

CITY REMIXED

HANDLUNGSFELDER FÜR DIE IMPLEMENTIERUNG
EINER KREISLAUFWIRTSCHAFT IM BAUWESEN GRAZ



CITY REMIXED

HANDLUNGSFELDER FÜR DIE IMPLEMENTIERUNG EINER KREISLAUFWIRTSCHAFT IM BAUWESEN GRAZ

Dieser Bericht fasst wesentliche Erkenntnisse des Forschungsprojektes „City Remixed“ (11/2021 bis 10/2022) zusammen. Wir bedanken uns für die Förderung durch das Land Steiermark und für die fachliche Unterstützung durch die Expert*innen (in alphabetischer Reihenfolge): RA Alexander Brenneis (*Eisenberger Rechtsanwälte GmbH und Institut für Architekturtechnologie TU Graz*), Winfried Ganster (Stadtvermessungsamt Stadt Graz, Referatsleitung Geodaten KundInnenservice & Photogrammetrie), Dipl.-Ing. (FH) Dipl.-Ing. Jürgen Jereb (Inhaber und Geschäftsführer *ZT Jereb*), Dipl.-Ing.ⁱⁿ Anneliese Kapfenberger-Pock (Umweltamt Stadt Graz, Geoinformation und Projekte), Immanuel Karner MSc (Stadtvermessungsamt Stadt Graz, Referat Geodaten KundInnenservice und Photogrammetrie, Bereichsleiter Geodaten KundInnenservice), Dipl.-Ing. Wilfried Krammer, MSc (Stadtbaudirektion Stadt Graz), Thomas Lampesberger (Umweltamt Stadt Graz, Assistenz Abteilungsleiter und Projektmanagement), Mag. Christopher Lindmayr (Umweltamt Stadt Graz, Leitung Referat für Abfallwirtschaftscontrolling), Mag. Konrad Oliver (Stadtplanungsamt Stadt Graz, Referat Stadtentwicklung und Flächenwidmung), Dipl.-Ing. Dr. Werner Prutsch (Abteilungsleitung Umweltamt Stadt Graz), Dipl.-Ing. Thomas Romm *ZT (BauKarusell; Architekturbüro forschen planen bauen ZT; Bietergemeinschaft Romm / Mischek ZT)*, Dipl.-Ing. Bernd Schrunner (Stadtbaudirektion Stadt Graz), Dipl.-Ing. Werner Sprung (*Holding Graz*, Stabstellenleitung; Ingenieurbüro für Kulturtechnik und Wasserwirtschaft) und Mag. Dr. Ingrid Winter (Land Steiermark, Leitung Referat Abfall- und Ressourcenwirtschaft Steiermark).

Autoren: Matthias Raudaschl, Dipl.-Ing. Dr.techn.
Ernst Alexander Dengg, Dipl.-Ing.
Joachim Juhart, Dipl.-Ing. Dr.techn.

Mitwirkende: Bernd Hausegger, Dipl.-Ing.
Roger Riewe, Univ. Prof. Dipl.-Ing. Architekt
Carina Kurz, Dipl.-Ing.
Toni Levak, Dipl.-Ing.
Georgios Triantafyllidis, MU Dott. Mag. MSc.
Selina Haingartner
Alexander Gündera, BSc
David Schlegl, BSc
Johanna Regl

Kontakt: matthias.raudaschl@tugraz.at
Veröffentlicht im Juni 2023

COPYRIGHT

Institut für Architekturtechnologie

Technische Universität Graz

Rechbauerstraße 12

8010 Graz, Österreich

www.iat.tugraz.at

Diese Veröffentlichung ist unter der Creative
Commons Lizenz CC BY-NC-ND 4.0 lizenziert.

INHALT

1	Kreislaufwirtschaft für das Bauwesen Graz
2	HF 1 - Kenntnis über verfügbare Bauressourcen
5	HF 2 - Planung und Projektentwicklung
8	HF 3 - Kreislauffähige Konstruktion
11	HF 4 - Wiederverwendungsorientierter Rückbau
13	HF 5 - Aufbereitung und Herstellung
15	HF 6 - Logistik und Bauressourcenbörse
18	HF 7 - Rechtliche Rahmenbedingungen und Anreizsysteme
23	Literaturverzeichnis
25	Abbildungsverzeichnis

Das Projektteam von „City Remixed“ möchte die Transformation des Bauwesens in Graz hin zu einer Kreislaufwirtschaft anstoßen. Durch eine Kreislaufwirtschaft reduziert sich der Verbrauch von Primärressourcen und das Müllaufkommen wie auch, bei einer nachhaltigen Umsetzung, die negativen Umweltwirkungen. Gleichzeitig können soziale, technische und wirtschaftliche Innovationen, Unternehmen und Dienstleistungen entstehen,^[1^{s.6}] und somit bessere, ästhetische sowie nachhaltige Angebote geschaffen werden [2]. Während die Anpassungsfähigkeit von Städten und Gebäuden an (klimatische) Anforderungen steigt und neue Methoden oder Ansätze des Entwerfens und Gestaltens sowie Herstellens von nachhaltigen Bauwerken resultieren. Dementsprechend beschreibt die im Dezember 2022 veröffentlichte österreichische Kreislaufwirtschaftsstrategie diese Wirtschaftsform als wesentlichen Baustein für Nachhaltigkeit und benennt das Bauwesen als ersten Transformationsschwerpunkt [1^{s.52}].

Eine Kreislaufwirtschaft im Bauwesen entspricht einem „Bauen mit Bestand“, indem Bauressourcen, also in Bauwerken, in Gebäuden und Infrastruktur, verbaute Bauteile (z.B. Stützen), Baukomponenten (z.B. Fenster) oder Baustoffe (z.B. Beton oder Holz) [3^{s.40-41}], fortlaufend wieder neu eingesetzt werden. Dieser Einsatz umfasst folgende Ebenen mit absteigendem Grad der Anwendung: [4^{s.136}]

- **Wiederverwendung / Re-Use** (Einsatz wie beim ursprünglichen Zweck)
- **Wiederverwertung / Recycling** (Einsatz bei gleicher Qualitätsstufe, unter Auflösung der Produktgestalt)
- **Weiterverwendung / Further Use** (Einsatz für einen anderen Zweck, bei reduzierter Anforderung)
- **Weiterverwertung / Downcycling** (Einsatz bei geringerer Qualitätsstufe, unter Auflösung der Produktgestalt)
- **Kompostierung, energetische Verwertung, Deponie**

In Hinblick auf eine Implementierung dieser Ebenen im Bauwesen Graz wurde durch das Projektteam eine Analyse und Simulation einer Kreislaufwirtschaft anhand von relevanten (Bau-) Prozessen durchgeführt. Dies umschließt (a) die Erprobung von Methoden zur Erfassung eines prototypischen „Baubestandes Graz“ (inkl. lokalisierender und zeitlicher Attribute), Recherchen und Analysen eines (b) Bauteil- Baukomponenten- und baustoffreinen Rückbaus, von (c) Wiederverwendungs- und Verwertungsmöglichkeiten, der (d) Aufbereitung von Bauteilen, Bauprodukten und Baustoffen in Graz wie auch im Umland, sowie zu (e) Themen der Logistik und Bauressourcenverteilung (Bauteil- und Stoffflüsse) anhand der Entwicklung potentieller (f) Erneuerungsszenarien. Zur Steigerung der Praxisnähe und inhaltlichen Tiefe fand parallel ein Austausch mit Expert*innen aus unterschiedlichen Bereichen, Unternehmen und Ämtern statt.

Aus diesem Prozess wurden sieben Handlungsfelder abgeleitet. Mit ihrer Publikation, aufbereitet anhand von Problemstellungen und gegenübergestellten Lösungsansätzen, möchte das Projektteam von „City Remixed“ die Transformation des Bauwesens in Graz hin zur Kreislaufwirtschaft anstoßen und diese Transformation fortlaufend unterstützen.



Für die Etablierung einer Kreislaufwirtschaft in Graz und darüber hinaus ist die Kenntnis über potentiell verfügbare „Bauressourcen“ von hoher Relevanz. Kenntnis im Sinne der Information, welche Bauteile, Baukomponenten oder Baustoffe (in den Bereichen Hochbau und Tiefbau bzw. Infrastrukturnetze) mit welchen Eigenschaften zu welchem Zeitpunkt und wo „abrufbar“ sind. Erst auf Grundlage dieser Informationen können städtebauliche Strategien und Konzepte im Sinne einer Kreislaufwirtschaft erstellt werden [5].

Aktuell ist in Graz nicht bekannt bzw. dokumentiert, wo und wann aktuell oder zukünftig welche Bauressourcen in welcher Menge anfallen und verfügbar werden. Da kein System existiert, welches diese anhand relevanter Parameter (Größe, Materialität, Herstellungsjahr, konstruktive Besonderheiten etc.) erfasst. Hierzu konnten nachfolgende Gründe und mögliche Lösungsansätze festgestellt werden.

PROBLEMSTELLUNG

1. Für Graz und „Kenntnis über verfügbare Bauressourcen“ stellen u.a. das städtische GIS (Geoinformationssystem), das 3D-Stadtmodell, das Adress-, Gebäude- und Wohnungsregister (AGWR), wie auch Informationen und Planmaterial welches in Archiven oder bei Ämtern aufliegt grundsätzlich eine Grundlage dar. Es sind jedoch Informationen, welche für eine Kreislaufwirtschaft und u.a. die Feststellung einer zukünftigen Verfügbarkeit wesentlich sind, wie z.B. der Zeitraum einer Errichtung oder eines Umbaus, lückenhaft oder nicht vorhanden. Da durch eine Baugenehmigung nur das Recht in einer 5-Jahresfrist etwas zu bauen oder zu verändern eingeräumt wird, jedoch keine Pflicht besteht, diese Genehmigung zu einem bestimmten Zeitpunkt oder überhaupt zu konsumieren. Zudem sind viele existierende historische Daten nicht digital bzw. georeferenziert und liegen bei unterschiedlichen Stellen und ohne eine Verknüpfung auf. [6, 7]

Darüber hinaus ist eine Erhebung von Baubestand (bestehender Bauwerke) generell mit einem sehr hohen Aufwand verbunden, [6] u.a. auch deshalb, weil konkrete Detailinformationen über verbaute Bauteile (z.B. statische Kennwerte, Bauteilspezifika) nachträglich kaum festzustellen sind. [8 ^{S.95}]

2. Manche Informationen sind schwer zugänglich oder können aus datenrechtlichen oder wirtschaftlichen Gründen nicht eingesehen werden. [7] Generell fehlt auch (rechtliche) Klarheit darüber, wie mit welchen Daten umzugehen ist. Beispielsweise könnten öffentlich zugängliche Daten über Schad- und Störstoffe in einem Gebäude auch ohne negative Auswirkungen auf z.B. Bewohner*innen einen Wertverlust nach sich ziehen [9].

