Baubehörde und die Baupolizei zentrale Akteure. Bei der Erlangung eines positiven Abbruchbescheids findet bis dato keine oder eine lediglich bescheidene Regelung bzw. Kontrolle der zu entsorgenden Abfälle statt. Der Regelkreis Bauwirtschaft umfasst den Bereich der Abbruchauftragsausführung in konzeptioneller wie in praktischer Hinsicht. Ab diesem Zeitpunkt wird die festgelegte Abbruchplanung umgesetzt und der verwertungsorientierte Rückbau praktiziert. Die Qualität einer Schadstoffentfrachtung hängt hierbei von der Aufklärung und des Verständnisses der arbeitenden Personen ab. Bei einem direkten Kontakt zwischen Bauherr und Abbruchunternehmen kann oft noch eine Adaptierung des Zeitplans vorgenommen werden, die einen Rückbau statt der Demolierung ermöglicht. Bei der Einschaltung eines Generalunternehmers ist durch die geplanten Zeitvorgaben eine derartige Flexibilität oft nicht gegeben [Magistrat der Stadt Wien, 2004].

Neben den technischen Vorgaben entsprechend der ÖNORM B 3151 sind in dieser Phase vorwiegend auch die Inhalte der einzelnen Bauordnungen bzw. Baugesetze der neun Bundesländer zu berücksichtigen. Zum einen müssen entsprechende Dokumente für die Erlangung einer Abbruchgenehmigung eingereicht werden. Zum anderen muss die Sicherheit während der Durchführung des gesamten Abbruchs sichergestellt werden. Parallel dazu sind in der neuen Recycling-Baustoffverordnung weitere Anforderungen an den Abbruch von Gebäuden beschrieben.

2.4 Teilprozess Abfallwirtschaft

Der Regelkreis Abfallwirtschaft umfasst den Prozess der Sammlung, Verwertung und Beseitigung von Baurestmassen an sich, d.h. es liegt eine Entledigungsabsicht vor. Die Entsorgungs- und Verwertungswege der Baurestmassen innerhalb der Abfallwirtschaft stehen im Mittelpunkt der Betrachtungen. Grundsätzlich legt die Abfallrahmenrichtlinie fest, welche Kriterien für das Erreichen des Endes der Abfalleigenschaft bestimmter Abfälle heran zu ziehen sind. Dabei werden Parameter für das Ende der Abfalleigenschaft zugrunde gelegt, welche mit ökologischem und ökonomischem Nutzen verbunden sind. Mögliche Kategorien von Abfällen, für die ein Abfallende entwickelt werden soll, sind z.B. Bau- und Abbruchabfälle aber auch Aschen, Schlacken, Metallabfälle, Reifen, Kompost, Altpapier, Glas usw. Laut Abfallrahmenrichtlinie sind neben spezifischen Kriterien folgende Bedingungen zu erfüllen:

- Der Stoff/Gegenstand wird für bestimmte Zwecke verwendet.
- Es besteht ein Markt für diesen Stoff oder eine Nachfrage danach.

- Der Stoff erfüllt die technischen Anforderungen für die bestimmten Zwecke und genügt den bestehenden Rechtsvorschriften und Normen für Erzeugnisse und
- die Verwendung des Stoffs führt nicht zu schädlichen Umwelt- oder Gesundheitsfolgen.

Im Regelkreis Recyclingbaustoffe sind die relevanten Akteure die Abbruchunternehmen, die meist auch das Material einer ersten Aufbereitung zuführen, Aufbereitungsanlagenbetreiber, Recyclingbaustoffhersteller, Recyclingbaustoffhändler, das Zollamt sowie der Konsument. Der Bauherr übt Einfluss auf die Durchführung der Abbruchtätigkeiten durch den Entscheid, welche Aktivitäten ausgeschrieben werden und in welcher Form. Den Konsument/innen kommt eine große Bedeutung zu, da sie aus verschiedenen Gründen einen Markteintritt von Recyclingbaustoffen durch Nachfrage fördern oder hemmen. Das negative Image dieser Materialien ist bei den Konsument/innen das Hauptargument, diese nicht einzubauen. Dazu kommt eine rechtliche Unsicherheit im Zuge der Entrichtung des Altlastensanierungsbeitrags beim Einbau von Abfällen. Da es kein rechtlich abgesichertes Abfallende gibt, sind aufbereitete Abfälle nach wie vor Abfälle. Dazu kommt die Tatsache, dass Primärrohstoffe teilweise billiger bereitgestellt werden können als Recycling-Materialien.

Aufbereitungsanlagenbetreiber/innen verfügen über jene genehmigten mobilen oder stationären Anlagen, mit denen Baurestmassen gebrochen, gesiebt oder in anderer Art und Weise aufbereitet werden. Für eine sichere Positionierung am Markt war es bislang notwendig, in irgendeiner Form Qualitätssicherung zu betreiben. Dies kann über Kriterien des Qualitätssicherungshandbuches erfolgen oder über eine Zertifizierung des Österreichischen Güteverbands für Recyclingbaustoffe. Mit der Recycling-Baustoffverordnung bekommt dieses quasi-freiwillige Qualitätsmanagement für Baustoffe (zum Entgehen des Alsag-Beitrags) für alle Aufbereitungsanlagenbetreiber/innen die Recycling-Materialien verkaufen wollen, einen rechtlichen bindenden Rahmen.

Der Österreichische Baustoff-Recycling Verband ist eine freiwillige Vereinigung von Recyclingunternehmen und stellt die Interessensvertretung der Recycling-Baustoff-Wirtschaft dar. Der Österreichische Güteschutz Verband für Recycling-Baustoffe vergibt das Gütezeichen für Recycling-Baustoffe. Ein Betrieb, der mit dem Gütezeichen für Recycling-Baustoffe ausgezeichnet ist, muss die Einhaltung der Qualitätsstandards regelmäßig von akkreditierten Labors des Österreichischen Güteschutz Verbandes Recycling-Baustoffe überprüfen lassen. Der Güteschutz Verband Recycling-Baustoffe hat die „Richtlinie für Recycling-Baustoffe“, die „Richtlinie für Recycling-Sand aus mineralischen Baurestmassen“ sowie die „Richtlinie für Recycling-Baustoffe aus Hochbaurestmassen“ herausgegeben. In diesen Richtlinien werden Art und Umfang der Überprüfungen festgelegt [Österreichischer Baustoff-Recycling Verband, 2009].

Hinsichtlich den rechtlichen Rahmenbedingungen ist noch zu erwähnen, dass Baurestmassen entsprechend der Abfallrahmenrichtlinie 2008/98/EG vorrangig wiederverwendet oder recycelt

werden müssen, bevor sie einer sonstigen Verwertung zugeführt oder gar deponiert werden. In Österreich wird diese Richtlinie unter anderem im Abfallwirtschaftsgesetz umgesetzt und über den Abfallwirtschaftsplan evaluiert. Ein Sonderthema spielt dabei das Altlastensanierungsgesetz, welche Vorgaben zu besonderen Abfallfraktionen machen. Diese Rechtsvorschrift wird seit 01.01.2016 durch die Recycling-Baustoffverordnung ergänzt, welche einerseits die ÖNORM B 3151 rechtlich bindend macht (siehe auch Planung und Durchführung von Abbruchtätigkeiten) und andererseits vorschreibt, wie Baurestmassen zukünftig zu trennen bzw. zu behandeln sind, und wie das Abfallende zu erfolgen hat.

3 Simulation des verwertungsorientierten Rückbaus

Um herauszufinden, welche Bauteile bzw. Baumaterialien sich für eine Wiederverwendung bzw. -verwertung eignen, wurden acht Gebäudemodelle entwickelt und hinsichtlich ihrer Rückbaufähigkeit analysiert. Inhalt dieses Abschnitts ist die Beschreibung der Simulationsgrundlagen und Ergebnisse.

3.1 Simulationsgrundlagen

Grundlage für die Entwicklung der Gebäudemodelle bildeten die in den Projekten EPISCOPE (eine Typologie österreichischer Wohngebäude) und EnBa (Entwicklung einer Strategie zur nachhaltigen Nutzung von Baurestmassen) grob definierten Modellgebäude inkl. der entsprechenden Bauteilaufbauten. Diese wurden im Zuge des Projekts R-Bau weiter spezifiziert und für die Analyse aufbereitet. Insgesamt liegen die Aufbauten von 16 Bauteilen für acht Modellgebäude vor (vgl. Abbildung 2 bzw. Tabelle 1).

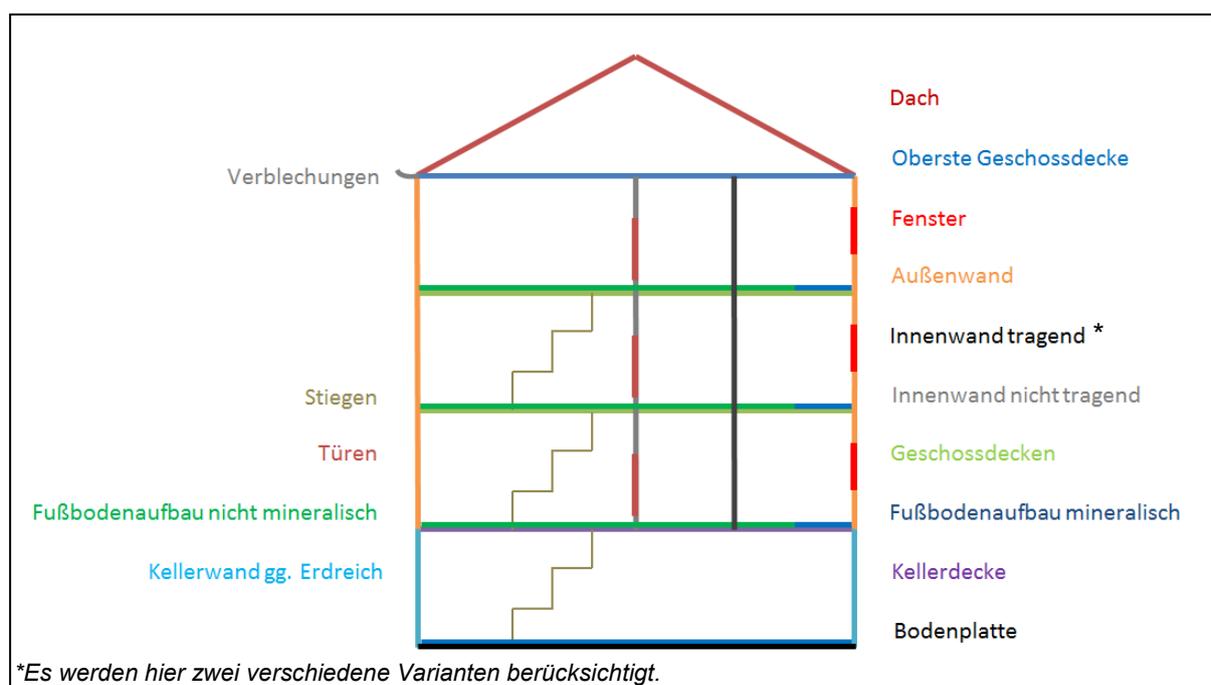
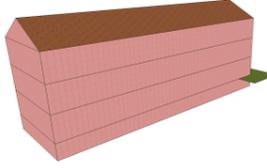
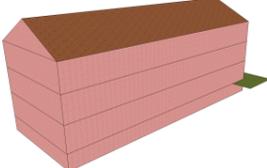
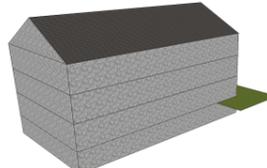
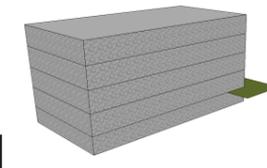
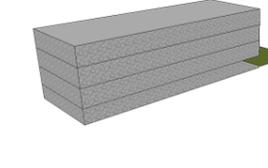
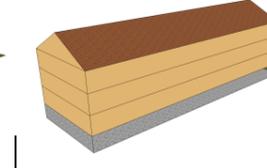
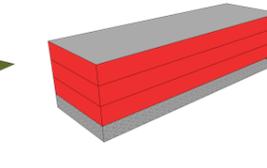


Abbildung 2: Analytierte Bauteile/Systemgrenze (eigene Darstellung)

Tabelle 1 fasst die Eckdaten der Modellgebäude zusammen. Es wird an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass in den einzelnen Bauperioden unterschiedliche Bauweisen angewendet wurden und daher die dargestellten Modellgebäude nicht zwingend die vorrangige Bauweise der einzelnen Bauperioden repräsentieren. Vielmehr wurde versucht, einen Mix an Baukonstruktionen zusammenzustellen, um eine möglichst umfassende Bewertung durchführen zu können. Durch die Betrachtung auf Bauteilebene kann die Bewertung für jedes beliebige Gebäude angewendet werden.