LÖSUNGSANSÄTZE

1. In erster Linie und für „Kenntnis über verfügbare Bauressourcen“ werden in diesem Handlungsfeld standardisierte Methoden der fortlaufenden Datenerfassung und Datenverwaltung über den gesamten Lebenszyklus des Baubestandes hinweg, wie auch die Nutzung und Verknüpfung bestehender Datenbanken empfohlen. Zudem ist eine Erfassung bestehender Bauwerke durchzuführen, um ihre zukünftige Nutzung durch „Blicke in den Lagerbestand“ zu ermöglichen. [10, 11 ^{S.20}] Diese Erfassung wäre wie folgt möglich:

a. Im Hochbau könnte eine Erhebung des Baubestandes durch bautechnische Detailanalysen repräsentativer

Gebäude anhand bautechnischer Planunterlagen und lokaler Besichtigungen erfolgen. Wobei eine Einteilung der Bauelemente in „Primärstruktur“, „Sekundärstruktur“ und „Tertiärstruktur“ die grundlegende Analysestruktur (in Kombination mit *BIM* - Building Information Modelling) bilden können. Die Primärstruktur bezeichnet hierbei die statisch wirksame Tragstruktur (Wände, Decken, Stützen etc.), die Sekundärstruktur den Ausbau (Innenwände, Fassaden, Fußbodenaufbauten etc.) und die Tertiärstruktur die technische Gebäudeausrüstung (Rohrleitungen, Informationsleitungen etc.).



Eine repräsentative Anzahl an bautechnischen Analysen wäre dann anhand von Daten der *Statistik Austria* [12 ^{S.58-66}, 13] und der Stadt Graz (z.B. AGWR) auf Grundlage der „ARK-Haus Methode“ [14] auf ganz Graz hochzurechnen. Das jeweilige Bauressourcenalter (und somit der Zeitpunkt der zukünftigen Verfügbarkeit) könnte z.B. anhand von statistischen Daten über Wechselzyklen [15] ergänzt werden. Eine zeitliche Zuordnung inklusive Georeferenzierung der Bauwerke wäre durch photogrammetrische Auswertungen, Begehungen, Stadtmorphologie (inkl. Machine-Learning) oder auf Basis von GIS-Daten [16] möglich.

- b. Für Infrastrukturnetze ist mit dem „Urban Mining Kataster“ [17] der Stadt Graz eine gute Erhebungsgrundlage (mehr oder weniger detailliert in Teilbereichen) gegeben. Darüber hinaus existieren in einzelnen Zuständigkeiten (Vermessungsamt, Umweltamt, Straßenbauamt der Stadt Graz, Abteilungen der *Holding Graz* etc.) detaillierte digitale Daten über einzelne Netze, deren Bauteile, Baujahr, Zustand und geplante Erneuerungen bzw. Ausbauten. Diese Daten wären in einer digitalen Plattform zusammenzuführen und um fehlende Daten zu ergänzen. Letzteres betrifft Komponenten, die im Sinne eines „Re-Use“ wiederverwendet werden können und vor allem die zeitliche Verfügbarkeit der Bauteile und Materialien. Diese Verfügbarkeit könnte z.B. anhand dem Einbaudatum, Zustandsdaten und Planungsdaten der Stadt Graz sowie durch Wechselzyklen bemessen werden. Generell wäre bei Infrastrukturnetzen wohl so vorzugehen, dass zunächst Hauptmassen und Hauptstränge erfasst werden (auch auf Kosten der Unvollständigkeit) und erst in später folgenden Detailierungsschritten differenziertere Betrachtungen gemacht bzw. Daten mit der Zeit gesammelt werden.

Die Datenstruktur für den Bestand und den Neubau (Hochbau und Infrastrukturnetze) wäre an „Material Pass-Ports“ [18], dem „Gebäudepass“ [19, 8 ^{S.15}] bzw. „Infrastrukturnetzkatastern“ oder, entsprechend den europäischen Bestrebungen, an „Digital Building Logbooks“ [20] zu orientieren und wird unterschiedliche Kategorien und Attribute umfassen.

Generell ist die Implementierung der gewonnenen Daten und Informationen in einen digitalen Kataster erstrebenswert, welcher

sowohl die Georeferenzierung, zeitliche Zuordnungen sowie Filter-Möglichkeiten (zukünftige Verfügbarkeit, Materialität, Bauperiode usw.) enthält. Hierbei stellen das städtische GIS, aber auch die „Digitale Bodenkarte“ [21] oder die Plattform *Madaster* [22] eine Grundlage dar.

Um den Detailierungsgrad zu erhöhen, könnten in diesen Kataster Schad- und Störstofferkundungen (mit entsprechender Qualität [11 ^{S.19}]) wie auch Abfalldaten implementiert werden. Möglich wäre zudem eine generelle Einbindung oder Verknüpfung des hier vorgeschlagenen „Bauressourcen-Datenmanagements“ mit dem in der österreichischen Kreislaufwirtschaftsstrategie angedachten Monitoring [1 ^{S.22}].

Weiters wird zur Reduktion von Abhängigkeiten (von z.B. elektronischen Speichermedien und Zugang) auch eine physische Speicherung von ausgewählten Daten und Informationen direkt auf oder direkt in Bauressourcen vorgeschlagen. Diese Speicherung kann z.B. textbasiert oder anhand von QR-Codes erfolgen. Dadurch wird es möglich, auch ohne digitale Tools oder im Falle verloren gegangener digitaler Daten, die gewünschten Informationen abzurufen und zu nutzen.

Grundsätzlich ist in diesem Themenfeld zu betonen, dass ausgehend von vorhandenen Unterlagen oder Daten und Möglichkeiten einer Erhebung der jeweilige Detailierungsgrad und Informationsgehalt stark variieren kann. Wie auch im Sinne von Effektivität und Effizienz möglicherweise nur einige wenige, dafür aber relevante Daten, gesammelt werden können. Darüber hinaus muss im Sinne einer Kreislaufwirtschaft auch mit der Digitalisierung selbst und z.B. Ressourcen für Serverstrukturen sorgsam umgegangen werden [1 ^{S.43}]. Daraus folgend wird vorgeschlagen, zu untersuchen und zu definieren, welche Mindestdaten je Bauressource notwendig sind, um eine Kreislaufwirtschaft im Bauwesen ermöglichen.

2. Zum richtigen Umgang mit Daten und Informationen sind (rechtliche) Rahmenbedingungen zu schaffen und ist sicherzustellen, dass die Daten nicht missbraucht werden oder negative Folgen haben. Hierzu kann eine Zusammenarbeit mit NGOs angestrebt werden, wie es das Unternehmen *Arup* laut eigenen Aussagen im Kontext der Plattform *Madaster* [22] umsetzt. [23]



FILTER 1
KATEGORIE
HOCHBAU
TIEFBAU

FILTER 2
VERFÜGBARKEIT
10 Jahre 30 Jahre 50 Jahre
20 Jahre 40 Jahre später ...

FILTER 3
KATEGORIE
Einfamilienhaus
Mehrfamilienhaus
Dienstleistungsgebäude
Produktionsgebäude

FILTER 4
Gebäude xy

FILTER 5
BAUZEIT
bis 1919 1919 - 1944 1945 - 1960 1961 - 1970
1971 - 1980 1981 - 1990 1991 - 2000 2001 später

FILTER 6
STRUKTUR
Primärstruktur
Sekundärstruktur
Tertiärstruktur

FILTER 1
KATEGORIE
HOCHBAU
TIEFBAU

FILTER 2
VERFÜGBARKEIT
10 Jahre 30 Jahre 50 Jahre
20 Jahre 40 Jahre später ...

FILTER 3
NETZ
STRASSEN
ABWASSER
...

FILTER 4
NETZABSCHNITT XY

FILTER 5
BAUZEIT
... bis 1919 1919 - 1944 1945 - 1960 1961 - 1970
... 1971 - 1980 1981 - 1990 1991 - 2000 2001 später

FILTER 6
MATERIALKATEGORIE
MINERALISCHE BAUSTOFFE
...



EBENE 0
KATEGORIE
HOCHBAU
TIEFBAU

EBENE 1
ART
KATEGORIE
Einfamilienhaus
Mehrfamilienhaus
Dienstleistungsgebäude
Produktionsgebäude

EBENE 2
GEBÄUDE XY
BAUELEMENTE
BAUZEIT
bis 1919 1919 - 1944 1945 - 1960 1961 - 1970
1971 - 1980 1981 - 1990 1991 - 2000 2001 später
BAUWEISE
... Massivbau
... Skelettbau
VOLUMEN
... xy [m³]
LAGE
... N° x° x° O° y° y°

EBENE 3
BAUELEMENTE
PRIMÄRSTRUKTUR
AUSSEN-INNENWÄNDE
Einbauzeit ... vor 1919
Quantität ... xy [m²]
Details
DACHBALKEN
STÜTZEN
FUNDAMENT
SEKUNDÄRSTRUKTUR
INNENWÄNDE
FASSADE
DACHZIEGEL
Einbauzeit ... ~ 1990
Material ... Keramik
Quantität ... ~ 263 m²
Details
TERTIÄRSTRUKTUR
STROMLEITUNG
Einbauzeit ... unbekannt
Material ... Kupfer
Quantität ... ~ 22 m
Details
ABWASSERLEITUNG
...

EBENE 4
MATERIAL
AUSSENWÄNDE
Einbauzeit ... vor 1919
Phase ... Bestand
Volumen ... [m³]
Fläche ... [m²]
Stärke ... [m]
Länge ... [m]
Höhe ... [m]
Breite ... [m]
UMWELTAUSWIRKUNG
GWP ... CO₂eq
RESSOURCENEINSATZ
PE ... MJ
MATERIAL
Ziegelsteine
Putz
Details
Erneuerungszyklus ... 0 x
INNENWÄNDE
...
ZIEGELSTEINE
Dichte ... 1550 kg/m³
Wärmeleitfähigkeit ... 0,5399 W/(m x K)
Durchlässigkeit ... 182,40 ng/(PA x s x m²)
Porosität ... 0,01
Elektr. Widerstand ... 2.000,00 (Ω x m)
U - Wert ... 1,080 (W/m²K)
Therm. Widerstand (R) ... 0,9259 (m²K/W)
Absorptionsgrad ... 0,1
Rauigkeit ... 1
GWP ... CO₂eq
PE ... MJ
PUTZ
...

EBENE 0
KATEGORIE
HOCHBAU
TIEFBAU

EBENE 1
NETZ
STRASSEN
SCHIENEN
STROM
ABWASSER
TRINKWASSER
ERDGAS
FERNWÄRME
TELEKOMMUNIKATION
BODEN

EBENE 2
NETZABSCHNITT XY
BAUELEMENTE
BAUZEIT
bis 1919 1919 - 1944 1945 - 1960 1961 - 1970
1971 - 1980 1981 - 1990 1991 - 2000 2001 später
QUANTITÄT
... xy [m] / [m²] / [m³]
LAGE
... N° x° x° O° y° y°

EBENE 3
BAUELEMENTE
KANAL
Material
Zustand ... unbekannt
Erneuerungszyklus ... unbekannt
Quantität ... unbekannt
Details
SCHACHT
Material
Zustand ... unbekannt
Erneuerungszyklus ... unbekannt
Quantität ... unbekannt
Details
BAUMASSE
gebunden
ungebunden
sonstiges
KEINE ELEMENTE
...

EBENE 4
MATERIAL
KANAL
MAUERWERK
Dichte ... [kg/m³]
Quantität ... [m] / [m²] / [m³]
Korngröße ... [mm] / [cm]
Spezifikation
Wärmeleitkoeffizient (U) ... [W/m²K]
Dicke ... [mm]
Durchmesser ... [mm] / [cm]
Höhe ... [mm] / [cm]
Breite ... [mm] / [cm]
GWP ... [CO₂eq]
PE ... [MJ]
MATERIALKATEGORIE
MINERALISCHE BAUSTOFFE
zementgebundene Baustoffe
METALLISCHE BESTANDTEILE
ORGANISCH SYNTHETISCH
GLAS
ORGANISCH NATÜRLICH
VERBUNDSTOFFE / SONSTIGE
zementgebundene Baustoffe
gipshaltige Baustoffe
kalkgebunden Baustoffe
keramisch Baustoffe
mineralische Dämmstoffe
Naturstein / Gestein
Lehm

Abbildung 2



Bei Planungs- und Projektentwicklungsprozessen (Projektinitiierung, Projektkonzeption, Projektvermarktung, Entwurfs-, Einreich-, und Ausführungsplanung etc.) werden Entscheidungen getroffen, welche dauerhaft die zukünftige Kreislauffähigkeit der Bauwerke und die Möglichkeit des

erneuten Einsatzes von Bauteilen, Baukomponenten und Baumaterialien beeinflussen. Derzeit tragen diese Prozesse nicht bis kaum zu einer Kreislaufwirtschaft bei. Dies resultiert vermutlich aus nachfolgenden Problemen und könnte mit den gegenübergestellten Lösungsansätzen gelöst werden.

PROBLEMSTELLUNG

1. Eine Kreislaufwirtschaft wird aktuell nicht oder zu spät in Betracht gezogen. Schätzungen gehen davon aus, dass in Nordwesteuropa nur etwa 1 % aller Bauressourcen wiederverwendet werden, [24^{S.7}] was im Besonderen auch ganze, konstruktive Betonbauteile betrifft [25^{S.29}]. Dies resultiert aus der generellen Unkenntnis wie wertvoll rückgebaute Bauressourcen sind, [8^{S.73-74}] oder aus fehlenden Informationen über ihre technischen Eigenschaften. [11^{S.15}] Wie auch daraus, dass gebrauchte Bauteile und Baustoffe weiterhin Akzeptanz oder Imageproblemen unterliegen. Somit ihr Einsatz von Akteur*innen des Bauwesens häufig nicht gewünscht wird. [8^{S.94}, 11^{S.20}] Zudem sind für Bauherr*innen vor allem die Errichtungskosten und nicht die Lebenszykluskosten relevant, [11^{S.14}] weshalb diese eine Kreislaufwirtschaft eher außer Acht lassen.

2. Bauwerke unterliegen auf immaterieller Ebene, infolge funktionaler, modischer, baurechtlicher, ökologischer, ökonomischer oder technischer Obsoleszenz, der Gefahr des vollständigen Abbruchs. [26^{S.41-43}] Hierbei wird die mögliche Lebensdauer der einzelnen Bauteile, Baukomponenten und Baustoffe nicht ausgeschöpft. Zum Beispiel werden Gebäude derzeit vor allem für eine Nutzung (z.B. Wohnen, Arbeiten, Bildung) entworfen, geplant und gebaut. Kommt es zu einem Nutzungswechsel und neuen Anforderungen an das Gebäude (z.B. Nachverdichtung wegen höherem Platzbedarf mit höheren statischen Anforderungen) führt dies in der Regel zu einem Abbruch.

3. Die Einbindung im Kreislauf geführter Bauressourcen erfordert aktuell einen erhöhten (Planungs-) Aufwand und somit Kosten. Die Gründe hierfür finden sich in allen Handlungsfeldern, wobei

im Kontext der „Planung und Projektentwicklung“ besonders auf die fehlende oder erst kurzfristig vorhandene Information, welche im Kreislauf geführten Bauressourcen in welcher Menge und mit welchen Eigenschaften zur Verfügung stehen, hinzuweisen ist (siehe auch HF 1 und HF 6).

Dies betrifft auch die Projekt-Baustelle selbst, da derzeit erst auf Grundlage einer Planung ein (Rück-) Baubescheid erstellt wird, woraufhin eine Schad- und Störstofferkundung oder der Rückbau folgen. Womit erst kurz vor Baubeginn sichtbar wird, welches Ressourcen-Potential direkt vor Ort vorhanden wäre. [9] Die Verfügbarkeit von wiederverwendbaren Bauteilen, Baukomponenten oder Baustoffen kann nach Ort und Zeitpunkt stark schwanken und muss nicht dem Bedarf entsprechen. Zudem bestehen beim Zugriff auf Bauressourcen Abhängigkeiten mit anderen zeitgleichen Planungen und Projektentwicklungen. Derzeit ist nicht geregelt, welches Bauvorhaben (z.B. sozialer Wohnbau oder Luxusimmobilie) in einer Kreislaufwirtschaft „wichtiger“ ist und über die Bauressourcen verfügen darf. Darüber hinaus setzt eine potentielle Wiederverwendung einen vorab erfolgten Rückbau voraus, womit „unwichtige“ Bauwerke auch der Gefahr des Abbruchs unterliegen können.

4. Es ist generell auf die eher mangelhafte Kommunikation der Akteur*innen des Bauwesens hinzuweisen. [8^{S.95}] Darüber hinaus kann es dazu kommen, dass in der Planung getroffene Entscheidungen dann in der Praxis, beispielsweise aufgrund von Einwänden hinsichtlich der Funktionalität der angedachten wiederverwendbaren Bauteile, nicht umgesetzt werden. [5]



LÖSUNGSANSÄTZE

1. Generell wird in diesem Handlungsfeld vorgeschlagen, ein Bewusstsein für den Wert kreislauffähiger Bauressourcen und den Wert einer Kreislaufwirtschaft wie auch über Möglichkeiten der Mitgestaltung [2] zu schaffen. Neben positiven Aspekten sollen hierbei aber auch mögliche negative Folgen thematisiert und öffentlich diskutiert werden. Da eine Stadt neben ihrer physischen Organisation auf den Gewohnheiten und Bräuchen der Menschen die sie bewohnen beruht, [27 ^{S.578}] und technische Innovationen soziale Folgen hervorrufen, sollte diesem Thema ausreichend Raum und Zeit zur Verfügung gestellt werden.

Weiters wird hierzu die Wissensvermittlung der (u.a. technischen) Eigenschaften rückgebauter Bauteile, Baukomponenten und Baustoffe angedacht. Hierzu können folgende Ansätze angewandt werden:

- Erstellung einer umfangreichen Wissensplattform mit verständlich und logisch aufbereiteten Informationen zum kreislauffähigen Bauen (Anleitungen, Empfehlungen, Merkblätter, Planungshinweise). [8 ^{S.76-96}]
- Integration der Kreislaufwirtschaft in die Ausbildung, [9, 11 ^{S.23}] z.B. an Schulen, Universitäten, an Fachhochschulen als auch an berufsbildenden höheren Schulen, in Berufsschulen für (bautechnische) Lehrberufe und im Rahmen von Weiterbildungen.
- Durchführung und Veröffentlichung von Best Practice Beispielen oder Leuchtturm-Projekten, [9, 11 ^{S.19}] im Rahmen der Forschung aber auch der Baupraxis.
- Abbildung des Bauwesens im geplanten „Circularity Lab Austria“. [1 ^{S.44}]

Darüber hinaus sollten alle Akteur*innen der Planung und Projektentwicklung bereits zu einem frühen Zeitpunkt mit einer Kreislaufwirtschaft in Kontakt kommen, u.a. durch motivationssteigernde Anreize (z.B. Förderungen) oder auch durch behördliche Vorschriften:

- Integration der Kreislaufwirtschaft in Stadtentwicklungskonzepte, Flächenwidmungspläne, Bebauungspläne, Bebauungsbestimmungen in die Vorgaben von Architekturwettbewerben, wie auch in Ausschreibungen [9, 11 ^{S.15-16}] (z.B. anhand von Qualitätskriterien, oder auch in Form von „Social Urban Mining“ Ausschreibungstexten [28]), sowie in Richtlinien von Förderungen [1 ^{S.38}].

- Einführung des Bewertungskriteriums „Kreislauffähigkeit“ von Bauwerken, ähnlich einem Energieausweis und in Kombination mit Wirtschaftlichkeit [11 ^{S.17-21}] z.B. auf Grundlage des „Urban Mining Index“. [29]
- Definition und Implementierung einer „Umweltfachbauaufsicht“, [11 ^{S.17}] welche ausgewählte Aspekte der Kreislaufwirtschaft kontrolliert und koordiniert.
- Verankerung der in der Neuausgabe der ÖNORM B 3151 (2022) vorgesehenen „Vorerhebungen der Bauherrenschaft“ in Projektentwicklungsprozesse.
- Zuweisung von Verantwortung an Planer*innen und Auftraggeber*innen über die Auswahl von Bauressourcen und ihrer Möglichkeit der späteren Wiederverwendung. [11 ^{S.21}]

2. Es wird der Grundsatz vorgeschlagen, dass Gebäude hinsichtlich multifunktionaler (Nach-) Nutzungskonzepte zu entwickeln und zu entwerfen sind. [1 ^{S.54}, 11 ^{S.15}] Dieser Grundsatz betrifft beispielsweise die räumliche Anpassungsfähigkeit durch entsprechende Gebäudetiefen, Gebäudelängen, Raumhöhen, wie auch die Positionierung und Dimensionierung der Tragstruktur, die Lage der Erschließung und die Möglichkeit der Führung und Adaptierung technischer Gebäudeausrüstung. [30 ^{S.65-85}]

Zudem schlägt die österreichische Kreislaufwirtschaftsstrategie vor, bereits beim Neubau Rückbaukonzepte verpflichtend vorzuschreiben und Sanierungen gegenüber dem Neubau zu priorisieren. Unter anderem, indem eine österreichweite Bewilligungspflicht für den Rückbau oder Abbruch eingeführt wird. [1 ^{S.54}] Hierzu ist zu betonen, dass auch bei Sanierungen eine Kreislaufwirtschaft anzustreben ist.

3. Für Lösungsansätze zur Information, welche im Kreislauf geführten Bauressourcen wann und in welcher Menge zur Verfügung stehen, wird auf HF 1 und HF 6 verwiesen. Diese Information ist direkt in Planungssoftware zu integrieren. In diesem Kontext muss untersucht werden und sind Regeln zu definieren (z.B. gemeinsam mit Philosoph*innen), welches Projekt in welcher Situation über welche Bauressourcen verfügen darf. Zudem wird die (Weiter-) Entwicklung einer Planungssoftware vorgeschlagen, welche während der Planung des Objektes die Rentabilität (Kosten-Nutzwertrechnung) des kreislauffähigen Bauens berechnet, aber auch die „Systemgrenzen“ und



Machbarkeit (lokale bzw. überregionale Zusammenhänge) darstellt. [8 ^{S.96}] Diese Software sollte darüber hinaus fortlaufend die Umweltverträglichkeit der Planung abbilden [11 ^{S.16}].

Für eine Steigerung der Planungssicherheit ist eine Aufnahme von wiederverwendbaren Bauteilen in die Baustoffliste des *OIB* (welche für Bauprodukte den in Österreich erforderlichen Nachweis der Verwendbarkeit festlegt) unter zu definierenden Randbedingungen anzustreben. *EPDs* (Umweltproduktdeklarationen) welche auch Kreislaufwirtschaftskriterien umfassen könnten hierbei unterstützen [11 ^{S.22}].