Tabelle 1: Charakteristika der Modellgebäude inkl. Kurzbeschreibung der Bauteilaufbauten (eigene Darstellung)

Bauperiode	Bis 1919	1920-44	1945-59	1960-79	1980-89	1990-99	2000-20	>2020
Parameter								
Brutto Geschossfläche	2.184 m ²	2.624 m ²	1.344 m ²	2.408 m ²	2.100 m ²	1.488 m ²	2.870 m ²	2.296 m ²
Brutto Rauminhalt	8.804 m ³	10.824 m ³	4.318 m ³	6.682 m ³	5.880 m ³	4.129 m ³	7.089 m ³	6.429 m ³
Breite x Länge	13x42 m	16x41 m	14x24 m	14x43 m	15x28 m	12x31 m	14x41 m	14x41 m
Wohneinheiten	12	12	10	12	14	14	25	25
Stockwerke	3	3	3	3	4	3	3	3
Türen	Holztüren	Holztüren	Holztüren	Holztüren	Holztüren	Holztüren	Holztüren	Holztüren
Fenster	Holzfenster, Einfachverglasung	Holzfenster, Einfachverglasung	Holzfenster, Zweifach-Verbundglas	Holzfenster, Isolierverglasung	Holzfenster, Isolierverglasung	Kunststofffenster, Isolierverglasung	Kunststofffenster, Isolierverglasung	Kunststofffenster, Wärmeschutzverglasung
Bodenbelag mineralisch	Naturstein mit Kleber	Naturstein mit Kleber	Fliese mit Kleber	Fliese mit Kleber	Fliese mit Kleber	Fliese mit Kleber	Fliese mit Kleber	Fliese mit Kleber
Bodenbelag nicht mineralisch	Massivparkett, klassisch	Massivparkett, klassisch genagelt	Massivparkett mit Kleber	Massivparkett mit Kleber	PVC mit Kleber	PVC mit Kleber	PVC mit Kleber	PVC mit Kleber
Dach	Steildach: Holzdachstuhl, Deckung: Tonziegel	Steildach: Holzdachstuhl, Deckung: Tonziegel	Steildach: Holzdachstuhl, Deckung: zementgebundene Mineralfaserplatte	Flachdach: Gips-Kalk-Innenputz, Stahlbeton, XPS, HFKW-geschäumt (4 cm), Schotter	Flachdach: Kalkzementputz, Stahlbeton, XPS, HFKW-geschäumt (8 cm), Schotter	Flachdach: Kalkzementputz, Stahlbeton, EPS-W (12 cm) Schotter	Steildach: Holzkonstruktion mit MW(GW)-W (20 cm), Deckung: Tonziegel	Flachdach: Gips-pachtel, Stahlbeton, EPS-W (36 cm), Schotter
Verblechungen	Stahlblech, verzinkt	Stahlblech, verzinkt	Stahlblech, verzinkt	Stahlblech, verzinkt	Stahlblech, verzinkt	Stahlblech, verzinkt	Aluminiumblech	Aluminiumblech
Oberste Geschossdecke	Kalkputz, Dippelbaumdecke, Kesselschlacke (4 cm), Brandschutzziegel	Kalkputz, Holzbalkendecke, Kesselschlacke (5 cm)	Gips-Kalk-Innenputz, Stahlbetondecke, Schüttung aus Sand/ Kies/ Splitt (10 cm)	-	-	-	siehe Geschossdecken; Dachboden beheizt	-
Geschossdecken	Kalkputz, Dippelbaumdecke, Kesselschlacke (4 cm)	Kalkputz, Holzbalkendecke, Kesselschlacke (5 cm)	Gips-Kalk-Innenputz, Stahlbetondecke, MW(GW)-T (3 cm), Estrich	Gips-Kalk-Innenputz, Stahlbetondecke, MW(GW)-T (3 cm), Estrich	Kalkzementputz, Ziegeldecke ohne Aufbeton, Splittschüttung, MW(GW)-T (3 cm), Estrich	Kalkzementputz, Stahlbetondecke, EPS-T (3 cm), Estrich	Tramdecke, Holzkonstruktion mit MW(GW)-W (12 cm)	Gips-pachtel, Stahlbetondecke, EPS-T (3 cm), Estrich
Außenwand	Kalkputz, Vollziegel-Mauerwerk, Kalkputz	Kalkzementputz, Vollziegel-Mauerwerk, Kalkzementputz	Gips-Kalk-Innenputz, Betonhohlstein-Mauerwerk, Holzwolle Platte magnesitgebunden (2 cm), Kalkzementputz (außen)	Gips-Kalk-Innenputz, Stahlbetonwand, EPS-F (8 cm), Silikatputz	Kalkzementputz, Betonhohlstein-Mauerwerk, EPS-F (8 cm), Silikatputz	Kalkzementputz, Betonhohlstein-Mauerwerk, EPS-F (10 cm), Silikatputz	Holzständeraußenwand, MW(GW)-W (16 cm), Silikatputz	Kalkzementputz, Hochlochziegelwand, EPSF (28 cm), Silikatputz
Innenwand tragend Variante 1	Vollziegel-Mauerwerk, Kalkputz	Vollziegel-Mauerwerk, Kalkputz	Betonhohlstein-Mauerwerk, Gips-Kalk-Innenputz	Stahlbetonfertigteile, Gips-Kalk-Innenputz	Betonhohlstein-Mauerwerk, Kalkzementputz	Betonhohlstein-Mauerwerk, Kalkzementputz	Gipskartonständerwand	Hochlochziegel-Mauerwerk, Kalkzementputz
Innenwand tragend Variante 2	-	-	-	-	-	-	Stahlbetonwand, Gips-pachtel	-
Innenwand nicht tragend	Vollziegel-Mauerwerk, Kalkputz	Vollziegel-Mauerwerk, Kalkputz	Hochlochziegel-Mauerwerk, Gips-Kalk-Innenputz	Hochlochziegel-Mauerwerk, Gips-Kalk-Innenputz	Gips-Wandbauplatte	Gipskartonständerwand	Gipskartonständerwand	Gipskartonständerwand
Stiegen	Stahlbetonstiege	Stahlbetonstiege	Stahlbetonstiege	Stahlbetonstiege	Stahlbetonstiege	Stahlbetonstiege	Stahlbetonstiege	Stahlbetonstiege
Kellerdecke	Ziegelgewölbe, Kesselschlacke (8 cm)	Stahlbetondecke, Kesselschlacke (6 cm), Estrich	Gips-Kalk-Innenputz, Stahlbetondecke, MW(GW)-T (4 cm), Estrich	Gips-Kalk-Innenputz, Stahlbetondecke, MW(GW)-T (4 cm), Estrich	Kalkzementputz, Ziegeldecke mit Aufbeton, MW(GW)-T (8 cm), Estrich	Kalkzementputz, Stahlbetondecke, EPS-W; EPS-T (8 cm), Estrich	Gips-pachtel, Stahlbetondecke, EPS-W; EPS-T (14 cm), Estrich	Gips-pachtel, Stahlbetondecke, EPS-W; EPS-T (23 cm), Estrich
Kellerwand gg. Erdreich	Vollziegel-Mauerwerk, unverputzt	Vollziegel-Mauerwerk, unverputzt	Gips-Kalk-Innenputz, Betonhohlstein-Mauerwerk, Bitumenanstrich	Gips-Kalk-Innenputz, Stahlbetonwand, Anstrich	Kalkzementputz, Betonhohlstein-Mauerwerk, Anstrich	Kalkzementputz, Betonhohlstein-Mauerwerk, XPS-G (6 cm), Drainplatte (2 cm)	Gips-pachtel, Stahlbetonwand, XPS-G (12 cm), Drainplatte (8 cm)	Gips-pachtel, Stahlbetonwand, XPS-G (24 cm), Drainplatte (8 cm)
Bodenplatte	Normalbeton, Kesselschlacke (8 cm), Estrich	Normalbeton, Kesselschlacke (8 cm), Estrich	Normalbeton, XPS, HFKW-geschäumt (6 cm), Estrich	Normalbeton, XPS, HFKW-geschäumt (12 cm), Estrich	Normalbeton, XPS, HFKW-geschäumt (20 cm), Estrich	Normalbeton, XPS-G (20 cm), Estrich	Normalbeton, XPS-G (24 cm), Estrich	Normalbeton, XPS-G (24 cm), Estrich

Die Zusammensetzung der Modellgebäude schwankt zwischen den einzelnen Bauperioden/Baustilen stark. Während vor dem 2. Weltkrieg die Ziegelbauweise dominiert (ca. 76 %; „vor 1919“), wird nach 1945 die Betonbauweise immer relevanter (ca. 88 %; „1990 bis 1999“). Ab den 1980er Jahren vollzieht sich ein weiterer Wechsel in der Bauweise. Der Anteil an kunststoffhaltigen Bauteilen (v.a. Dämmstoffe, Dichtungen) nimmt ab diesem Zeitpunkt zu. Generell steigt die Anzahl unterschiedlich eingesetzter Baustoffe und Bauteile. Während das Modellgebäude „vor 1919“ aus 18 unterschiedlichen Bauteilen und aus zehn unterschiedlichen Materialklassen besteht, erhöht sich diese Anzahl im Vergleich zu einem heute errichteten Bauwerk aus den Jahren „2000 bis 2020“ auf 44 Bauteile aus 13 unterschiedlichen Materialklassen. Ein weiterer Trend in der 2. Hälfte des 20. Jahrhunderts betrifft gipsgebundene Baustoffe. Deren Anteil an der Gebäudemasse steigt im Laufe der Zeit auf knapp 8 % an (Bauperiode „1990 bis 1999“). Interessant ist dies, unter dem Aspekt des Recyclings von zementgebundenen Baustoffen zu betrachten. Für ein Recycling von zementgebundenen Baustoffen ist Gips bzw. das enthaltene Sulfat ein limitierender Faktor. Der Gehalt von Gips darf ca. 1,8 % in Recycling-Beton nicht übersteigen, da ansonsten durch „Sulfattreiben“ negative Auswirkungen auf die Eigenschaften des Recycling-Betons zu erwarten sind. Ein gegenteiliger Trend ist bei der verbauten Gebäudemasse zu beobachten. Während bei einem Bauwerk „vor 1919“ ca. 1,6 t pro m³ umbauten Raum aufgewendet werden, sinkt dieser Wert gegenwärtig auf knapp über 1,0 t (vgl. Abbildung 3). Dies ist einerseits auf eine Reduktion der Raumhöhen zurückzuführen, andererseits vollzieht sich über die letzten Dekaden ein Wandel von der Massiv- zur Leichtbauweise.

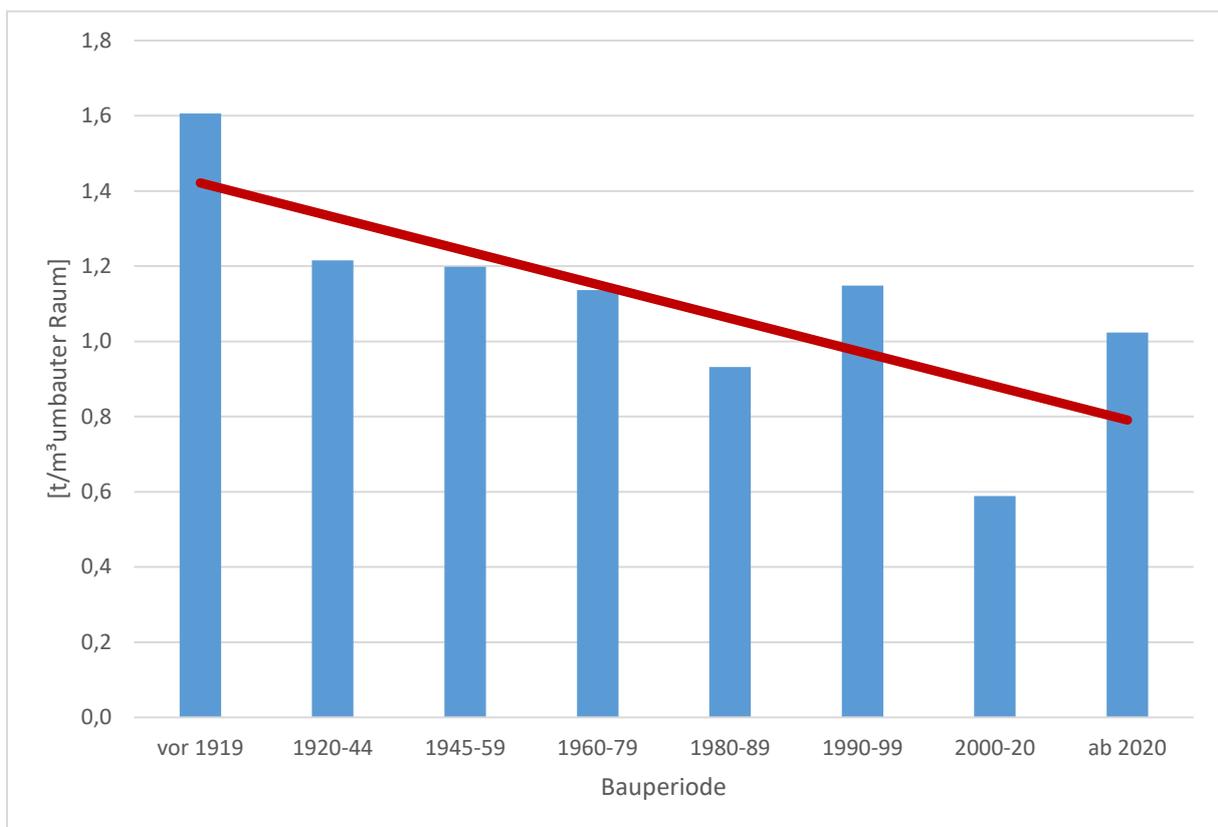


Abbildung 3: Gebäudemasse pro m³ umbauter Raum; (eigene Berechnung und Darstellung)

3.2 Simulationsergebnisse

Die Bewertung der oben angeführten Modellgebäude erfolgt auf Gebäude- und auf Bauteilebene. Die Einzelergebnisse sind in folgenden Abschnitten zusammengefasst.