Um Ungleichgewichte von Bedarf und Nachfrage auszugleichen, wie auch dem Problem der späten Kenntnis über verfügbare Bauressourcen entgegenzuwirken, könnten Planungsprozesse mit „Platzhaltern“ entwickelt werden. Bauteile (z.B. eine Außenwand) würden hierbei anhand möglichst weniger Eigenschaften (z.B. Tragfähigkeit, Abmessungen, Öffnungen, U-Wert etc.) geplant und die einzelnen Elemente erst kurz vor oder während der Herstellung des Bauwerks definiert. Das würde den organisatorischen und technischen Aufwand im Herstellungsprozess wesentlich erhöhen, wie auch die Kostenplanung erschweren, könnte aber auch in neuen Methoden des Entwerfens und Gestaltens sowie Herstellens von Bauwerken resultieren.

Generell ist noch zu betonen, dass bereits bei Projektentwicklungsprozessen ein potentieller Rückbau des Baubestandes auf Projektbaustellen mitzudenken ist. Um wiederverwendbare Bauteile oder mögliche Sekundärrohstoffe z.B. „Tonnen an Beton“ zu definieren und deren Verwendung möglichst früh entsprechend einzuplanen (siehe auch HF 4). [9]

4. Für eine bessere Zusammenarbeit wird die Implementierung einer integralen Planung vorgeschlagen. Hierzu werden z.B. anhand von *BIM* (Building Information Modelling) über den gesamten Lebenszyklus hinweg Informationen zwischen allen Akteur*innen geteilt, erfasst und dokumentiert. [11 ^{S.16}] Eine „Bauressourcenbörse“ (siehe HF 6) könnte einen solchen Informationsaustausch unterstützen.

Generell wird angenommen, dass für eine Kreislaufwirtschaft klare Regeln zu schaffen sind, wie Informationen erstellt, bearbeitet und geteilt werden. Es hierzu aber auch Motivatoren und Anreize benötigt.



Für eine Kreislaufwirtschaft sind Bauwerke und deren Elemente (Bauteile, Baukomponenten, Baustoffe) unter Beachtung von Nachhaltigkeit möglichst langlebig und dauerhaft, sowie kreislauffähig (selektiv rückbaubar und anpassbar) zu konstruieren [11 S.15-19]. Neben beispielsweise Bauteilqualität, Bauausführung, bauphysikalische Einflüsse und Nutzung

betrifft das im Besonderen die Materialkombinationen und somit die angewandten Fügetechnologien. [26 S.24-40] Wesentlich sind aber auch funktionale Abhängigkeiten, hierarchische Beziehungen zwischen Elementen und die Geometrien der Produktkanten. [31 S.52-69]

PROBLEMSTELLUNG

1. Aus der heutigen Konstruktionspraxis resultieren in der Regel Bauwerke, welche nicht oder nur unter sehr hohem Aufwand selektiv (komponenten- und/oder baustoffrein) rückgebaut werden können. Dies resultiert aus dem Fügen der Baukomponenten, welches durch die Methoden „Vergießen“, „Verschweißen“, „Verkleben“, „Ausschäumen“ und „Abdichten“ geprägt ist. [8 S.74] Daraus folgend werden auch Bauteile oder Baukomponenten mit-rückgebaut, deren zu erwartende Lebensdauer noch nicht ausgereizt wurde („Schicksalsgemeinschaft“).

Auch sind Produktkanten von Bauprodukten und somit die hierarchischen Beziehungen zwischen Baukomponenten häufig so entworfen und konstruiert, dass eine sehr hohe Anzahl nicht rückbaubarer Fügestellen entsteht. [8 S.74]

2. Der Einbau von im Kreislauf geführten Bauressourcen kann auf der Baustelle einen handwerklichen und organisatorischen Mehraufwand bedeuten, da diese Objekte möglicherweise nicht gängigen und standardisierten Bauteilen entsprechen (z.B. Sonderformate aufweisen) und nicht gewohnte Arbeitsschritte (z.B. Anpassungen, Zusatzelemente) und somit mehr Zeit beim Einbau erfordern.

Werden zudem in der Planungsphase Bauelemente anhand weniger Eigenschaften definiert (siehe HF 2), so stehen die zu verbauenden Einzelkomponenten erst kurz vor oder parallel zur Herstellung eines Bauwerks fest. Was eine kurzfristige Reaktion auf neue Umstände erfordert, woraus erneut erhöhte handwerkliche oder organisatorische Aufwände resultieren können.

LÖSUNGSANSÄTZE

1. Generell sind Bauwerke in einer Kreislaufwirtschaft so zu gestalten, dass diese leicht in ihre Einzelteile zerlegt, wieder in Betrieb genommen, wiederaufbereitet oder renoviert werden können. Hier sind die Konzepte des „Design for Disassembly“ und „Design for Recycling“, [18 S.17] oder die „Reversible Architecture“ (bereits aus dem Jahre 1970) hervorzuheben, [32] welche sich durch rückbaubare Bauweisen, [1 S.53] und eine zerstörungsfreie Lösbarkeit für eine Wiederverwendung auszeichnen. [33 S.2, 29 S.96] Im Gebäude betrifft das die Möglichkeit des von der Primärstruktur (Tragstruktur) gesonderten und beschädigungsfreien Rückbau der Sekundärstruktur (Ausbau) und der Tertiärstruktur (technische Gebäudeausrüstung). [33 S.2, 30 S.65-85] Aber auch eine für Wiederverwendung demontierbare Primärstruktur (Tragstruktur). [8 S.74] Hierzu sind Bauwerke in der Stadt mit einer langlebigen und robusten Tragstruktur auszustatten, während in Randlagen auch kurzlebigere Strukturen angedacht werden könnten. [11 S.15] Installationsleitungen sollten zur Vermeidung funktionaler

Abhängigkeiten generell frei (ungebunden) verlegt und zugänglich positioniert werden. Z.B. in Schächten, während durch Revisionsklappen zukünftige Adaptierungen möglich sind. [31 S.58]

Bei der Baukomponenten- oder Bauteilwahl ist generell darauf zu achten, dass diese auswechselbar, [8 S.117] möglichst dauerhaft, [5] und zukünftig wiederverwendbar konstruiert sind, und idealerweise bereits im Kreislauf geführt wurden. [11 S.15] Dies betrifft die Baukomponente selbst, ihre Bestandteile und ihre Produktkante. [31 S.65] Das bedeutet auch, generell eine modulare Bauweise (im Sinne modular fügbarer Bauteile anzustreben) und rückbaubare Konstruktionen (z.B. Blindstock beim Fenstereinbau) anzuwenden. [11 S.20-23] In diesem Kontext ist auf die europäische Ökodesign-Verordnung hinzuweisen, welche für Bauprodukte zukünftig die Langlebigkeit, die Reparierbarkeit, die Wiederverwendung, den Schadstoffgehalt



und den Anteil an Sekundärmaterialien umfassen wird/könnte. [1^{S.30}]

Die Fügstellen zwischen Baukomponenten unterschiedlicher Lebensdauer und/oder Materialität sind so zu konzipieren, dass diese mit Standardwerkzeugen hergestellt, ohne Beschädigung gelöst und einfach gefunden werden können. [8^{S.117}, 11^{S.15}] Das bedeutet, Klebe- und Nagelverbindungen eher zu vermeiden, [8^{S.117}] und für Vergießen, Verschweißen, Ausschäumen und Abdichten neue Lösungen zu konzipieren. Weiters bedeutet das, rückbaubare Fügmethoden wie das Einhängen, Legen, Einspannen aber auch Schrauben, [31^{S.69-70}] und ungebundene Bauweisen anzustreben.

Im Kontext der Fügetechnologie ist jedoch darauf hinzuweisen, dass auch ein „rückbaubares Kleben“ seine Berechtigung besitzt. Welches sich durch eine ausreichende Haftfestigkeit im Betrieb und eine reduzierte Haftfestigkeit beim Rückbau (z.B. mittels linearem Schälern) auszeichnet. Darüber hinaus sind einfache Demontageprozesse zu gewährleisten und geringe oder keine Kleberückstände wesentlich.

Abschließend ist im Kontext der Konstruktion die Bedeutung der Instandhaltung hervorzuheben. Da für Langlebigkeit, Dauerhaftigkeit und die Möglichkeit einer späteren Wiederverwendung, Wartungen am Bauwerk, an Bauteilen und an Baukomponenten durchzuführen sind. [11^{S.18}]

2. Für die Etablierung einer Kreislaufwirtschaft besteht ein wesentlicher Aspekt darin, den einzelnen baurelevanten Prozessen, im Besonderen dem Konstruieren und Herstellen von Gebäuden und Infrastrukturen, mehr Zeit zur Verfügung zu stellen. Erst durch eine tiefere Auseinandersetzung mit Kreislaufwirtschafts-Bauaufgaben finden Lernprozesse statt und entstehen neues Wissen wie auch Fertigkeiten und Gestaltungsoptionen.

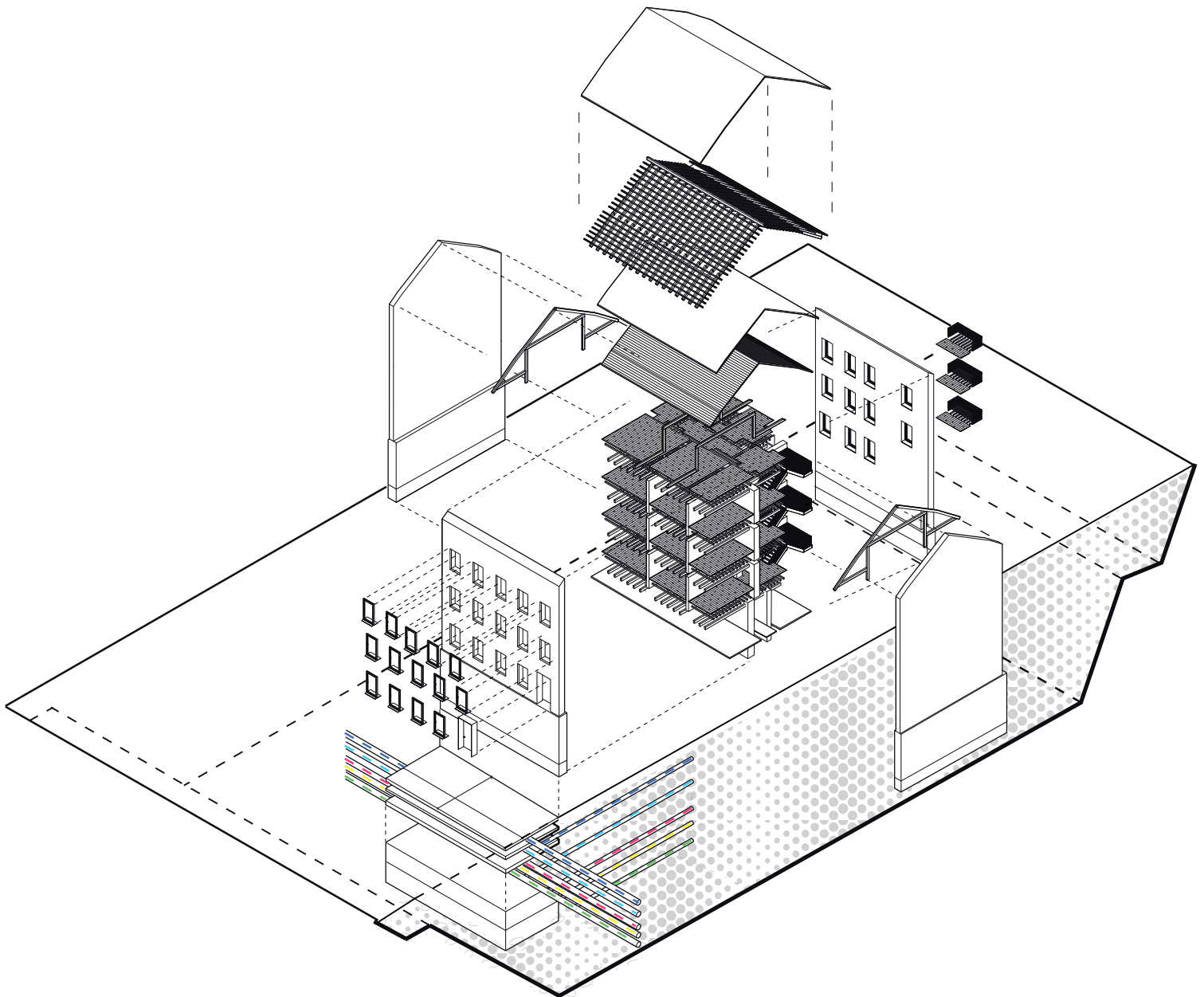
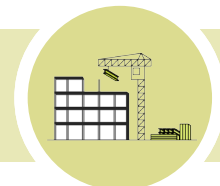


Abbildung 3



Als Stand der Technik gilt heute der wiederverwendungs- und verwertungsorientierte Rückbau nach ÖNORM B 3151 (2022) als „Standardabbruchmethode“ [34 ^{S.15-16}]. Die Bauherrschaft ist somit verpflichtet einen geordneten und verwertungsorientierten Rückbau zu planen und durchführen zu lassen sowie (ab $\geq 750t$ Abbruch) zu einer „Schad- und Störstofferkundung“.

Diese Erkundung ist verbunden mit einer „Wertstofferkundung“ des Objektes über seine Potentiale hinsichtlich Re-Use (Wiederverwendung) und Recycling (Wiederverwertung). Die offenen Punkte in diesem Kontext wie auch mögliche Lösungsansätze sind im Einzelnen nachfolgend angeführt.

PROBLEMSTELLUNG

1. Die Wiederverwendung von ganzen Bauteilen oder Baukomponenten im Zuge des Rückbaus wird, obwohl es die bevorzugte Form der Abfallvermeidung darstellt, nur sehr selten praktiziert. Hierzu würden sich Stahl- und Holzbauteile oder Betonfertigteile (z.B. Stützen, Balken, Decken und Wandelemente) sowie Baukomponenten (Fenster, Türen etc.) besonders gut anbieten, u.a. da für deren Herstellung bereits umfassend Rohstoffe, Energie aber auch Aufwände in Form von z.B. Arbeitsleistung und Geld aufgewendet wurde. Gründe für die seltene Wiederverwendung finden sich beispielsweise in fehlenden modularen Eigenschaften, aber auch in rechtlichen Fragestellungen. [25 ^{S.29}, 8] Weiters werden Akteur*innen der Projektentwicklung und Planung derzeit zu spät mit einer Kreislaufwirtschaft konfrontiert und gibt es kaum Anreize oder behördliche Vorschriften. Siehe hierzu auch HF 2, HF 3 und HF 7. Eine Kreislaufwirtschaft ist im Zuge des Rückbaus vor allem eine organisatorische Herausforderung. Dies umfasst die Identifikation der Bauressourcen, die sorgsame (händische) Demontage, die Beurteilung der Verwend- oder Verwertbarkeit und zeitlichen Verfügbarkeit: z.B. anhand des Aufwandes des Rückbaus und einer Aufbereitung, der Zwischenlagerung- bzw. Logistik, der Vorbereitung zur Wiederverwendung und des Wiedereinbaus. Dies gilt insbesondere auch dann, wenn die Rückbaubaustelle die Neubaubaustelle darstellt. Gemäß Erfahrungen mit dem Rückbau in Graz sind aktuelle behördliche Vorgaben jedoch nicht hilfreich, ja sogar hinderlich in Bezug auf vor Ort Wiederverwertung, indem Rückbaubescheide mobile Brechanlagen verbieten [9].

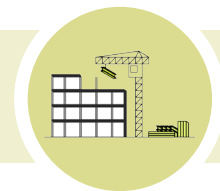
2. Die hochwertige Aufbereitung („echtes“ Recycling) von Baustoffen, hier sind die mineralischen Baurestmassen als mengenmäßig größter Anteil hervorzuheben, ist der Ausnahmefall. Obwohl die Recyclingquote von mineralischen

Bau- und Abbruchabfällen in Österreich sehr hoch ist, wird in dieser Quote auch ein Downcycling berücksichtigt [35]. Das zeigt sich z.B. durch den Einsatz ursprünglich konstruktiver Bauteile der Tragstruktur aus mineralischen Baustoffen als Verfüllmaterial [36].

Generell kann festgehalten werden, dass der Einsatzbereich von Recycling-Baustoffen, wie auch der von bituminös gebundenen Stoffen (z.B. Ausbauphase), auf geringere Anforderungen beschränkt ist. Dies resultiert u.a. aus rechtlichen und normativen Hemmnissen. Zum Beispiel lässt die derzeitige Beton-Norm (ÖNORM B 4710-1) nur einen Anteil von i.d.R. etwa 30% recycelter Gesteinskörnungen im Beton zu (maximal 50% $> 4mm$ und max. 25% $< 4mm$) und das nur für relativ untergeordnete Betongüten [37 ^{S.150}].

Darüber hinaus sind viele österreichische Aufbereiter und Hersteller für eine sortenreine Sortierung und hochwertige Aufbereitung von mineralischen Baurestmassen technisch nicht gut genug ausgestattet, ganz im Gegensatz zu z.B. der Schweiz. Ähnlich verhält es sich mit der sortenreinen Trennung anderer Bauabfälle (Wärmedämmverbundsysteme, Kunststoffe, auch Altholz u.v.m.) und deren hochwertiger Aufbereitung.

3. Besonders unbefriedigend ist die grundsätzliche Betrachtung und rechtliche Einstufung des Bodenaushubmaterials, welches auch außerhalb der Baustelle wiederverwertet werden könnte, als Abfall. Das führt zu Transporten und der Deponierung nennenswerter Mengen. [9] Letzteres deshalb, weil für eine Wiederverwendung (größerer Mengen) gemäß Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2023 (BAWP 2023) eine grundlegende Charakterisierung inklusive chemischer Analyse durch eine externe befugte Fachperson oder Fachanstalt nach Vorgaben der Deponieverordnung 2008 (DVO 2008) durchzuführen ist.



LÖSUNGSANSÄTZE

1. Die Wieder- und Weiterverwendung von Bauteilen ist wie oben angesprochen eine „organisatorische“ Herausforderung und verbunden mit rechtlichen bzw. behördlichen Hemmnissen. Für einen wiederverwendungsorientierten Rückbau sollte in erster Linie, und zur Reduktion des Rückbauaufwandes, eine wiedergewinnungsorientierte Rückbauplanung (inkl. Reuse-Potenzialanalyse) durchgeführt werden [11 ^{S.15}]. Dies wäre u.a. in behördlichen Vorgaben für z.B. die Planung und die Ausschreibung von Bauvorhaben festzuhalten. Weiters können Anreize, wie z.B. differenzierte Förderhöhen für den selektiven Rückbau im Vergleich zum klassischen Abbruch, einen wiederverwendungsorientierten Rückbau unterstützen. [8 ^{S.96}]

Für eine Wiederverwendung ist das händische Demontieren die beste schonende Rückbaumethode. Diese Methode erhöht in der Regel jedoch den handwerklichen und zeitlichen Aufwand und somit die Kosten. Zukünftig könnten Werkzeuge der Digitalisierung und Roboter assistierte Methoden (kollaborative Robotik) diese Aufwände reduzieren. Speziell was die sorgsame Demontage und Trennung von Materialien und Materialverbänden betrifft, aber auch im Zuge der Identifikation der Bauteile, der Beurteilung ihrer Verwend- und Verwertbarkeit und der zeitlichen Verfügbarkeit. Darüber hinaus ist eine Unterstützung bei der Vorbereitung zur Wiederverwendung, bei der Zwischenlagerung bzw. der Logistik und auch beim Wiedereinbau wesentlich. Den Rückbau begleitende Planungswerkzeuge ermöglichen eine weitere Reduktion des Aufwandes. Indem beispielsweise, nach Beurteilung des jeweiligen Zustands, die Gebrauchstauglichkeit und Restnutzungsdauer ermittelt und direkt in Planungssoftware übertragen wird (siehe auch HF 2). Eine sachkundige Person (z.B. Ziviltechniker*in für Bauwesen o.ä.) sollte zu dieser Beurteilung befähigt sein (siehe auch HF 5).

2. Ist die Wiederverwendung ganzer Bauteile nicht möglich, sollte auf möglichst effiziente Methoden der sortenreinen Zerkleinerung und (örtlichen) Wiederverwertung zurückgegriffen werden. Wie oben angemerkt, verhindern Rückbaubescheide oftmals ein solches Recycling direkt auf der Baustelle da keine mobilen Brechanlagen aufgestellt werden dürfen.

Ein pragmatischer Lösungsansatz besteht derzeit darin, nach Abfallwirtschaftsgesetz (AWG) genehmigte mobile Abfallbehandlungsanlagen zu verwenden. Falls in den Genehmigungen dieser mobilen Anlagen Auflagen nicht eingehalten werden können, wie z.B.: Abstände zu Wohnhäusern oder Nutzungsdauer, kann mit einem AWG-Verfahren erreicht werden, dass ein Einsatz trotzdem möglich ist. Mitunter bedarf es hierzu verschiedener Maßnahmen (z.B.: mobile Lärmschutzwände, Befeuchtungsvorgaben). Dieser rechtliche Prozess verlangt jedoch eine lange Vorlaufzeit und motivierte Auftraggebende. Weshalb vorgeschlagen wird, den Prozess des Erlasses von Rückbaubescheiden bzw. Standardauflagen in Graz generell zu überarbeiten. [9]

Durch gezielte Förderung der Bauschutt-Aufbereitung und Weiterentwicklung der Verfahren sollte die Herstellung qualitativ hochwertiger Recycling-Materialien weiter verbessert werden. Beispielsweise ermöglichen sensorbasierte, automatisierte Verfahren eine digitale Erfassung der gewonnenen Materialien und eine Kennzeichnung über ihre Eigenschaften. Diese Kennzeichnung könnte anhand von „Materialpässen für Recycling-Baustoffe“ oder auch durch „Produktpässe“ [1 ^{S.31}] erfolgen. Zur Förderung des Einsatzes von Sekundärrohstoffen könnten Mindestmengen definiert werden, welche in Bauprodukten vorhanden sein müssen. [11 ^{S.17}]

Generell ist festzuhalten, dass bei Rückbau- und Neubauvorhaben Zwischenlagerplätze (vor Ort) bzw. ein Logistikkonzept für das Gewinnen und Lagern und das Wiedereinbauen mitgeplant und ausgeschrieben werden muss. Eine Vorgehensweise, welche behördlich und durch die Stadt Graz, z.B. auch durch eine „Bauressourcenbörse“, unterstützt werden sollte (siehe HF 6).