3.2.1 Ergebnisse technische Bewertung

Für die technische Bewertung wurde der Entsorgungsindikator auf Bauteilebene ausgewertet. Der Entsorgungsindikator beschreibt dabei die Entsorgungseigenschaften der in einem Gebäude verbauten Baustoffe und Bauteile. Unter Entsorgung wird dabei die stoffliche und thermische Verwertung sowie Beseitigung von Abfällen verstanden. Die Bewertung erfolgt mittels Zahlenwerten, wobei „1“ das beste Ergebnis darstellt und „5“ das schlechteste Ergebnis. Für die Bewertung von Bauteilen werden die Ergebnisse der einzelnen Baustoffe – unter Berücksichtigung des anfallenden Volumens der Einzelergebnisse (Entsorgungseinstufung, Verwertungspotential, Entsorgungszahl) und der Abfallfraktion – gewichtet. Für die Bewertung von Gebäuden werden die Einzelergebnisse auf Bauteilebene wiederum durch gewichtete Mittelung errechnet.

Die Simulationen haben gezeigt, dass die Entsorgungseigenschaften von Bauteilen schlechter werden, je mehr Baustoffe mit einem hohen Entsorgungsindikator (stoffliche oder thermische Verwertung aus technischen oder wirtschaftlichen Gründen nicht möglich) eingesetzt werden. Besonders Bodenplatte, Kellerdecke, Außenwand und Geschossdecke weisen in allen Bauperioden relativ hohe Entsorgungsindikatoren auf. Bei der Bodenplatte beispielsweise ergibt sich dies durch das mangelhafte Verwertungspotential der Kesselschlacke bzw. den hohen Volumensanteil der Dämmmaterialien.

Auch ist zu erkennen, dass vor allem beim Dach, den Innenwänden und der Kellerwand gegen Erdreich der Entsorgungsindikator mit zunehmender Bauperiode ansteigt. Dies ist vor allem dadurch zu erklären, dass es im Laufe der Jahre zu einem kontinuierlichen Anstieg der Anforderungen an den Heizwärmebedarf und die U-Werte der einzelnen Bauteile gekommen ist. Um den Anforderungen gerecht zu werden, mussten diese mit Dämmstoffen erweitert werden, was sich negativ auf die Entsorgungseigenschaften der Einzelbauteile auswirkt. In Abbildung 4 ist der Entsorgungsindikator und der Heizwärmebedarf der Modellgebäude dargestellt.

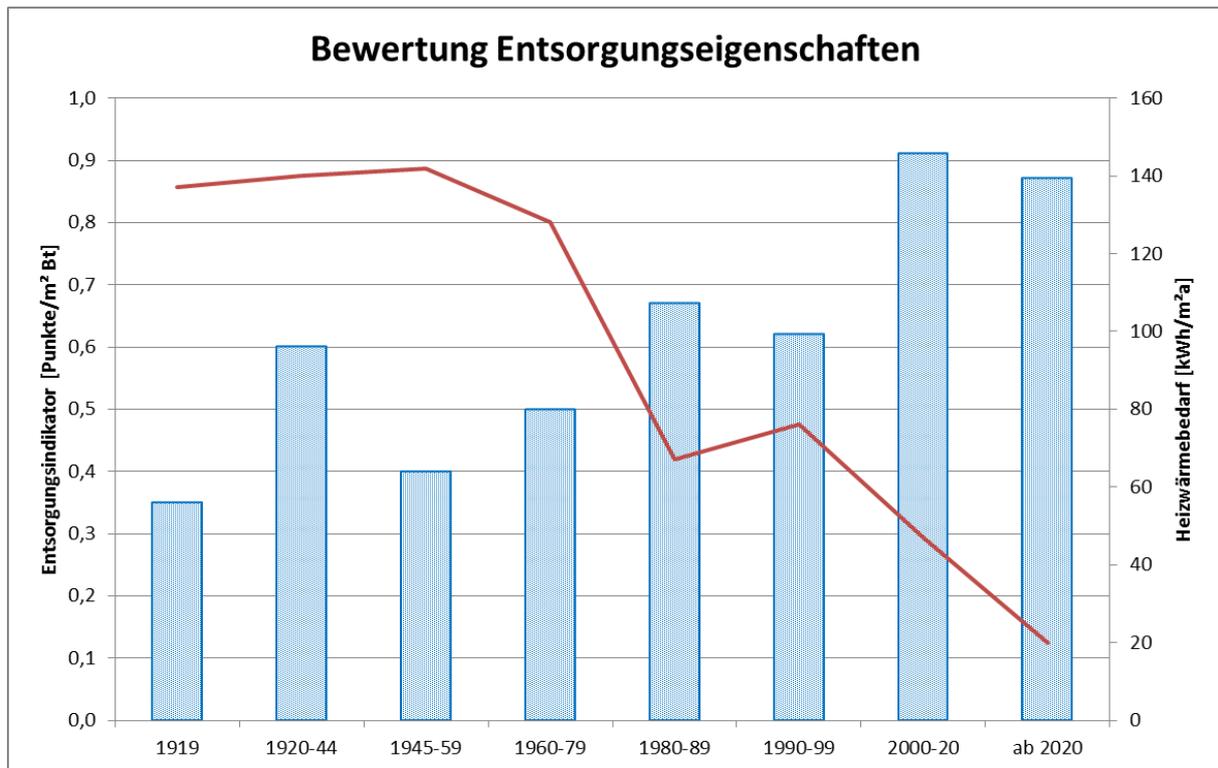


Abbildung 4: Entsorgungsindikator der Gebäudemodelle in Abhängigkeit des Heizwärmebedarfs (eigene Darstellung)

Fazit aus dieser Betrachtung ist somit: Je mehr Baustoffe mit schlechten Entsorgungseigenschaften verbaut sind, desto schlechter sind die Entsorgungseigenschaften der Gebäude. Darüber hinaus ist festzustellen, dass bei thermisch optimierten Bauwerken, im Fall des Abbruchs, mit höheren Aufwänden und somit Kosten zu rechnen ist.

3.2.2 Ergebnisse ökonomische Bewertung

Aus der vorhergehenden Betrachtung kann abgeleitet werden, dass die Kosten mit den Entsorgungseigenschaften der Gebäude indirekt korrelieren werden. Dies wurde auch in der ÖNORM B 3151 mit folgendem Passus berücksichtigt: „*die beim Rückbau anfallenden Abfälle sind einer Verwertung zuzuführen, wenn dies ökologisch zweckmäßig, technisch möglich und nicht mit unverhältnismäßigen Kosten verbunden ist.*“ Demzufolge ist jeder Abbruch – unter Berücksichtigung der Grundsätze der Abfallhierarchie – kostenoptimal durchzuführen. In weiterer Folge wird bei der ökonomischen Bewertung somit nur der Standardfall – Rückbau unter Berücksichtigung der gesetzlichen Vorgaben – betrachtet.

Für die Simulationsgebäude wurden absolute Kosten für Abbruch und Entsorgung zwischen € 450.000,- und € 850.000,- errechnet, wobei ein Vergleich zwischen den Bauwerken schwer ist, da es sich um eine unterschiedliche Ausstattung nach Volumina bzw. Bruttogeschossflächen handelt. Wird auf eine Referenzgröße gerechnet (hier: EUR/m² BGF), und vergleicht man diese mit den Errichtungskosten (Stand 2013; € 1.890,-/m² BGF; [derStandard.at, 2013]), ergibt sich ein Anteil der Rückbau- und Entsorgungskosten im Verhältnis zu den Errichtungskosten zwischen 8 % und 22 %.

Die Rückbaukosten (Stufe 1 und Stufe 2 zusammen) bei einem heute (2015) errichteten Gebäude fallen um ca. 60 % höher aus als bei einem Gebäude der Gründerzeit (vor 1919). Die Entsorgungskosten pro Tonne anfallender Baurestmassen variieren hingegen bei einem vor 1919 bzw. heute errichteten Gebäude nur geringfügig (+ 9 %). Ein Grund dafür ist die Abkehr von einer monolithischen Massivbauweise hin zur Leichtbauweise, teilweise mit Verbundstoffen. Die gestiegene Anzahl von eingesetzten Bauteilen (1919: 18; 2015: 44) verdeutlicht den zu erwartenden gestiegenen Aufwand für den Rückbau und die Trennung im Falle einer Sanierung und eines Abbruchs von Gebäuden.

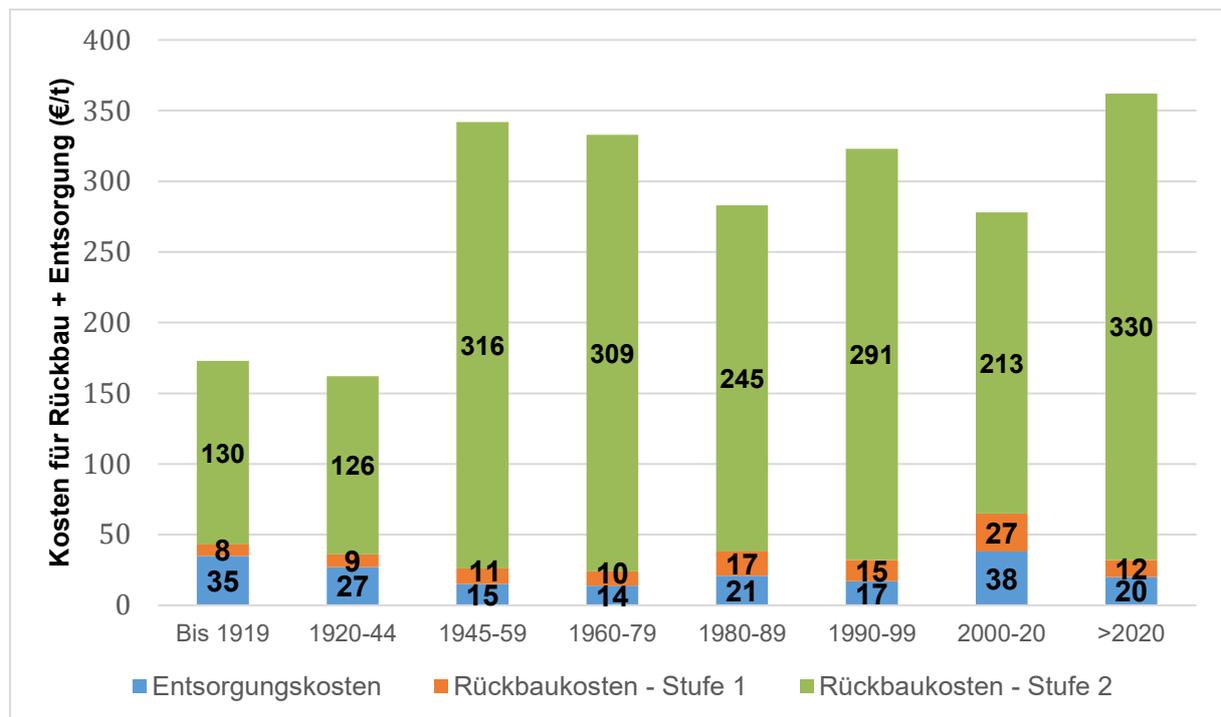


Abbildung 5: Kosten für Rückbau und Entsorgung nach Bauperiode im Vergleich (€/t); (eigene Darstellung)

Die Entsorgungskosten haben an den Gesamtkosten für einen Rückbau (Rückbauarbeiten + Entsorgungskosten) einen relativ geringen Anteil. Dieser variiert jedoch stark zwischen 4 % („1960 bis 1979“) und 20 % („vor 1919“). Der relevanteste Kostentreiber ist der maschinelle Rückbau tragender Gebäudeteile (v.a. Außenwand, tragende Innenwände, Geschossdecken). 75 % bis 93 % entfallen auf diese Kostenkategorie. Dies zum einen, weil der Rückbau der genannten Bauteile teuer ist (z.B.: Abbruch 1 m³ Wand, Stahlbeton: € 823,53).

3.2.3 Ergebnisse ökologische Bewertung

In den vorliegenden Betrachtungen sind die ökologischen Auswirkungen, welche sich durch den Rückbau/Abriß, den Transport, die Abfallbehandlung (Aufwände in Sortieranlagen und Abfallverbrennungsprozessen) und die Beseitigung der Baurestmassen (Manipulation auf der Deponie) ergeben, berücksichtigt. Nicht berücksichtigt sind die Vor- bzw. Nachteile, welche sich beispielsweise durch das Produkt- bzw. Materialrecycling ergeben (z.B. Substitution von fossilen Brennstoffen durch die Verbrennung von verwertbaren Abfallstoffen).

Grundsätzlich wird bei der ökologischen Bewertung zwischen den Szenarien „Standardfall“ und „Best Case“ unterschieden. Der Unterschied zwischen diesen beiden Szenarien ist, dass im „Standardfall“ aufgrund der technischen bzw. wirtschaftlichen Rahmenbedingungen ein Großteil der anfallenden Baurestmassen nach einer entsprechenden Aufbereitung deponiert wird (Deponiequote 97 % im Durchschnitt); im Gegensatz dazu wird im „Best Case“ ein Großteil der anfallenden Baurestmassen recycelt (Recyclingquote 88 % im Durchschnitt).

Dadurch ist es möglich, die in der ÖNORM B 3151 geforderte ökologische Zweckmäßigkeit zu bewerten. Ausgewertet werden für die Bewertung der Umweltauswirkung einerseits das Treibhauspotential und andererseits das Versauerungspotential.

Treibhauspotential

In Abbildung 6 ist das Treibhauspotential, welches durch den Rückbau von Gebäuden und die Entsorgung der Baurestmassen entsteht, in Abhängigkeit der beiden Szenarien "Best Case" und "Standardfall" (siehe Kapitel 3.2.3), dargestellt.

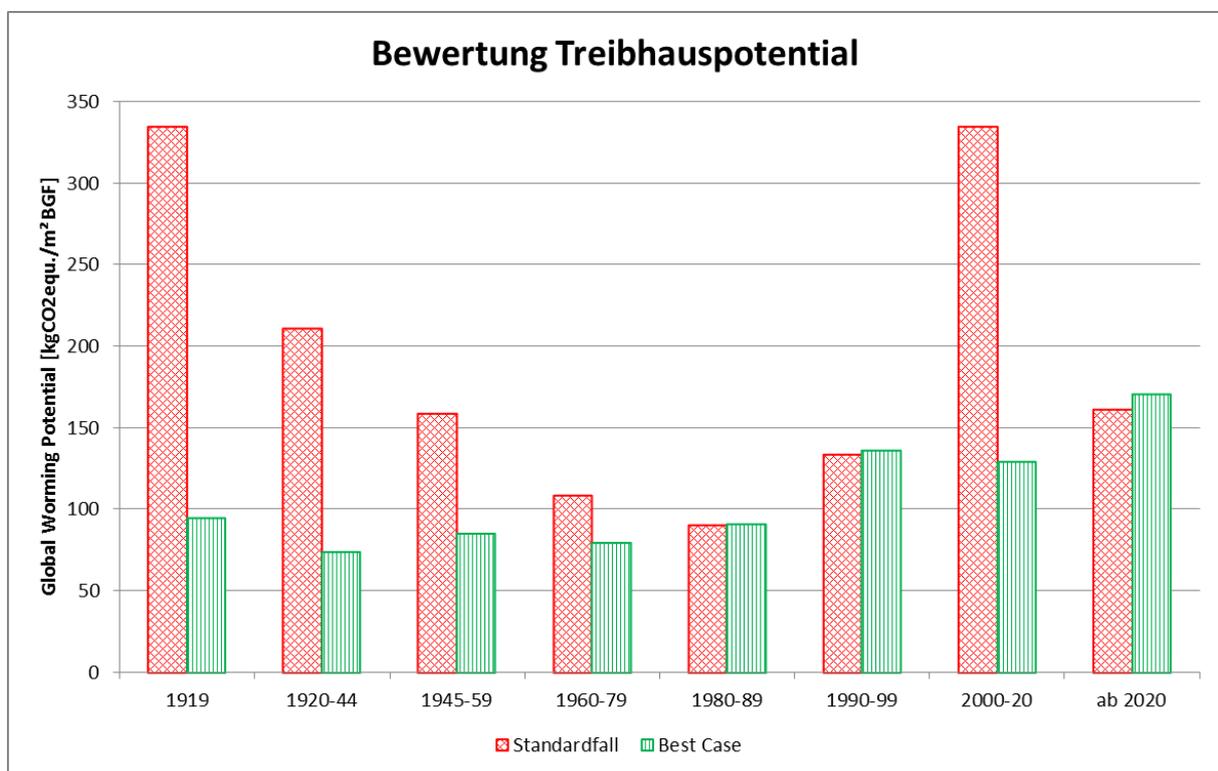


Abbildung 6: Treibhauspotential für den Rückbau und die Entsorgung in Abhängigkeit der Modellgebäude (eigene Darstellung)

Die Abbildung zeigt, dass im Standardfall das Treibhauspotential zwischen 91 kg CO₂-equ./m²_{BGF} (Bauperiode 1980-89) und 335 kg CO₂-equ./m²_{BGF} (Bauperiode 2000-20) schwankt. Im „Best Case“ schwankt das Treibhauspotential hingegen zwischen 75 kg CO₂-equ./m²_{BGF} (Bauperiode 1920-44) und 171 kg CO₂-equ./m²_{BGF} (Bauperiode ab 2020). Grundsätzlich ist das Treibhauspotential im Standardfall um bis zu 72 % höher als im „Best

Case“-Szenario. Bei drei Modellgebäuden (1980-89; 1990-99; ab 2020) hingegen zeigt sich ein gegenteiliges Bild (Treibhauspotential im Standardfall um bis zu 6 % geringer als im „Best Case“). Der Grund dafür liegt in den Entsorgungseigenschaften der den Gebäudemodellen zugrunde liegenden Baustoffe.

Besonders die Türen, Fenster und die Bodenplatte weisen bei beiden Szenarien ein relativ hohes Treibhauspotential auf. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Türen und Fenster in beiden Szenarien in einer Müllverwertungsanlage entsorgt bzw. das Glas recycelt oder deponiert wird (kein anderer Entsorgungsweg in eco2soft wählbar) und die in der Bodenplatte eingesetzten Baustoffe ein relativ hohes Treibhauspotential aufweisen. Hingegen ist bei allen anderen Bauteilen eine mehr oder weniger hohe Relevanz in Abhängigkeit des Entsorgungswegs und des Gebäudemodells zu erkennen. So ist beispielsweise bei den Geschossdecken zu erkennen, dass diese in den Bauperioden 1919, 1920-44 und 2000-20 einen besonders hohen Anteil am gesamten Treibhauspotential haben. Dies ist darauf zurückzuführen, dass diese in diesen Bauperioden aus Holzbalken bestehen, welche im Normalfall verbrannt werden (Standardfall). Gelingt es jedoch, die Holzbalken am Ende der Lebensdauer wieder aufzubereiten und zu recyceln, ist der Anteil am gesamten Treibhauspotential äußerst gering (Best Case). Derselbe Effekt ist auch bei den Bauteilen "Bodenbelag nicht mineralisch" und "Dach" zu erkennen, die in bestimmten Bauperioden aus mehr oder weniger Holzelementen bestehen.

Versauerungspotential

Wie aus Abbildung 7 ersichtlich, schwankt das Versauerungspotential im Standardfall zwischen $0,14 \text{ kg SO}_2\text{-equ./m}^2_{\text{BGF}}$ (Bauperiode 1980-89) und $0,26 \text{ kg SO}_2\text{-equ./m}^2_{\text{BGF}}$ (Bauperiode 1919). Im „Best Case“ schwankt das Versauerungspotential hingegen zwischen $0,12 \text{ kg CO}_2\text{-equ./m}^2_{\text{BGF}}$ (Bauperiode 1980-89) und $0,20 \text{ kg CO}_2\text{-equ./m}^2_{\text{BGF}}$ (Bauperiode 1919). Grundsätzlich ist das Versauerungspotential im Standardfall um durchschnittlich 22 % höher als im Best Case. Daraus lässt sich ableiten, dass sich eine hohe Recyclingquote in jedem Fall positiv auf das Versauerungspotential auswirkt.

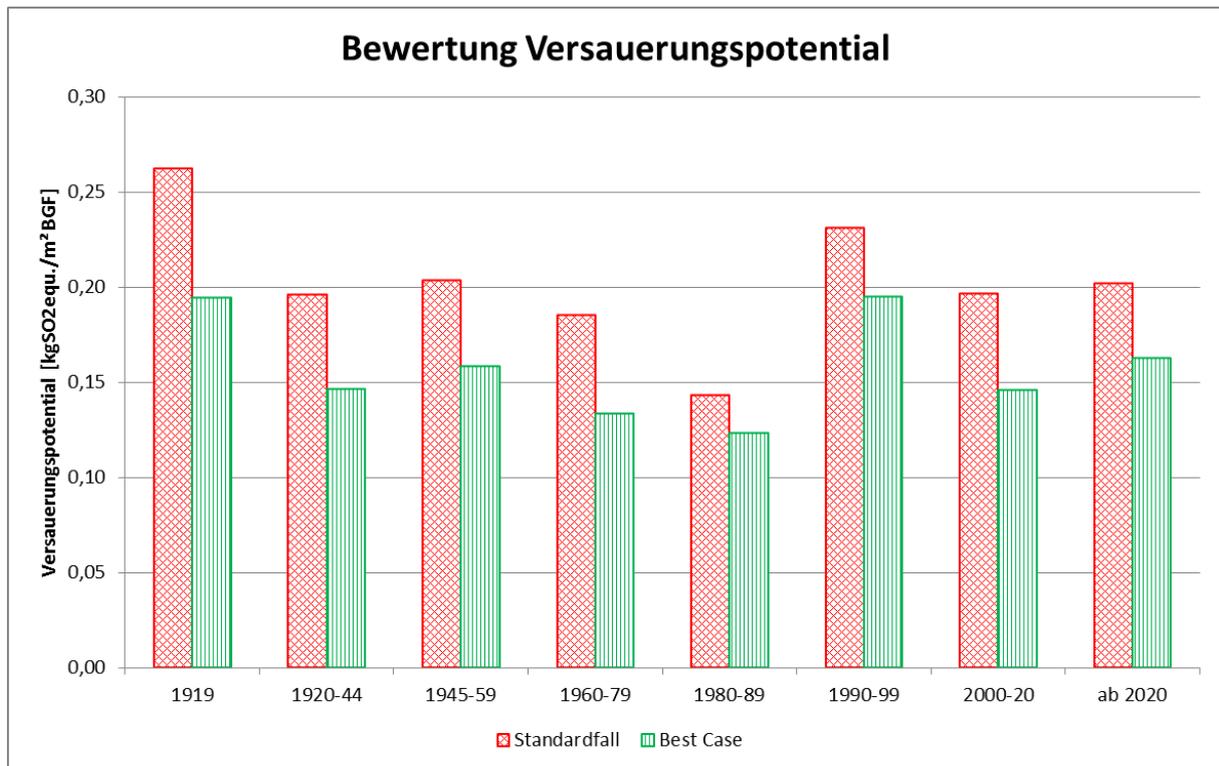


Abbildung 7: Versauerungspotential für den Rückbau und die Entsorgung in Abhängigkeit der Modellgebäude (eigene Darstellung)

Wird das Ergebnis mit den Ergebnissen aus der vorhergehenden Betrachtung verglichen, so zeigt sich, dass sich im Standardfall beim Rückbau und der Entsorgung des Modellgebäudes von 1980-89 die geringsten Umweltauswirkungen ergeben.

3.2.4 Ergebnisse energetische Bewertung

Für die Bewertung des (energetischen) Ressourcenverbrauchs in der Entsorgungsphase (C 1-4 entsprechend EN 15978) wurde der Primärenergieinhalt nicht erneuerbar berechnet und ausgewertet. Das Ergebnis der durchgeführten Simulationen ist in Abbildung 8 dargestellt.