3. Um eine Verwertung von schadstofffreiem Bodenaushubmaterial anstelle einer Deponierung zu ermöglichen, ist eine Änderung der Abfalldeponierungsverordnung nötig. Dies ist laut Auskunft des Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK) auf der Konferenz „Rezy- und Depotech 2022“ in Leoben in Arbeit und für das Jahr 2023 geplant.



In einer Kreislaufwirtschaft werden Bauteile, Baukomponenten und Baustoffe nach ihrem sorgfältigen Rückbau erneut als Bauteile, Baukomponenten und Baustoffe für denselben oder einen anderen Zweck eingesetzt. Dies erfordert eine Prüfung und ggf. Aufbereitung oder Verarbeitung, wobei in Graz infolge einer Vielzahl an Laboren, Dienstleistern und relevanten Unternehmen (z.B. Bauunternehmen, Tischlereien, Schlossereien, Installateure) großes Potential vorhanden ist.

Während sich Objekte mit einem wirtschaftlichen Wert (z.B. historische Türen, Fenster) teilweise bereits im Kreislauf befinden, [9] konnten hinsichtlich einer breiten und vollumfänglichen Wiederverwendung des Baubestandes nachfolgende Probleme und Lösungsansätze festgestellt werden.

PROBLEMSTELLUNG

1. Rückgebaute Bauteile oder Baukomponenten (Fenster, Innenwände, Fassadenelemente, Träger etc.) können unter Umständen nicht mehr den gegebenen Anforderungen entsprechen. [9] Das betrifft z.B. technische, funktionale oder modische Aspekte [26 S.24-40, 11 S.14] und zeigt sich in einer fehlenden Akzeptanz (siehe HF 2), in Normen und durch Bedenken seitens Expert*innen. Beispielsweise werden Fundamente aufgrund möglicher Setzungen oder Rissbildungen eher ersetzt, [5] oder stellt Recyclingbeton derzeit ein Downcycling durch die erlaubte Anwendung nur geringer Recyclinganteile und nur bei geringeren Anforderungen dar. [37 S.150] Rückgebaute Bauressourcen werden Großteils somit, wenn überhaupt, bei geringeren Anforderungen eingesetzt. Woraus folgt, dass dem Bauwesen bei gleichbleibenden Baustandards, gleichem Ressourcenbedarf und gleicher Produktivität weiterhin überwiegend Primärrohstoffe zugeführt werden müssen.

In diesem Kontext ist jedoch festzuhalten, dass auch bei einem geschlossenen Kreislauf der aktuelle Rohstoffbedarf des Bauwesens nicht gedeckt werden könnte, [11 S.22] somit für eine Kreislaufwirtschaft auch der Bedarf zu reduzieren ist.

2. Die Prüfung oder Aufbereitung rückgebauter Bauressourcen für eine Wiederverwendung, beispielsweise durch verarbeitende Unternehmen oder die Hersteller dieser Produkte, wird aktuell selten bis nie durchgeführt. Dies ist auf die generelle Unkenntnis über vorhandene, wiederverwendbare Bauressourcen und über ihre Eigenschaften, auf fehlende Märkte (siehe HF 1 und HF 6), aber auch auf geringe Erfahrungswerte zurückzuführen (siehe auch HF 2). Eine große Rolle spielen auch höhere (ökonomische) Aufwände und rechtliche Unklarheiten (siehe auch HF 7). [11 S.19]

LÖSUNGSANSÄTZE

1. Für den Einsatz rückgebauter Bauressourcen bei gleichen oder auch höheren technischen Anforderungen wird vorgeschlagen, Erfahrungswerte und (technische) Kenntnis über Bauressourcen und damit Sicherheiten zu schaffen. Dies wäre z.B. in Form von standardisierten technischen Spezifikationen, Kriterien oder Ausführungsbedingungen möglich [1 S.68]. Hierzu sind funktionale, baupraktische, statische und bauphysikalische Prüfungen (visuell und/oder mittels Prüfgeräte) durchzuführen und anhand einer Datenbank oder Wissensplattform (siehe auch HF 2) öffentlich zugänglich zu machen. Als Grundlage für solche Prüfungen könnte das Merkblatt „Wiederverwendung von Fertigteilen aus Beton, Stahl- und Spannbeton“ [38] aus dem Jahr 2012 dienen, welches vier Untersuchungsstufen vorschlägt:

- Voruntersuchung (Zugänglichkeit und Demontierbarkeit)
- Eignungsprüfung (visuelle Begutachtung, baustoffliche und technische Untersuchungen anhand von Proben)
- Hauptprüfung (visuelle und bautechnische Prüfung der demontierten Bauteile)
- Zusatzprüfung (Zustandsänderungen durch Transport, Umschlag, Lagerung usw.)



Darüber hinaus wird vorgeschlagen, Handlungsschritte der Wiederverwendung historischer Bauteile auf alle Baukomponenten und Bauteile anzuwenden (Stichwort „Denkmalschutz“). [8 ^{S.116}] Bei einem Rückbau sind alle Bauressourcen zunächst somit als „wertvoll“ und „schützenswert“ einzustufen. Wobei gleichzeitig eine fortlaufende Aussonderung von Schadstoffen (z.B. anhand der *SCIP-Datenbank* (Substances of Concern in Products)) zu gewährleisten ist [1 ^{S.27-69}, 11 ^{S.23}].

Generell sind möglichst viele Bauressourcen direkt auf der Baustelle wieder und weiter einzusetzen. [11 ^{S.17}] In diesem Kontext ist noch festzuhalten, dass eine Kreislaufwirtschaft ganzheitlich zu betrachten und im Hinblick auf Nachhaltigkeit fortlaufend zu prüfen ist. Da sich, verglichen mit dem Einsatz völlig neuer Bauressourcen, auch aus einem Downcycling ökologische Vorteile ergeben können.

2. Um eine Prüfung, Aufbereitung und Wiederverwendung möglichst vieler Bauteile, Baukomponenten und Baustoffe zu ermöglichen, ist die Wirtschaftlichkeit zu erhöhen. Hierzu sind positive Anreize (z.B. durch Förderungen) zu schaffen, welche die Entstehung neuer Geschäftsmodelle, neuer Unternehmen oder die Neuorientierungen bestehender Unternehmen bewirken. [11 ^{S.23}] Es können aber auch CO₂-Bepreisungen oder eine „erweiterte Produzentenverantwortung“ (Zuweisung der Verantwortung über Umweltwirkungen an die Hersteller) eine Anreizwirkung entfalten [1 ^{S.33}].

Darüber hinaus sind in allen baurelevanten Bereichen kreislaufwirtschaftsfähige Strategien zu erarbeiten und seitens der Bundesländer, Städte und Gemeinden aktive Rollen einzunehmen. Beispielsweise indem in räumlicher Nähe zu Ballungsräumen oder potenziellen Bauvorhaben Flächen für die Lagerung, Aufbereitung und Einstufung oder Zertifizierung von Bauteilen und Baurestmassen zur Verfügung gestellt werden (siehe auch HF 4 und HF 6).



Logistik dient dazu, Bauressourcen zwischen dem Ursprungsgebäude (der „Quelle“) und den neuen Einsatzorten (den „Senken“), wie auch einer dazwischenliegenden Prüfung, Aufbereitung und Zwischenlagerung zu transportieren und (unterdessen) am Markt anzubieten.

Dementsprechend spielt die Logistik eine große Rolle bei der Etablierung einer Kreislaufwirtschaft, [7] wobei im Kontext von Graz (und darüber hinaus) nachfolgende Punkte festgestellt werden konnten.

PROBLEMSTELLUNG

1. Aktuelle (digitale) Börsen oder Vermittlungsplattformen für rückgebaute Bauressourcen in Österreich [39–41], Deutschland [42] oder der Schweiz [43] umfassen eher wenige Einzelobjekte, sind lokal begrenzt und erfordern einen eher hohen Aufwand in ihrer Anwendung und Nutzung. Zudem richten sie sich vor allem an Privatpersonen und weniger an Unternehmen, an die Politik oder an Personen der Planung oder der Projektentwicklung. Sie scheinen eine Kreislaufwirtschaft für eine Stadt wie Graz, die komplexe Koordination von Angebot und Nachfrage, [11^{S.22}] derzeit nicht abbilden zu können.

2. Da das Angebot (rückgebaute Bauressourcen) mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht dem direkten Bedarf des Neubaus entsprechen wird, ist ein Transport und eine Lagerung oder Zwischenlagerung der Bauressourcen erforderlich.

Die Notwendigkeit der Lagerung besteht auch dann, wenn Bauressourcen vor Ort wiederverwendet werden, da aus Gründen des Bauablaufs eine Zwischenlagerung erforderlich ist. [8^{S.95}] Diese kann bei schlechter Umsetzung auch den Bauablauf behindern. [5]

Für eine „längere“ Lagerung rückgebauter Bauressourcen gibt es aktuell noch keine effiziente Lösung. [8^{S.94}] Darüber hinaus sind Baugenehmigungen für Lager (-gebäude) von rückgebauten Objekten aufgrund potentieller Belästigungen durch Lärm, Staub oder aufgrund von Schadstoffen schwer zu erhalten. [9]

Da für eine wirtschaftliche und effiziente Logistik das Wissen erforderlich ist, was in welcher Zahl zu welchem Zeitpunkt transportiert werden muss, [44^{S.131}] ist erneut auf die Unkenntnis der zukünftigen Verfügbarkeit von Bauressourcen und die Definition von „Mindestdaten“ hinzuweisen (siehe auch HF 1).

LÖSUNGSANSÄTZE

1. Für das Angebot und die Vermittlung von rückgebauten und wiederverwendbaren Bauteilen, Baukomponenten und Baustoffen, wird die Entwicklung und Implementierung sowie Vermarktung einer (zumindest) österreichweiten Bauressourcenbörse vorgeschlagen. Eine Börse, über die Objekte eingepflegt, zugehörige Informationen (technische, gestalterische, organisatorische usw.) von Planer*innen abgerufen und die Objekte an ausführende Unternehmen oder auch direkt auf Baustellen geliefert werden können.