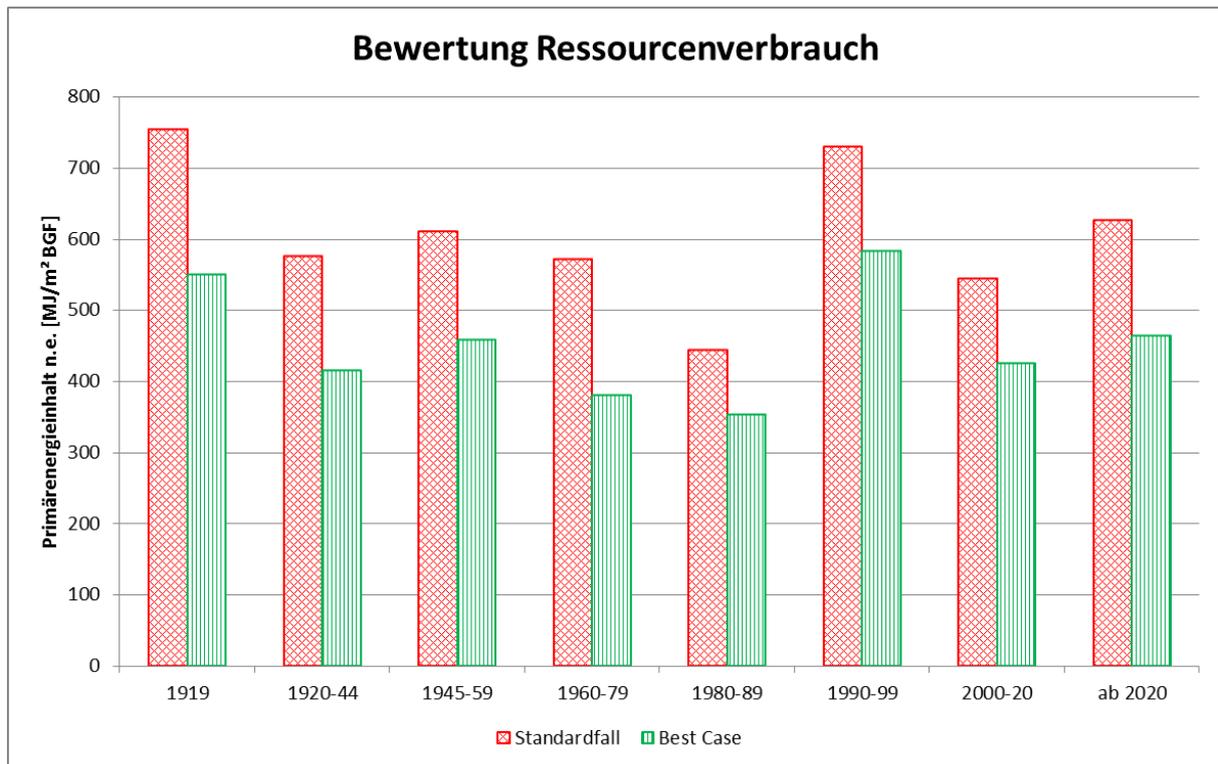


Abbildung 8: Ressourcenverbrauch für den Rückbau und die Entsorgung in Abhängigkeit der Modellgebäude (eigene Darstellung)

Der Primärenergieinhalt nicht erneuerbar schwankt im Standardfall zwischen $444 \text{ MJ/m}^2_{\text{BGF}}$ (Bauperiode 1980-89) und $754 \text{ MJ/m}^2_{\text{BGF}}$ (Bauperiode 1919). Im „Best Case“ schwankt der Primärenergieinhalt nicht erneuerbar hingegen zwischen $354 \text{ MJ/m}^2_{\text{BGF}}$ (Bauperiode 1980-89) und $583 \text{ MJ/m}^2_{\text{BGF}}$ (Bauperiode 1990-99). Grundsätzlich ist der Primärenergieinhalt nicht erneuerbar im Standardfall um durchschnittlich 25 % höher als im „Best Case“. Daraus lässt sich schließen, dass sich eine hohe Recyclingquote in jedem Fall positiv auf den (energetischen) Ressourcenverbrauch für den Abbruch und die Entsorgung von Gebäuden auswirkt. Im Vergleich mit den ökologischen Bewertungen ist zu erkennen, dass sowohl im Standardfall als auch im „Best Case“ die geringsten Ressourcen für den Rückbau und die Entsorgung des Modellgebäudes von 1980-89 erforderlich sind.

Werden die einzelnen Bauteile betrachtet, so ist zu erkennen, dass die Geschosdecken, Außenwand, Kellerdecke und Bodenplatte in beiden Szenarien einen relativ hohen Anteil am gesamten Primärenergieinhalt haben. Bei den Fenstern, dem Dach und den Innenwänden nicht tragend ist der Anteil am gesamten Primärenergieinhalt jedoch von der Bauperiode/Baustoffen abhängig.

4 Praxisorientierter Rückbaukatalog

Der Rückbaukatalog inklusive einer Betrachtung der Auswirkungen der aktuellen Bauweise auf die zukünftige Rückbaubarkeit ist in einem gesonderten Dokument dargestellt. In diesem Abschnitt werden deshalb nur die wesentlichen Inhalte dieses Rückbaukatalogs beschrieben.

4.1 Checkliste relevanter Bauteile

Für die Anwendung des Rückbaukatalogs bedarf es einer ersten Bestandaufnahme des Abbruch- bzw. Sanierungsgebäudes. Dabei müssen die relevanten Bauteile, deren Charakteristik (z.B. Bauperiode, potenzielle Schadstoffkontaminierung) und Quantität (Stk., m², m³, lfm) erhoben werden. Diese Checkliste stellt die Grundlage für die weitere Bewertung des Rückbaus und die weitere Verwertung oder Beseitigung des Bauteils auf Basis des Rückbaukatalogs dar.

4.2 Bauteilmatrix

In der Bauteilmatrix werden jene Bauteile beschrieben, die die Grundlage für die Modellgebäudesimulation darstellen. Die bauteilbezogene Betrachtung dient der Praxisrelevanz und ist begründet in der Tatsache, dass jedes Abbruch- oder Sanierungsgebäude als Einzelfallbetrachtung anzusehen ist. Darüber hinaus ist es potenziell möglich, dass durch Sanierungsmaßnahmen Bauteile unterschiedlicher Bauperioden in einem Objekt verbaut sind. Eine bauteilbezogene Betrachtung trägt diesem heterogenen Bild der Realität Rechnung. Die Beschreibung der Bauteile erfolgt hinsichtlich Unterkategorie I, Unterkategorie II, Materialklasse, Rückbaustufe, Handlungsanweisungen, Fügetechnik, Rückbauindikator (RI), Entsorgungsindikator (EI), Entsorgungskosten, Fraktion, Sekundärrohstoffpreis, Rückbaukosten sowie die Position gem. LB-HB 19.

4.3 Auswirkungen der aktuellen Bauweise auf die zukünftige Rückbaubarkeit

Die Bauweise von Bauwerken hat sich über die letzten 100 Jahre stark gewandelt. Während das Modellgebäude „bis 1919“ aus 18 Bauteilen besteht, sind für die Errichtung eines rezenten Gebäudes „2000-20“ mehr als doppelt so viele Bauteile notwendig. Diese gesteigerte Vielfalt beruht vor allem darauf, Gebäude dicht bzw. thermisch optimiert zu bauen. Diese gesteigerte Materialvielfalt hat auch einen Einfluss auf die Rückbaubarkeit und Recyclingfähigkeit des Gebäudes, vor allem unter dem Aspekt, dass die Anzahl von Verbundbaustoffen im Zunehmen begriffen ist. Dieser Entwicklung steht die Grundanforderung 7 der EU-BauproduktenVO gegenüber, die dezidiert rückbaufähige Bauprodukte fordert. Dies bedeutet, dass bereits beim Produktdesign auf die Rückbaubarkeit bzw. auf die Phase nach dem Ende der Nutzungsdauer Bedacht zu nehmen ist, damit die negativen Umweltauswirkungen über den Lebenszyklus möglichst gering sind. Ob und in welchem Ausmaß diese Überlegungen beim Produktdesign von gegenwärtig eingesetzten Bauprodukten eingehen, ist zurzeit nicht bekannt. Hier ist weiterer Forschungsbedarf notwendig.

Grundsätzlich lassen sich aus dieser Betrachtung heraus folgende Empfehlungen für die zukünftige Neubauplanung ableiten:

- Nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen (EU-BauproduktenVO)
- Sequentielle vs. integrale Bauplanung
- Einhaltung des Kostendeckungsprinzips
- Nachhaltiger Ausschreibungsprozess/Beschaffung
- (ökologische) Nachhaltigkeit als Teil der Unternehmensstrategie

Im folgenden Abschnitt werden die einzelnen Empfehlungen im Detail beschrieben.

4.3.1 Empfehlungen für die zukünftige Rückbaubarkeit

Nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen (EU-BauproduktenVO): Seit dem 1. Juli 2013 gilt die EU-BauproduktenVO direkt in Österreich. Die Auswirkungen der EU-BauproduktenVO auf die Errichtung von Gebäuden, vor allem durch die neue Grundanforderung 7 „nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen“ sind potenziell weitreichend. Welche positiven Auswirkungen zu verzeichnen sind, muss jedoch noch wissenschaftlich untersucht werden. Die dahinter stehende Frage ist, welche Bauprodukte mit welchen Spezifikationen gegenwärtig auf den Markt kommen und welche nachhaltigen Leistungsparameter gefordert, überprüft und in der Leistungserklärung deklariert werden. Neben den bekannten Parametern der

- mechanischen Festigkeit und Standsicherheit
- Brandschutz
- Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz
- Sicherheit und Barrierefreiheit bei der Nutzung
- Schallschutz
- Energieeinsparung und Wärmeschutz
- nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen

ist ebenfalls die Neuinverkehrbringung von Bauprodukten als neuer Parameter in der Leistungserklärung zu dokumentieren. Ob und wie diese neue Grundanforderung 7 bereits im Neubau bzw. beim Produktdesign Anwendung findet, ist gegenwärtig nicht bekannt. Da es sich um gültiges Recht handelt, ist davon auszugehen, dass sich die Baustoffindustrie sowie die Bauwirtschaft an diese gesetzlichen Vorgaben halten.

Gegenwärtig existieren kaum fundierte Aussagen über den Aufwand (Kosten und Zeit) für den Rückbau von historischen Bauteilen. Über gegenwärtig verbaute Bauteile existieren in der Regel keine Aufzeichnungen. Dies bedeutet im Umkehrschluss, dass über die Rückbaufähigkeit heute applizierter Bauprodukte wenige bis gar keine Erfahrungswerte bzw. Messwerte existieren – und dies, obwohl die EU-BauproduktenVO auf die Rückbaufähigkeit explizit verweist. Die neue Grundanforderung 7 wurde jedoch bis dato nicht in ein nationales Regelwerk (OIB-Richtlinien) überführt und ist daher in der Praxis nicht angekommen. Weiterer Forschungsbedarf ist hier notwendig, um die gegenwärtige Situation bei Bauprodukten zu untersuchen. Darüber hinaus muss ein Indikator entwickelt werden, um die Rückbaufähigkeit

des Bauprodukts zu quantifizieren. Eine Möglichkeit wäre, das Verhältnis zwischen Errichtungs- und Rückbaukosten anzugeben.

Sequentielle vs. integrale Bauplanung: Bei der sequentiellen Planung laufen die Planungsprozesse linear hintereinander ab und auch die Informationen werden hier aufeinander aufbauend ins Projekt eingearbeitet. Dieses klassische und bekannte System erreicht gerade im Bereich der lebenszyklusorientierten, nachhaltigen Gebäude seine Grenzen, da hier laufend Variantenuntersuchungen zur Optimierung des Planungsergebnisses notwendig sind und dazu der ständige Informationsaustausch mit den maßgebenden Projektbeteiligten unabdingbar ist. Die neue Systematik heißt „integrale Planung“: Alle wesentlichen Planungsbeteiligten entwickeln ab Projektbeginn gemeinsam in laufenden, regelmäßigen Workshops das Konzept, das sukzessive zum digitalen Modell verdichtet wird. Die integrale Planung erfordert die frühestmögliche Einbindung aller Planungspartner, des Bauherrn und zum Teil auch der ausführenden Firmen. Dies führt dazu, dass von Anfang an das Fachwissen jedes einzelnen Beteiligten interdisziplinär genutzt werden kann [Tautschnig & Hogge, 2013]. Die integrale Planung umfasst auch die Bereiche Facility Management und Abfallwirtschaft. Durch die sehr unterschiedliche Nutzungsdauer von Bauteilen in Bauwerken, werden etliche Bauprodukte (z.B. Bodenbeläge, Fenster) mehrmals über die gesamte Nutzungsdauer des Bauwerks getauscht oder saniert. Hierbei fallen teilweise sehr hohe Kosten an.

Einhaltung des Kostendeckungsprinzips: Wohnbaugenossenschaften wirtschaften nach dem Kostendeckungsprinzip. Dies bedeutet, dass Wohnbaugenossenschaften die Höhe der Miete in Höhe der tatsächlichen Errichtungs- und Betriebskosten gestalten müssen. In weiterer Folge führt dies dazu, dass Wohnbaugenossenschaften notwendige Erhaltungs- und Verbesserungsarbeiten rechtzeitig und vorrausschauend erkennen und planen müssen. Dabei gilt es, die Grundsätze der Sparsamkeit, Wirtschaftlichkeit und Zweckmäßigkeit anzuwenden. In diesem Zusammenhang bildet der entwickelte Rückbaukatalog eine gute Planungsgrundlage, um die angeführten Prinzipien der Nachhaltigkeit einzuhalten. Durch die Anwendung eines Ressourcenmanagements können z.B. Bauteile aus einem Abbruchobjekt für Erhaltungs- und Verbesserungsarbeiten an einem anderen Objekt verwendet werden. Es liegt auf der Hand, dass dadurch nicht nur Kosten, sondern auch Ressourcen gespart werden und in weiterer Folge auch den Prinzipien der Sparsamkeit, Wirtschaftlichkeit und Zweckmäßigkeit Genüge getan wird. In weiterer Folge halten sich auch die Kosten für die Mieter in Grenzen. Denn grundsätzlich, so der Tenor aus den verschiedenen Expert/innengesprächen, ist der Mieter nicht bereit, mehr Geld für innovative bzw. nachhaltige Maßnahmen auszugeben. Vordergründig geht es nämlich immer um die kostengünstige und termingerechte Abwicklung des geplanten Vorhabens. Wohnbaugenossenschaften sind aber per Gesetz dazu aufgefordert, in Zweifelsfällen den Abbruch und die Wiedererrichtung eines Gebäudes einer umfassenden Sanierung vorzuziehen (Wohnungsgemeinnützigkeitgesetz; § 23). Somit gilt es auch in diesem Zusammenhang, bereits in der Planung auf das Rückbaukonzept achtzugeben.

Nachhaltiger Ausschreibungsprozess/Beschaffung: Das geltende Bundesvergabegesetz basiert gegenwärtig auf dem Grundsatz der Präferenz des „Bestbieterprinzips“. In der Vergangenheit haben jedoch sehr oft Auftragsvergaben nach dem „Billigstbieterprinzip“ stattgefunden. Das Bundeskanzleramt sieht die Gefahr, dass in der Praxis ein hoher Preisdruck aufgebaut wird und dieser – insbesondere beim Einsatz von Subunternehmen – zu Lohn- und Sozialdumping führen kann. Im Zuge der Novelle im Sommer 2015 wurden Kategorien definiert, bei denen verpflichtend das „Bestbieterprinzip“ zu verwenden ist – z.B. bei Bauleistungen, bei denen der Qualitätsstandard einer Leistung nicht klar und eindeutig beschrieben werden kann und dadurch keine vergleichbaren Angebote erzielt werden können. Das heißt, dass in diesen Fällen nicht mehr alleine der niedrigste Preis eines Angebots Entscheidungsgrundlage sein darf, sondern auch andere Kriterien (wie zum Beispiel Bauzeiten, Betriebskosten und die fachliche Qualifikation des eingesetzten Personals) berücksichtigt werden müssen. Die Novelle muss auch auf Leistungen bei Abbruchtätigkeiten angewendet werden. Neben dem reinen Preis ist bei Abbruchtätigkeiten in Zukunft, im Sinne der Nachhaltigkeit, auch auf die Umweltverträglichkeit (v.a. Separierung und fachgerechte Entsorgung von Schadstoffen; Schutz der Anrainer vor Staub, Lärm und sonstigen Beeinträchtigungen) zu achten bzw. bei der Vergabe zu bewerten.

(Ökologische) Nachhaltigkeit als Teil der Unternehmensstrategie: Die seit 1. Juli 2013 in Kraft befindliche EU-BauproduktenVO schreibt vor, dass bei der Produktion von Bauprodukten die Nachhaltigkeit natürlicher Ressourcen gegeben sein muss. In Europa auf den Markt gebrachte Bauprodukte müssen ab diesem Datum nach dem Abriss wiederverwendet oder recycelt werden können. Die Produktion muss unter Verwendung von umweltverträglichen Rohstoffen und Sekundärrohstoffen stattfinden. Der Auftrag hierzu ergeht vor allem an die Baustoffindustrie, desweiteren aber auch direkt an die Wohnbaugenossenschaften, die über deren Beschaffungsprozesse, über die Nachfrage von (ökologischen) Bauprodukten entscheiden und somit den Markt beeinflussen. Mittel- bzw. langfristiges Ziel kann der Aufbau eines Ressourcenmanagements im Unternehmen sein. Dies bedeutet, über die Ressourcen und deren ökonomischen Wert Bescheid zu wissen, die in der Gebäudeinfrastruktur verbaut und dadurch gespeichert sind. Bei Sanierungen, Teilabbrüchen oder Totalabbrüchen können dann gezielt Wertstoffe ausgeschleust und dadurch Erlöse erzielt werden. Im Gegenzug können Material- oder Stoffbilanzen des Gebäudebestandes auch zum Schadstoffmanagement herangezogen werden. Dadurch können auch nachträglich Schadstoffe in Bauwerken identifiziert und gezielt rückgebaut werden, falls dies notwendig wird.

5 Nationale Umsetzungsstrategie

Die nationale Umsetzungsstrategie, welche eine Übersicht derzeitiger Barrieren und möglicher Lösungsansätze beinhaltet, wurde in einem eigenen Dokument verschriftlicht. In diesem Abschnitt werden deshalb nur die wesentlichen Inhalte dieser Umsetzungsstrategie beschrieben.

5.1 Derzeitige Barrieren

Um herauszufinden, warum ein Großteil der Hochbaurestmassen auch heutzutage oftmals noch minderwertig verwertet oder nach einer Aufbereitung beseitigt wird und welches Potential sich durch den verwertungsorientierten Rückbau ergeben würde, wurden Einzel-, Gruppengespräche und Umfragen durchgeführt. Zielgruppen waren dabei Bauherr/innen/-Eigentümer/innen, Planer/innen/Architekt/innen, ausführende Unternehmen sowie Vertreter aus der Politik. Die Ergebnisse können folgendermaßen zusammengefasst werden:

Die Expert/innen bestätigten, dass aus ihrer Sicht noch eine deutliche Steigerung hinsichtlich der qualitativ hochwertigen Umsetzung von Abbruchtätigkeiten möglich ist. Im Gegensatz zum Tiefbau werden im Hochbau noch relativ wenige Baustoffe wiederverwendet bzw. -verwertet. Einerseits besteht teilweise noch Rechtsunsicherheit wenn es um spezielle Themen geht, (*„... ökologisch zweckmäßig, technisch möglich, nicht mit unverhältnismäßigen Kosten verbunden ist“* → wie ist dieser Passus in der Recycling-Baustoffverordnung richtig zu interpretieren). Andererseits wäre aus Sicht der Expert/innen eine verstärkte Aufklärung der Bauherr/innen und Abbruchunternehmen erforderlich, um die Recyclingrate zu erhöhen. Die Bauherr/innen tragen als Abfallbesitzer im eigentlichen Sinn die Erstverantwortung in allen Prozessschritten und können damit steuernd eingreifen. Dementsprechend sollte vor allem die Planung und Ausschreibung dahingehend optimiert werden, eine möglichst hohe Recyclingquote zu erzielen. In diesem Zusammenhang ist auch die Darstellung der Kostenvorteile wichtig. Sind keine Kostenvorteile durch die Wiederverwendung von Bauteilen darstellbar, kann die Umsetzung nur durch strengere gesetzliche Vorgaben inkl. Kontrollen erreicht werden. Die Expert/innen erwarten aber, dass mit deutlich teureren Angeboten zu rechnen ist, wenn der Abbruch von Gebäuden detailliert ausgeschrieben wird (Faktor 2 - 3 im Gegensatz zu einem Pauschalangebot). Zudem wird durch eine pauschale Ausschreibung die Diskussion von einzelnen Positionen verhindert. Dem gegenüber steht, dass der größere Aufwand eines verwertungsorientierten Rückbaus durch niedrigere Kosten für die Entsorgung der Abfälle und die Erlöse aus der Verwertung der sortenreinen Materialien (z.B. Holz, Metalle, Betonabbruch, reiner Ziegelsplitt) ausgeglichen wird. Ein weiterer Fokus sollte auch auf den Aufbau/Ausbau von Bauteilbörsen gelegt werden. In Österreich haben sich diese im gewerblichen Bereich noch nicht etabliert, obwohl es für spezielle Bauteile und Baustoffe bereits einen Markt gibt. Barrieren in diesem Zusammenhang sind der teils noch fehlende Markt für aufbereitete Baurestmassen, zum anderen sind die Lagerkosten oftmals höher als die erzielbaren Gewinne. Angesprochen wurde auch das Zusammenführen der Themen Energie- und Ressourceneffizienz. Durch die stetig steigenden Anforderungen an thermisch optimierten Bauwerken wird nachgelagert auch das Abfallthema immer wichtiger, da mit immer höheren

Abfallmengen in diesem Bereich zu rechnen ist. Auch wurde diskutiert, dass es in manchen Fällen schwierig sein wird, die für den gesamten Prozess verantwortliche Person ausfindig zu machen.

Grundsätzlich können folgende Fälle unterschieden werden:

1. Der Akteur baut auf der „grünen Wiese“ und muss sich daher nicht mit dem Abbruchthema beschäftigen (v.a. im ländlichen Gebieten; eher selten im (groß)städtischen Bereich).
2. Der Akteur kauft ein Grundstück mit einem Bestandsgebäude. In diesem Fall sind in der Regel die (pauschalen) Kosten für den Abbruch des Objekts im Kaufpreis einkalkuliert.
3. Das auf dem Grundstück befindliche Gebäude wird im Auftrag des Bauherrn abgebrochen und Bauten werden dort neu errichtet. In diesem Fall können die anfallenden Baurestmassen vor Ort einer Verwertung zugeführt werden (v.a. Verfüllung von Hohlräumen oder Schüttungen zur Herstellung von Geländeanpassungen, Wegen, Zufahrten udgl.).

Grundsätzlich erfolgt die Entscheidung, ob die Neuerrichtung auf der grünen Wiese oder auf einem Grundstück mit Bestandsgebäude erfolgt, auf Basis von Benchmark-Werten. Für den Abbruch von Gebäuden sind aber noch relativ wenige Benchmark-Werte vorhanden, weshalb meistens eine Einzelfallbetrachtung – inklusive Berücksichtigung der Wiederverwendung – durchgeführt wird.

Mitbedacht werden sollten auch derzeitige und zukünftige Bausysteme (z.B. mineralische Innendämmungen; kapillaraktive Innendämmung; Hohlziegel mit integrierter Mineralwolle), derzeitige und zukünftige Rückbaukonzepte für Baustoffe (z.B. gibt es für den Rückbau von Wärmedämmverbundsystemen derzeit keine praktikablen Verfahren) und derzeitige und zukünftige Verwertungsmethoden (Verwertung vor Ort).

5.2 Lösungsansätze

Aus den einzelnen Expert/innengesprächen heraus wurden die folgenden Lösungsansätze erarbeitet, um den verwertungsorientierten Rückbau als Stand der Technik zu etablieren. Diese sehen im Wesentlichen folgende Maßnahmen vor (vgl. Abbildung 9):

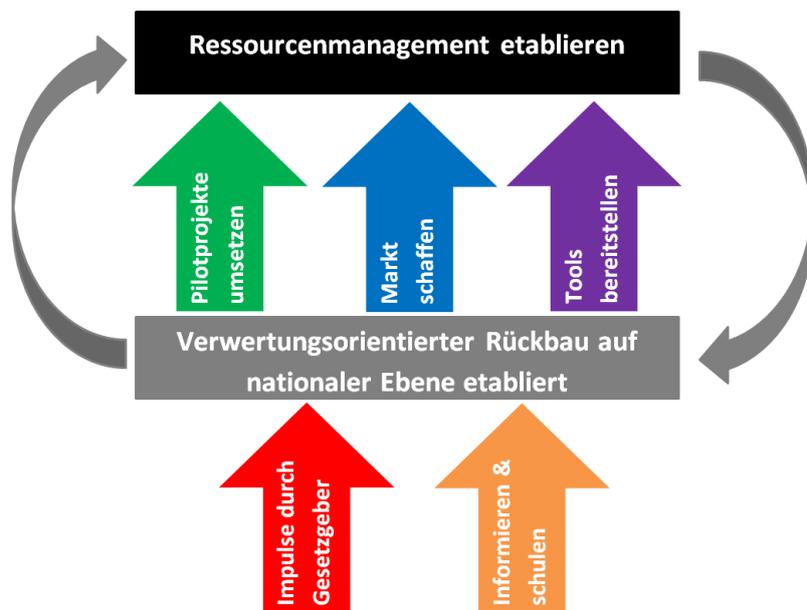


Abbildung 9: Erarbeitete Lösungsansätze (eigene Darstellung)

Grundsätzlich geht es darum, in einem ersten Schritt bestehende regulatorische Maßnahmen wie z.B. die Recycling-Baustoffverordnung inhaltlich und den Vollzug zu optimieren. Währenddessen sollten auch neue regulatorische Maßnahmen für andere Baustoffe wie z.B. Altholz, Dämmstoffe, Kunststoffe und Gipskartonplatten geschaffen werden. Auch sollten durch den Gesetzgeber innovative finanzielle Anreizsysteme entwickelt werden, damit die vorgeschlagenen Maßnahmen auch gelebt werden.

Parallel dazu sollten durch Informationsveranstaltungen alle relevanten Stakeholder laufend informiert bzw. geschult werden. Durch diese beiden Maßnahmen schafft man die Grundlage für die Etablierung des verwertungsorientierten Rückbaus auf nationaler Ebene.

Um das Vorhaben aber nachhaltig zu verankern (Stichwort: Plan-Do-Check-Act), müssten in einem nächsten Schritt bzw. parallel dazu

- Pilotprojekte umgesetzt werden
- ein Markt für Sekundärrohstoffe geschaffen werden und
- Werkzeuge für die effiziente und effektive Bearbeitung von speziellen Fragestellungen entwickelt werden.