Diese Entwicklung betrifft, neben Aspekten der Logistik, das Marketing, die Software- und Webentwicklung im Kontext von (Bauressourcen-) Datenbanken und im Besonderen die Weitergabe von Informationen über (zukünftig) wiederverwendbare Bauressourcen an Planungssoftware (siehe auch HF 1 und HF 2). Grundsätzlich kann in diesem Kontext auf nachfolgenden Vorgehensweisen oder „Logistikmodellen“ [10^{10:50-12:00}] und folgenden bestehenden „Bauressourcenbörsen“ aufgebaut werden:

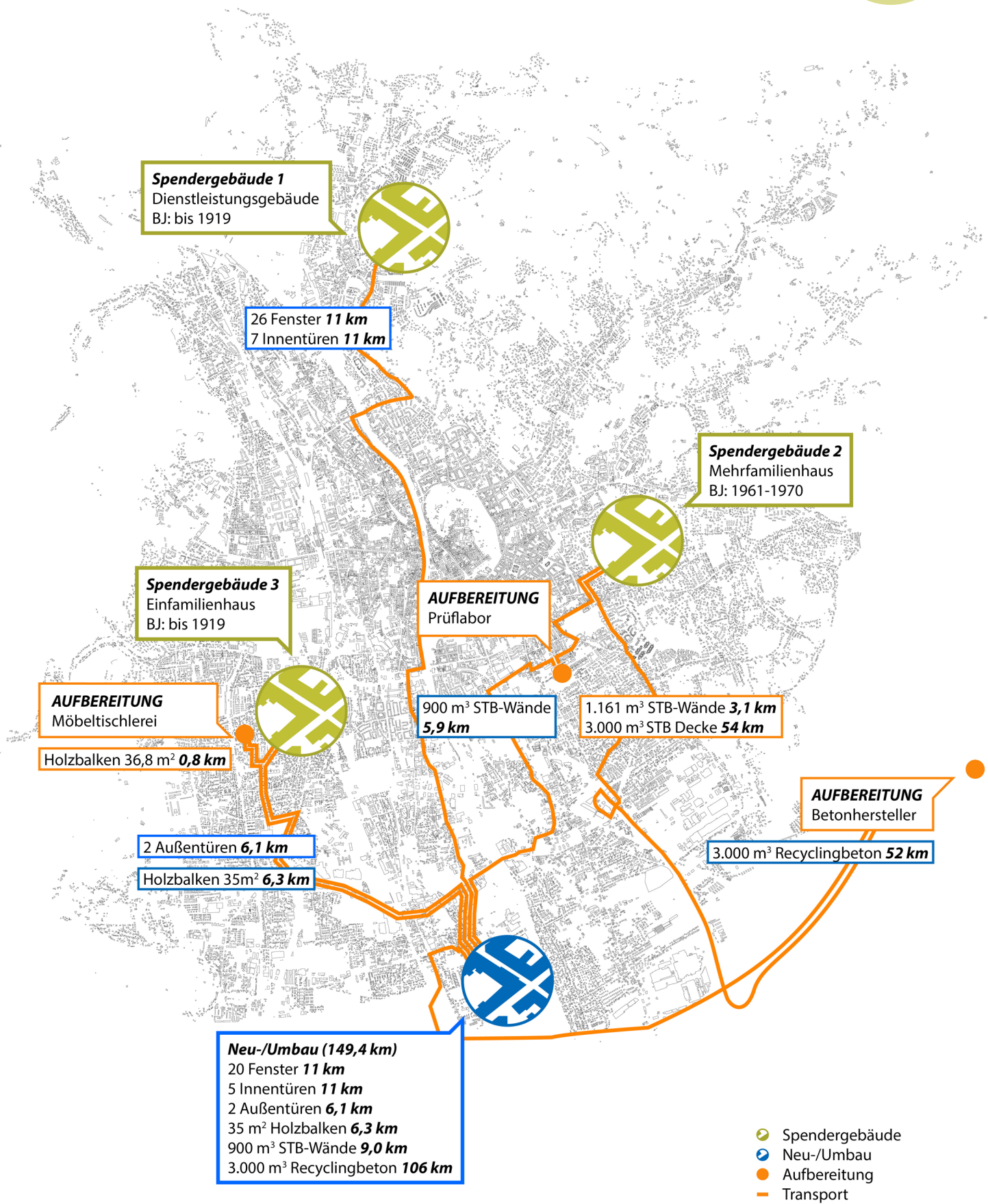
- Ein Gebäude wird rückgebaut, die Bauteile werden regional gelagert und auf einer Börse angeboten [6] (z.B. *BauKarussell* [39], *Steirerhaus* [40], *Rotor Deconstruction* [45], *materialnomaden* [41], *useagain.ch* [43]).
- Kurz vor einem Rückbau findet eine Versteigerung der noch eingebauten Bauteile statt (z.B. *Concular* [46]).
- Bauteile werden rückgebaut und in eigenen Projekten eingesetzt (z.B. *Steirerhaus* [40], *materialnomaden* [41], *forschen planen bauen* [47]).
- Unternehmen mit mehreren Standorten und wiederkehrenden Rückbau- und Neubauvorhaben versorgen sich selbst. [9]

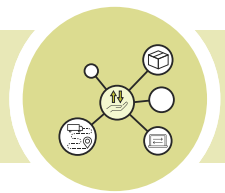


2. Für Graz wird im Hinblick auf eine Kreislaufwirtschaft eine grundlegende Evaluierung und fortlaufende Adaptierung der Logistik, beispielsweise der bestehenden Logistiknetzwerke (Lager-, Kommissionier-, Umschlag- und Transportsysteme) vorgeschlagen [48^{S.600}]. Wobei Erhebungen, Simulationen und Berechnungen der zukünftigen Verfügbarkeit nach Zeitabschnitten, aber auch des Bedarfs des Bauwesens als Grundlage dienen können.

Mögliche Adaptierungen betreffen Lagerflächen, Be- und Entladezonen und die Möglichkeit des Transportes (mittels Schienen- und Kraftfahrzeuge). Lager sind, um Wege möglichst

zu minimieren, entlang von Hauptverkehrsstrecken anzuordnen und werden idealerweise von der Stadt Graz (zumindest für eigene Bauvorhaben) zur Verfügung gestellt. Wie und ob die Bauwirtschaft auf diese Flächen zugreifen kann, ist zu klären. [9] Großes Potential besteht darin, diese Orte auch als physische Bauteilbörsen, als Annahmestellen für entnommene Bauteile und als Wissenszentren (siehe auch HF 2) zu nutzen. Der Bedarf könnte (in Abhängigkeit zur Effizienz der Kreislaufwirtschaft) sehr hoch sein. Weshalb bei ihrer Planung und Umsetzung besonders auch auf potentielle Belästigungen der Nachbarschaft zu achten ist.





Eine Kreislaufführung von Bauteilen, Baukomponenten oder Baustoffen wird, auch wenn technisch möglich, aufgrund rechtlicher Unklarheiten und/oder wegen rechtlicher Widersprüche häufig nicht durchgeführt.

Rechtliche Aspekte nehmen für die Etablierung einer Kreislaufwirtschaft somit eine wichtige Rolle ein, wobei nachfolgende Probleme und mögliche Lösungsansätze identifiziert werden konnten.

PROBLEMSTELLUNG

1. Generell kann festgehalten werden, dass klare rechtliche Vorgaben zu Kreislauf-Bauprozessen fehlen und kaum rechtliche Erfahrungswerte vorhanden sind. [49] So besteht eine Fülle an relevanten rechtlich bindenden Regularien, von EU-Verordnungen bis hin zu Landesgesetzen, welche teilweise jedoch in einem nicht klaren Bezug oder sogar in einem Widerspruch zueinanderstehen. Beispielsweise widerspricht im Kontext des „Abfallendes“ das österreichische Abfallwirtschaftsgesetz (AWG) der europäischen Abfallrahmenrichtlinie (ARRL, Art 6 Abs 1). [50] Weiters bestehen generell Grauzonen bzw. unpräzise Definitionen bei den Begriffen „Entledigung“, „Entledigungsabsicht“ bzw. „bestimmungsgemäße Verwendung“.

2. In der rechtlich bindenden EU-Bauprodukteverordnung wird konstatiert, dass Bauwerke in einer Art und Weise entworfen, errichtet und abgerissen werden müssen, welche die nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen ermöglicht. [51] Österreichische Gesetze und Normen müssen diese Vorgaben umsetzen. Dies wurde bislang aber nicht durchgeführt. [49]

3. Kreislauffähiges Bauen verursacht aktuell einen hohen bürokratischen und monetären Mehraufwand (beispielsweise aufgrund von Benachteiligungen von Sekundärrohstoffen gegenüber Primärrohstoffen [49]). Diese Aufwände werden von Bauschaffenden und Investor*innen nur ungern getragen, da ausgleichende Anreize fehlen.

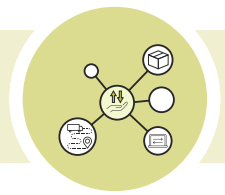
LÖSUNGSANSÄTZE

1. Für die Planung und Herstellung von Bauwerken sind klare Regularien und Leitlinien in Form von z.B. Leistungsverzeichnissen, Normen und Verarbeitungsrichtlinien, mit der Intention die Kreislaufwirtschaft zu fördern, zu erstellen, oder bestehende Regularien anzupassen. Das betrifft z.B. Protokolle für verschiedene Prozessschritte (Rückbau, Analyse, Aufbereitung, Lagerung, Handel (Verkauf, Einkauf) usw.). Diese Protokolle umfassen z.B. das Festhalten einer Absicht für Umwelt- und Klimaschutz, eine (visuelle) Prüfung durch eine verifizierte Person nach bestem Wissen und Gewissen, oder die Dokumentation der Lagerung. [49] Hier ist anzumerken, dass in diesem Themenfeld aktuell die OIB-Richtlinie 7 (Nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen) erstellt wird, welche weitere Klarheiten schaffen sollte [11 ^{S.8-9}, 49]. Im Mai 2023 wurde das entsprechende OIB-Grundlagendokument veröffentlicht, welches das Treibhauspotenzial im Lebenszyklus eines Bauwerkes, die Dokumentation von Materialien und Ressourcen, die Bauabfälle und Abbruchmaterialien, die Nutzungsdauer, die Anpassungsfähigkeit und Dauerhaftigkeit wie auch den Rückbau thematisiert. [52] Darüber hinaus wird die Kreislaufwirtschaft

derzeit innerhalb der internationalen Normungsorganisation ISO, wie auch der europäischen „Normenstrategie“ thematisiert. [1 ^{S.28-29}]

Weiters müssen rechtliche Rahmenbedingungen zu „Haftung“ und „Gewährleistung“ im Hinblick auf die Anwendung von Reuse-Baukomponenten oder Baustoffen geschaffen werden [11 ^{S.23}]. Um rechtliche Vereinfachungen vertraglich festzuhalten (z.B. keine Gewährleistung und Reduktion der Haftungsdauer auf 0 Jahre) könnten Reuse-Objekte als „gebraucht“ definiert werden. [49]

Im Kontext des „Abfallendes“ (und damit der Möglichkeit der Wiederverwendung) besagt eine Entscheidung des Europäischen Gerichtshofs aus dem November des Jahres 2022, dass im Sinne des Umweltschutzes eine Wiederverwendung forciert werden muss. [53] Es ist daher (zumindest mittelfristig) mit einer Änderung der in Österreich geltende Rechtslage zu rechnen, damit zukünftig das Ende der Abfalleigenschaft mit geringerem Aufwand herbeigeführt werden kann. [49]



2. Für die Umsetzung der Grundanforderungen der EU-Bauprodukteverordnung könnten Branchen-Standards etabliert werden, indem beispielsweise Planer*innen entsprechend (z.B. rückbaufähig) planen wie auch Bauherr*innen über diese Anforderung in Kenntnis setzen. In diesem Kontext wäre es anzudenken, die Grundanforderungen, welche derzeit nur für sich und einzeln betrachtet werden, zukünftig untereinander abzuwiegen. Ein Reuse-Bauteil (oder Bauwerk aus wiederverwendeten Bauressourcen) wäre dann z.B. technisch (geringfügig) schlechter, jedoch nachhaltiger, und in der Gesamtbetrachtung vorteilhafter. [49]