Dadurch wären die Rahmenbedingungen gegeben, ein Ressourcenmanagement auf betrieblicher bzw. regionaler Ebene zu entwickeln. Mehrere Betriebe/Gemeinden/Regionen mit funktionierendem Ressourcenmanagement bilden wiederum die Grundlage für die Weiterentwicklung der nationalen Rückbaustrategie. Dadurch kann erreicht werden, dass der verwertungsorientierte Rückbau in naher Zukunft auf nationaler Ebene etabliert ist.

6 Schlussfolgerungen

Im Zuge der Projektdurchführung wurde ein neuer rechtlicher Rahmen geschaffen. Seit 01.01.2016 ist die Recycling-Baustoffverordnung rechtswirksam, welche die Pflichten bei Bau- und Abbruchtätigkeiten, die Trennung und die Behandlung von bei Bau- und Abbruchtätigkeiten anfallenden Abfällen, die Herstellung und das Abfallende von Recyclingbaustoffen neu regelt. Daraus ergibt sich einerseits die Chance, dass die europäischen Vorgaben auch in Österreich optimal umgesetzt werden können. Auf der anderen Seite ergibt sich aber auch eine begründete Rechtsunsicherheit aufgrund eines gewissen Interpretationsspielraums in einzelnen Abschnitten der neuen Recycling-Baustoffverordnung, wenn es um den Einsatz von Recycling-Baustoffen geht.

Grundsätzlich hat sich die Materialzusammensetzung der analysierten Modellgebäude im Laufe der Jahre stark verändert. Dominierten vor dem 2. Weltkrieg noch Gebäude aus keramischen Baustoffen (Ziegelbauweise), zeigt sich in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts ein Wandel hin zur Errichtung von Gebäuden in Betonbauweise aus vorwiegend zementgebundenen Baustoffen. Vereinzelt wurden auch Gebäude in Holzbauweisen errichtet. Parallel dazu stiegen auch die Anforderungen an die thermische Gebäudehülle stetig an, was einen verstärkten Einsatz von Dämmstoffen zur Folge hatte. Aus diesen beiden Entwicklungen heraus ergibt sich, dass die Konzepte für den Rückbau von Gebäuden/Gebäudeteilen und die Entsorgung von Baurestmassen diesen Entwicklungen angepasst werden müssen.

Aus den durchgeführten Simulationen lassen sich folgende Trends ableiten (Vergleich zwischen dem Modellgebäude vor 1919 und dem Modellgebäude nach 2020):

- Der technische Aufwand für die Entsorgung nimmt zu (höherer Entsorgungsindikator)
 - Besonders relevant: Bodenplatte, Kellerdecke, Außenwand, Geschossdecke.
- Die Kosten für den Rückbau und die Entsorgung nehmen zu
 - Besonders relevant (Rückbaukosten): Außenwand, Kellerdecke, Geschossdecke
 - Besonders relevant (Entsorgungskosten): Bauschutt, Betonabbruch, Baustellenabfälle.
- Die ökologischen Auswirkungen, welche sich durch den Rückbau und das Recycling ergeben, nehmen zu (Achtung: Vorteile durch Substitution wurden nicht berücksichtigt)
 - Besonders relevant (GWP100): Türen, Fenster, Bodenplatte
 - Besonders relevant (PENRT): Geschossdecke, Außenwand, Kellerdecke, Bodenplatte.

Grundsätzlich muss berücksichtigt werden, dass die Ergebnisse und somit die optimalen Rückbau- und Entsorgungskonzepte immer von der Materialzusammensetzung der

betrachteten Gebäude abhängen. Daher ist eine Betrachtung auf Bauteilebene erforderlich. Dies wurde auch bei der Entwicklung des Rückbaukatalogs berücksichtigt.

Bei der Erarbeitung der Lösungsansätze zwecks Umsetzung des verwertungsorientierten Rückbaus als Stand der Technik in Österreich, hat sich gezeigt, dass die Anstrengung aller relevanten Stakeholder (Bauherr/innen, Planer/innen, ausführende Unternehmen, Politik) erforderlich ist, um erfolgreich zu sein. Folgende Punkte sollten dabei fokussiert angegangen werden:

- Sensibilisierung der Bauträger
- Vorbildwirkung der öffentlichen Verwaltung durch Umsetzung von Leuchtturmprojekten
- Verstärkte Aufbereitung von Baurestmassen zu zertifizierten Recyclingbaustoffen
- Einführung eines Ressourcenmanagement-Systems bei Wohnbauträgern

Die im Zuge des Projekts erarbeiteten Dokumente (v.a. Rückbaukatalog, Umsetzungsstrategie, Endbericht) bilden dabei eine sehr gute Grundlage für die Umsetzung. Das Projektteam steht in diesem Zusammenhang als Gesprächspartner für die Projektentwicklung gerne zur Verfügung.

Unabhängig davon ergeben sich noch folgende fünf Handlungsfelder:

- Ressourceneffizienz im Bauwesen steigern
- Berücksichtigung der Produktlebenszykluskosten beim Beschaffungsprozess
- Materialvielfalt bei Bauprodukten verringern
- Leicht lösbare Kraftschlüsse einsetzen
- Bauen mit Recyclingbaustoffen

Diese werden im folgenden Abschnitt im Detail beschrieben.

6.1 Zukünftige Handlungsfelder

Ressourceneffizienz im Bauwesen steigern: In Anlehnung an die Eco-Design Richtlinie für Elektronikgeräte sind für Bauprodukte Maßnahmen zu ergreifen, um die Ressourceneffizienz im Bauwesen zu erhöhen. Dabei sind die Hersteller in die Verantwortung zu nehmen, dass deren Produkte möglichst geringe negative Umweltauswirkungen entlang des gesamten Lebenszyklus aufweisen. Der am 2. Dezember 2015 veröffentlichte Aktionsplan „Closing the loop - An EU action Plan for the Circular Economy“ setzt an dieser Stelle an. Durch gezielte Maßnahmen sollen Materialkreisläufe in der Europäischen Union geschlossen werden. Dadurch werden neue Jobs geschaffen, Abfälle und Emissionen vermieden.

Die Mitteilung der Kommission „Effizienter Ressourceneinsatz im Gebäudesektor“ spezifiziert den Einfluss des Bauwesens auf die Umwelt näher [Europäische Kommission, 2014]:

Auf den Bau und die Nutzung von Gebäuden in der EU entfallen rund 50 % aller geförderten Werkstoffe und des Energieverbrauchs sowie etwa ein Drittel des Wasserverbrauchs. Zudem ist der Gebäudesektor für rund ein Drittel aller Abfälle verantwortlich und mit Umweltbelastungen verbunden, die in verschiedenen Phasen des Lebenszyklus eines

Gebäudes auftreten, etwa bei der Herstellung von Bauprodukten, bei Bau, Nutzung und Renovierung von Gebäuden und bei der Entsorgung von Bauschutt.

Aufbauend darauf werden Maßnahmen spezifiziert, um die geforderten Ziele zu erreichen:

- Förderung einer optimierten Auslegung, die die Ressourcennutzung einerseits und die Anforderungen an das Gebäude und seine Funktionalität andererseits miteinander in Einklang bringt und Szenarien für den Rückbau berücksichtigt;
- effizientere Projektplanung, um eine stärkere Nutzung ressourcen- und energieeffizienter Produkte zu gewährleisten;
- Förderung einer ressourcenschonenderen Herstellung von Bauprodukten, beispielsweise durch die Verwendung wiederverwerteter Stoffe und vorhandener Materialien und den Einsatz von Abfall als Ersatzbrennstoff;
- Förderung einer ressourcenschonenderen Bauweise bei Neubau und Renovierung, z.B. durch die Vermeidung von Abfällen und das Recycling bzw. die Wiederverwendung von Materialien und Produkten, so dass weniger auf Deponien entsorgt werden muss.

Diese von der EU-Kommission formulierten Maßnahmen bilden den Hintergrund, der im Projekt R-Bau formulierten Schlussfolgerungen.

Berücksichtigung der Produktlebenszykluskosten beim Beschaffungsprozess: In Zukunft hat eine Berücksichtigung der Produktlebenszykluskosten im Neubau bzw. der Sanierung optimiert zu erfolgen. Dadurch werden negative ökologische Umweltauswirkungen in Produktion, Nutzung und „End-of-Life“ minimiert. Darüber hinaus werden über die einschränkende Betrachtung der Errichtungskosten hinweg, gegenwärtig nicht bilanzierte Nachfolgekosten (z.B. erhöhter Aufwand für Wartung/Sanierung; höhere Rückbaukosten; höhere Entsorgungskosten) in die Kostenkalkulation miteinberechnet. Über die Nutzungsdauer des Bauteils bzw. des gesamten Gebäudes ergeben sich daraus geringere Kosten.

Die meisten Kosten im Hochbau fallen in der Nutzungsphase an. Ca. 90 bis 95 % der gesamten Lebenszykluskosten entfallen auf diese Phase. Die Planungs- und Errichtungskosten sind demgegenüber mit 5 - 10 % im Verhältnis gering. Nichtsdestotrotz werden nachgelagerte Kosten wie z.B. Wartungsaufwand und Entsorgungskosten gegenwärtig in Planung und Bau wenig berücksichtigt. Die gegenwärtigen Ausschreibungen erfolgen in der Regel nach dem Billigstbieter- und nicht nach dem Bestbieterprinzip. Aus diesem Grund entstehen dem/der Eigentümer/in nachträglich eventuell höhere Kosten. Durch eine konsequente Umsetzung des Produktlebenszykluskostenansatzes lassen sich nachgelagerte Kosten vermeiden bzw. reduzieren. Ziel ist es, über die gesamte Lebensdauer des Gebäudes die Kosten für Planung, Bau, Nutzung und Nachnutzung möglichst gering zu halten. Dies kann durch eine optimierte Planung (z.B. Umsetzung einer integrativen Planung mittels „Building Information Model“) geschafft werden. Eine weitere Maßnahme ist, höhere Anschaffungskosten bei Bauteilen zuzulassen und dadurch Bauteile einsetzen zu können, deren Nachfolgekosten geringer sind als die des sonst verbauten Bauteils nach Billigstbieterprinzip.

Materialvielfalt bei Bauprodukten verringern: Je höher die Komplexität bzw. Materialvielfalt bei Bauprodukten ist, desto größer wird der Aufwand beim Rückbau bzw. bei der Verwertung dieser Bauteile, da im Gegensatz zu monolithischen Bauteilen mehr Aufwand bei komplex aufgebauten Bauteilen besteht, die einzelnen (verwertbaren) Elemente/Subbauteile zu zerlegen, um eine optimale Verwertung sicherzustellen. Steigt der Aufwand für den Rückbau aufgrund der Komplexität derart an, kann die Folge sein, dass die Rückbaukosten die Entsorgungskosten übersteigen bzw. eine Verwertung unmöglich gemacht wird. In diesem Fall werden diese Bauteile mit hoher Wahrscheinlichkeit einem Downcycling, einer thermischen Verwertung oder Beseitigung zugeführt. Eine hochqualitative Verwertung oder Wiederverwendung wird durch eine hohe Materialvielfalt gestört.

Diesem Ansatz steht ein gegenwärtig zu beobachtender Trend entgegen, in dem vermehrt Verbundbaustoffe auf den Markt gebracht werden und gleichzeitig eine Abkehr von monolithischen Bauprodukten zu beobachten ist. Als Beispiel sei hier exemplarisch ein Wärmedämmziegel genannt. Dieser Hochlochziegel ist mit Steinwolle gefüllt und erreicht dadurch sehr gute Dämmwerte (U-Werte ca. $0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$). In der Produktion und der Nutzungsphase ist dieser Verbundbaustoff mit hoher Wahrscheinlichkeit unproblematisch. Nach dem Ende der Nutzungsphase ergeben sich jedoch Herausforderungen für die Abfallwirtschaft. Die beiden Hauptbestandteile Ziegel und Mineralwolle sind jeweils für sich relativ leicht wiederverwertbar. In der Kombination bzw. in der Anwendung als Wandaufbau stellen sich jedoch Fragen bezüglich Rückbaufähigkeit und Verwertbarkeit. Beim Abbruch einer Wand aus diesem Material ist zu erwarten, dass die Steinwolle durch den Abbruch mit schwerem Gerät freigesetzt und verfrachtet wird. Bei der Aufbereitung in einer stationären oder mobilen Anlage für Baurestmassen wird z.B. eine Windsichtung benötigt, um die feinteilige Steinwolle zu separieren. Alles in allem ist mit einem erhöhten Aufwand für Rückbau und Aufbereitung zu rechnen. Unbestritten ist andererseits die optimierte Leistungsfähigkeit dieses Baustoffs im Bereich der Energieeffizienz im Gebäudebereich. Aus diesem Grund ist es ein Ermessensentscheid, ob die Energieeffizienz oder die Ressourceneffizienz höhere Relevanz haben. Aus Sicht der Projektteams müssen in Zukunft im Sinne der EU-BauprodukteVO Energie- und Ressourceneffizienz optimiert verschränkt und im Produktdesign bereits mitgedacht werden.

Leicht lösbare Kraftschlüsse einsetzen: Das Bauen mit Recyclingbaustoffen ist ein relevantes Thema, welches einen generellen Paradigmenwechsel hin zu einem demontagefreundlichen Konstruieren voraussetzt. Unter Betrachtung der Kreislauffähigkeit von Gebäuden fällt der Verbindung der Bauteile eine sehr bedeutende Rolle zu. Dabei ist die Verwendung von standardisierten Verbindungen bei hohen Ansprüchen an die Ausführungsqualität und in Hinblick auf Demontage und Wiederverwendbarkeit ein entscheidender Vorteil.

Die allgemeinen Anforderungen an Verbindungselemente könnten folgendermaßen definiert werden:

- Langlebige, tragfähige Verbindung von 2 Elementen
- Exakte Justierung (Einrichtung der Fertigteile in vertikaler und horizontaler Richtung) soll vor Ort leicht durchführbar sein

- Zerstörungsfreies Lösen der Verbindung
- Integration verschiedener Gewerke, z.B. Elektro-, Sanitärinstallationen.

Die Fügechnik zwischen Bauprodukten unterschiedlicher Bauart entscheidet in hohem Maß über die Rückbaufähigkeit. Aus diesem Grund müssen für eine Beurteilung der Rückbaubarkeit eines Bauprodukts auch die anschließenden Bauteile mitberücksichtigt werden. Dabei entscheiden die Wahl des Verbindungssystems und dessen Positionierung, ob ein Form- bzw. Kraftschluss demontagerecht ist oder nicht. Weitere Faktoren, die von Bedeutung für die Demontage aller Verbindungsarten sind:

- Art und Zahl der Verbindungen
- Zugänglichkeit der Verbindungsstellen
- notwendige Relativbewegung von Verbindungselementen oder Bauteilen und
- notwendige Zeit, um die Verbindung oder Verbindungselemente zu trennen.

Stoffschlussverbindungen werden im Gegensatz zu Form- und Kraftschlussverbindungen als nicht trennbar und damit nicht recyclinggerecht eingestuft, obwohl es möglich ist, die Verbindung aufzulösen, indem unterschiedliche Werkstoffeigenschaften ausgenutzt werden. Abhängig von Verbindungsart und Werkstoffen ist somit eine teilweise zerstörungsfreie Demontage oder eine zerstörende Demontage von Stoffschlussverbindungen durchführbar. Altstoffe, die mit Kleb- oder Lötverbindungen zusammengefügt sind, sind beim Recycling nicht automatisch als verträglich oder unverträglich einzustufen. Die Verträglichkeit hängt von den Altstoffen und vom Recyclingverfahren ab [Schneider et al., 2010].

Bauen mit Recyclingbaustoffen: Mineralische Baustoffe bilden den mit Abstand größten Anteil an der Gebäudemasse. Dies spiegelt sich in der Massenbilanz der Abfälle beim Abbruch wider. Kommen zu Sekundärbaustoffen aufbereitete mineralische Baurestmassen bei einem Neubau zum Einsatz, hat dies einen relevanten Effekt auf die Recyclingquote des Gebäudes. Durch die Substitution von Primärrohstoffen durch Sekundärrohstoffe wird der Abbau natürlicher Rohstoffe (v.a. Kiese, Sande) verringert und Deponievolumen geschont. Aus diesem Grund sind alle Formen von Schüttungen, Füllungen, Dachsubstrat etc. möglichst aus Recyclingmaterialien herzustellen. Die dafür notwendigen Zertifizierungen existieren bereits in Österreich (z.B. BRV-Richtlinien). Ein weiteres Thema stellt das Bauen mit gebrauchten Bauteilen dar. Beispielhaft seien hier Steine, Bodenplatten, Pflastersteine, Treppenstufen, Randsteine, Dachziegel, etc. genannt. Auch der Einsatz von gebrauchten Elementen wie Innentüren oder Innenfenster wäre denkbar. Das Thema der Wiederverwendung im Bauwesen außerhalb des Denkmalschutzes steckt jedoch noch in den Anfängen. Teilweise ungeklärte Fragen (v.a. Abfallende, Abfall-/Produktstatus, CE-Kennzeichnung, Haftungsfragen) hemmen gegenwärtig den Einsatz von aufbereiteten Bauprodukten - dies, obwohl ein hohes Potenzial im Sinne der Ressourcenschonung attestiert wird [Mötzl, 2011, S. 60].

7 Ausblick und Empfehlungen

Ressourceneffizienz ist im Gegensatz zum Thema Energieeffizienz ein noch nicht so relevantes Thema in der Praxis. Die Expert/innengespräche haben aber gezeigt, dass durchaus Interesse und vor allem auch ein großes Kosteneinspar- und Ressourceneinsparpotential besteht, wenn es um den Abbruch von Gebäuden und der damit einhergehenden Nutzung von Baurestmassen geht. Durch die neue Recycling-Baustoffverordnung wird ein erster wichtiger Schritt gesetzt, um diesen so genannten verwertungsorientierten Rückbau, welcher eine qualitativ hochwertige Nutzung von Baurestmassen ermöglicht, als Stand der Technik zu etablieren. Dazu sind aber noch eine Reihe an Aktivitäten erforderlich (siehe nationale Umsetzungsstrategie). Mit dem Rückbaukatalog liegt aber bereits ein Werkzeug vor, um besonders in der Planungs- und Ausschreibungsphase eine Hilfestellung in den Händen zu halten. Dieser kann sowohl von Bauherr/innen als auch von Planer/innen und ausführenden Unternehmen (v.a. Abbruchunternehmen, Unternehmen in der Abfallwirtschaft) genutzt werden. Das Projektteam ist deshalb bestrebt, den Rückbaukatalog und die Umsetzungsstrategie einem breiten Publikum zur Verfügung zu stellen. Zu diesem Zweck wurde eine Abschlussveranstaltung durchgeführt und die Ergebnisse in mehreren Fachzeitschriften und auf der Projekthomepage der Projektpartner/innen publiziert. Schlussendlich sind aber die einzelnen Stakeholder gefordert, Impulse im Bereich der Ressourceneffizienz zu setzen. Dies kann beispielsweise durch

- Optimierung der Rahmenbedingungen (Politik)
- Durchführung von Informationsveranstaltungen und Schulungen (Interessensverbände)
- Umsetzung von Pilotprojekten (Bauherr/in; Planer/in)
- Auf- und Ausbau von Bauteilbörsen (ausführende Unternehmen)
- Entwicklung von Werkzeugen (F&E Unternehmen)
- Implementierung eines betrieblichen Ressourcenmanagements (Bauherr/in)

realisiert werden.

Wie bei der Abschlussveranstaltung ausgeführt, sehen Expert/innen ein großes Potential für die positive Verwirklichung von Demonstrationsvorhaben wie auch das Beispiel Waldmühle Rodaun (<http://www.waldmuehle-rodaun.at/>) oder das Palettenhaus (<http://www.palettenhaus.com/>) gezeigt haben. Oft fehlt es aber am Willen bzw. den wirtschaftlichen Voraussetzungen, welche eine kosteneffiziente Umsetzung ermöglichen würden. In diesem Zusammenhang ist nicht nur eine isolierte Betrachtung des Abbruchobjekts, sondern eine regionale Sichtweise erforderlich, um Recyclingbaustoffe und wiederverwendbare Bauteile optimiert in regionalen Kreisläufen zu führen. Ein Thema in diesem Zusammenhang bzw. weiterführende Forschungs- und Entwicklungsarbeiten ergeben sich somit vordergründig mit dem Aufbau und der Implementierung eines betrieblichen bzw. regionalen Ressourcenmanagements.

8 Verzeichnisse

8.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Teilprozesse des Abbruchs und dessen relevantesten Rechtsvorschriften (eigene Darstellung).....	20
Abbildung 2: Analyisierte Bauteile/Systemgrenze (eigene Darstellung).....	25
Abbildung 3: Gebäudemasse pro m ³ umbauter Raum; (eigene Berechnung und Darstellung)	27
Abbildung 4: Entsorgungsindikator der Gebäudemodelle in Abhängigkeit des Heizwärmebedarfs (eigene Darstellung).....	29
Abbildung 5: Kosten für Rückbau und Entsorgung nach Bauperiode im Vergleich (€/t); (eigene Darstellung).....	30
Abbildung 6: Treibhauspotenzial für den Rückbau und die Entsorgung in Abhängigkeit der Modellgebäude (eigene Darstellung).....	31
Abbildung 7: Versauerungspotential für den Rückbau und die Entsorgung in Abhängigkeit der Modellgebäude (eigene Darstellung).....	33
Abbildung 8: Ressourcenverbrauch für den Rückbau und die Entsorgung in Abhängigkeit der Modellgebäude (eigene Darstellung).....	34
Abbildung 9: Erarbeitete Lösungsansätze (eigene Darstellung).....	41

8.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Charakteristika der Modellgebäude inkl. Kurzbeschreibung der Bauteilaufbauten (eigene Darstellung).....	26
--	----

8.3 Literaturverzeichnis

ABW Recycling (s.a.) Vorlesung C/Kapitel 3: Abbruchplanung. 34.

Amtmann, M.; Altmann-Mavaddat, N. (2014) Eine Typologie österreichischer Wohngebäude. Ein Nachschlagewerk mit charakteristischen, energierelevanten Merkmalen von 32 Modellgebäuden - im Bestand und für jeweils zwei Sanierungsvarianten. Projekt EPISCOPE.

Auer, H. (2013a) Kalkulation Hochbau 2013, Baumeisterarbeiten. Hrsg. v. Österreichischer Wirtschaftsverlag GmbH.

Auer, H. (2013b) Kalkulation Hochbau - Baumeisterarbeiten. Österreichischer Wirtschaftsverlag GmbH. Salzburg.

BMLFUW (2012) Ressourceneffizienz Aktionsplan (REAP). Bundesministerium f. Land- und Forstwirtschaft Umwelt und Wasserwirtschaft, Sektion II. Wien.

BMLFUW (2011) Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2011. Hrsg. v. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW). Wien.

- Bundeskanzleramt Österreich (2015) Baurecht und Bauordnungen. <https://www.help.gv.at/Portal.Node/hlpd/public/content/226/Seite.2260200.html> (abgerufen am 02. Dezember 2015; 15:04).
- Bundesministerium für Wissenschaft, F. u. W. B. (2012) Standardisierte Leistungsbeschreibung - Leistungsgruppe (LG) 02 - Abbruch, Kennung: HB, Version: 019 - Leistungsbeschreibung Hochbau.
- Domoconsult® Ingenieurgesellschaft mbH, (s.a.) Facility Management (FM). http://www.domoconsult.net/facility_management.htm (abgerufen am 02.12.2015; 16:17)
- derStandard.at (2013) Große regionale Unterschiede bei Wohnbaukosten. In: Der Standard.
- EB (2008) Wissenswertes und Gewerbeabgrenzungsfragen im Erdbau.
- Europäische Kommission (2008) KOM(2008/98/EG) - Richtlinie über Abfälle und zur Aufhebung bestimmter Richtlinien.
- IBO (2009) Assessment of Buildings and Constructions (ABC) - Disposal. Institut für Baubiologie und -ökologie. Hrsg. v. Mötzl, H. Wien.
- KOM(2005)666 (2005) Weiterentwicklung der nachhaltigen Ressourcennutzung: Eine thematische Strategie für Abfallvermeidung und -recycling.
- Koren, P. (2012) Rohstoffsicherheit 2020+. Rohstoffe für eine ressourceneffiziente Industrie. Industriellenvereinigung. Wien.
- Magistrat der Stadt Wien (2004) RUMBA - Richtlinien für eine umweltfreundliche Baustellenabwicklung. Stadtbaudirektion, Magistrat der Stadt Wien. Wien.
- Mötzl, H., Schneider, U. et al. (2011) bauen mit recycros, Bauen mit Recyclingmaterialien - Subprojekt 2 zum Leitprojekt "gugler! build & print tiple zero". Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. Wien.
- ÖNORM B 3151 (2014) Rückbau von Bauwerken als Standardabbruchmethode. Wien. Österreichisches Normungsinstitut.
- ONR 22251 (2010) ONR 22251 - Mustertexte für umweltgerechte bauspezifische Leistungsbeschreibungen.
- Österreichischer Baustoff-Recycling Verband (2009) Baustoff-Recycling-Anlagen in Österreich Stand: April 2009. Wien.
- Richtlinie 2010/31/EU (2010) Richtlinie 2010/31/EU des europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden.
- Verordnung (EU) Nr. 305/2011 (2011) Verordnung zur Festlegung harmonisierter Bedingungen für die Vermarktung von Bauprodukten und zur Aufhebung der Richtlinie 89/106/EWG des Rates. Nr. 305/2011. 09.03.2011.
- Weber-Blaschke, G.; Faulstich, M. (2005) Analyse, Bewertung und Management von Roh- und Baustoffströmen in Bayern. Technische Universität München. Freising.



Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien
[bmvit.gv.at](https://www.bmvit.gv.at)