Um generell die Umsetzung von EU-Gesetzen einzufordern, gäbe es grundsätzlich die Möglichkeit ein Vertragsverletzungsverfahren anzuregen (z.B. ein Bauunternehmen bei EU-Kommission), einen Musterprozess mit Vorabentscheidungsverfahren zu führen (beispielsweise eine versagte Bewilligung einer Baueinreichung anfechten) oder Lobbying. [49]

3. Ein wichtiger Aspekt einer Kreislaufwirtschaft sind Anreize, Förderungen und Bestimmungen, welche seitens der Gesetzgebung zu schaffen sind. Förderungen können erhöhte ökonomische Aufwände ausgleichen, Pflichten und Strafen die Einhaltung von Richtlinien und Gesetzen vorantreiben.[11 S.16] Beispielsweise schlägt der Kriterienkatalog *naBe* bei Anwendung von Beton im Hochbau das optionale Kriterium „Verwendung recycelter Gesteinskörnung“ und einen Anteil von mindestens 40% vor. [54 S.109] In gleichem Sinne könnte und sollte z.B. das Bundesvergabegesetz es ermöglichen, teurer zu bauen, aber dafür nachhaltiger. [9] Woraus sich, über den gesamten Lebenszyklus hinweg gesehen, auch wirtschaftliche Vorteile ergeben können. Zudem könnten verbindliche „Kreislaufwirtschaftsparameter“ in Förderrichtlinien, in Bauausschreibungen oder in Beschaffungsvorschriften aufgenommen werden. Beispielsweise in Form einer anwendungsspezifischen Quote für den Einsatz von wiederverwendeten Bauteilen oder von Sekundärrohstoffen. Oder auch durch eine Bevorzugung der Bahn beim Transport und eine „Tonnenkilometerbeschränkung“ [11 S.15-21].

Eine Kreislaufwirtschaft und die Transformation hin zu dieser Art zu bauen sind in einer Art und Weise zu verwirklichen, welche eine gesellschaftliche Mitgestaltung nicht nur ermöglichen, sondern bedingen.

LITERATURVERZEICHNIS

- [1] Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und technologie: Österreich auf dem Weg zu einer nachhaltigen und zirkulären Gesellschaft – Die österreichische Kreislaufwirtschaftsstrategie, Wien, 2022
- [2] Kinnert, D.; Welzer, H. im Podcast „Denken mit Kinnert und Welzer“ vom Mai 2023
- [3] Moro J.L.: Baukonstruktion - vom Prinzip zum Detail – Grundlagen, Springer eBook Collection Heft 1, Springer Vieweg, Berlin, 2019
- [4] Hillebrandt A., Riegler-Floors P., Rosen A., Seggewies J.-K.: Atlas Recycling – Gebäude als Materialresourcource, Edition Detail, Detail Business Information GmbH, München, 2021
- [5] „City Remixed“ Fachgespräch mit Thomas Romm (*BauKaruseil* und *forschen planen bauen ZT*) vom 11.01.2022
- [6] „City Remixed“ Fachgespräch mit Winfried Ganster (Stadtvermessungsamt der Stadt Graz), Werner Prutsch (Umweltamt der Stadt Graz), Anneliese Kapfenberger-Pock (Umweltamt der Stadt Graz), Christopher Lindmayr (Umweltamt der Stadt Graz), Thomas Lampesberger vom 05.05.2022
- [7] „City Remixed“ Fachgespräch mit Bernd Schrunner (Stadtbaudirektion der Stadt Graz), Wilfried Krammer (Stadtbaudirektion der Stadt Graz), Werner Prutsch (Umweltamt der Stadt Graz), Christopher Lindmayr vom 10.12.2022
- [8] Umweltbundesamt: Instrumente zur Wiederverwendung von Bauteilen und hochwertiger Verwertung von Baustoffen, Dessau-Roßlau, 2015
- [9] „City Remixed“ Fachgespräch mit Jürgen Jereb (*ZT Jereb*) vom 04.10.2022
- [10] Hillebrandt, A. im Podcast „Die Kreislaufwirtschaft zum Laufen bringen“, BDA Denklabor, #23 vom 24.02.2022
- [11] Achatz A., Margelik E., Romm T., Kasper T., Jäger D.: KreislaufBAUwirtschaft – Projekt-Endbericht. Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und technologie, Wien, 2021
- [12] Statistik Austria: Gebäude- und Wohnungszählung 2001 Statistik Austria. Verl. Österreich, Wien, 2004
- [13] Statistik Austria: Registerzählung 2011, Wien, Dezember 2013
- [14] Lichtensteiger, T. (Hrsg.): Bauwerke als Ressourcennutzer und Ressourcenspender in der langfristigen Entwicklung urbaner Systeme – Ein Beitrag zur Exploration urbaner Lagerstätten. Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz. vdf Hochschulverl., Zürich, 2006
- [15] Seiser F.J.: Die Nutzungsdauer von Gebäuden, baulichen Anlagen, gebäudetechnischen Anlagen und Bauteilen. Seiser und Seiser Immobilien Consulting GmbH, Graz, 2020
- [16] Honic M., Ferschin P., Breitfuss D., Cencic O., Gourlis G., Kovacic I., De-Wolf C.: Framework for the assessment of the existing building stock through BIM and GIS, 2023
- [17] Daxbeck H., Buschmann H., Gassner A., Kapfenberger-Pock A.: Das anthropogene Lager in der Steiermark - Entwicklung eines Urban Mining Katasters, Wien, Juni 2015
- [18] Heinrich M., Lang W.: Materials passports - best practice. Technische Universität München, Fakultät für Architektur, München, 2019
- [19] Reisinger H., Buschmann H., Walter B., Lixia R., Daxbeck H.: GEBÄUDEPASS – Erarbeitung von Grundlagen für die Standardisierung von Gebäudepässen als Gebäudematerialinformationssystem, Wien, 2014

- [20] Dourlens-Quaranta S., Carbonar G., Groote M. de, Borragán G., Regel S. de, Toth Z., Volt J., Glicker J., Lodigiani A., Calderoni M., Loureiro T., Sterling R., Vandeveld B., Spirinckx C., Kondratenko I., Rajagopalan N., Rapf O.: Study on the development of a European Union framework for digital building logbooks – Final report. Publications Office, Luxembourg, 2021
- [21] Bundesforschungszentrum für Wald: Digitale Bodenkarte Bundesforschungszentrum für Wald, <https://bodenkarte.at> [Zugriff am: 26.01.2023]
- [22] *Madaster Germany GmbH*: Madaster, <https://madaster.de/plattform/> [Zugriff am: 26.01.2023]
- [23] Gespräch im Rahmen der sbe22 berlin Sustainable Built Environment: D-A-CH Conference vom 20.09.2022
- [24] Deweerdt M., Mertens M.: A guide for identifying the reuse potential of construction productsFCRBE, März 2020
- [25] Verein Deutscher Zementwerke V.D.: Ressourcen der Zukunft für Zement und Beton – Potenziale und Handlungsstrategien, Düsseldorf, 2022
- [26] Bahr C., Lennerts K.: Lebens- und Nutzungsdauer von Bauteilen – Endbericht. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung; Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, 2010
- [27] Park, R.E.: The City: Suggestions for the Investigation of Human Behavior in the City Environment. In: American Journal of Sociology 20 (1915), Heft 5, S. 577-612
- [28] *BauKaruse//*: Know How – Muster-Texte Leistungsverzeichnis Social Urban Mining, 2022, <https://www.baukarussell.at/know-how/muster-texte-lv-sum/> [Zugriff am: 26.01.2023]
- [29] Rosen A.: Urban Mining Index – Entwicklung einer Systematik zur quantitativen Bewertung der Kreislaufkonsistenz von Baukonstruktionen in der Neubauplanung, Bergische Universität Wuppertal, Dissertation, 2021
- [30] Eisele J.: Multifunktionale Büro- und Geschäftshäuser – Planung - Konstruktion - Ökologie - Ökonomie. Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden, 2020
- [31] Durmisevic. Elma: Economy in construction – Design strategies for reversible buildings. BAMB, 2019.
- [32] Zuk W., Clark R.H.: Kinetic architecture. Van Nostrand Reinhold, New York, 1970
- [33] Raudaschl M., Levak T., Riew R., Triantafyllidis G., Drnda E., Popek S., Schlegl D., Funke-Kaiser D., Lund A.: Piezoelectric Textile Facade for the energy supply of active sensor technology with regard to data management for circular economy in building constructionIOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2022
- [34] Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Abteilung 14: Der steirische Baurestmassen-Leitfaden, Graz, 3, 2020
- [35] Umweltbundesamt: Datenanalyse zur Behandlung von mineralischen Bau- und Abbruchabfällen in Österreich – Detailstudie zum Bundes-Abfallwirtschaftsplan, 2019
- [36] Österreichischer Baustoff-Recycling Verband: Die 10 Qualitätsbaustoffe – nach der neuen Recycling-Baustoffverordnung und typische Anwendungsmöglichkeiten, <https://brv.at/recycling-baustoffe/> [Zugriff am: 26.01.2023]
- [37] Austrian Standards Institute: ÖNORM, B 4710-1 Beton - Festlegung, Eigenschaften, Herstellung, Verwendung und Konformität – Teil 1: Regeln zur Umsetzung der ÖNORM EN 206 für Normal- und Schwerbeton. Ausgabe Januar 2018
- [38] Landesamt für Bauen und Verkehr: Wiederverwendung von Fertigteilen aus Beton, Stahl- und Spannbeton, Dezernat 35-Bautechnisches Prüfam, Cottbus, August 2012

- [39] *BauKarussell*: Bauteillager, <https://baukarussell.bauteillager.de> [Zugriff am: 26.01.2023]
- [40] *Steirerhaus Teubl & Teubl Baugesellschaft mbH*: Antikwaren, <https://www.steirerhaus.at/antikwaren/> [Zugriff am: 26.01.2023]
- [41] *Materialnomaden GmbH*: re:store, <https://www.restore.or.at/store/> [Zugriff am: 26.01.2023]
- [42] Landesamt für Umwelt R.-P.: Bauteile- und Baustoffbörsen, <https://kreislaufwirtschaft-bau.rlp.de/de/best-practice/bauteile-und-baustoffboersen/> [Zugriff am: 26.01.2023]
- [43] *sumami GmbH*: Use Again – Vermittlungsplattform für Bauteil-Wiederverwendung, <https://www.useagain.ch/de> [Zugriff am: 26.01.2023]
- [44] Bretzke W.-R.: Logistische Netzwerke. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2020
- [45] *RotorDC Deconstruction & Consulting*: Shop, <https://rotordc.com/shop> [Zugriff am: 26.01.2023]
- [46] *Concular GmbH*: Nachhaltige und zirkuläre Baustoffe – Aktuelle Verkäufe, <https://shop.concular.de/> [Zugriff am: 26.01.2023]
- [47] *romm forschen planen bauen*: Projekte, <http://www.romm.at/projekte> [Zugriff am: 26.01.2023]
- [48] Gudehus T.: Logistik II – Netzwerke, Systeme und Lieferketten, VDI-Buch, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2000
- [49] „City Remixed“ Fachgespräch mit RA Alexander Brenneis (*Eisenberger Rechtsanwälte GmbH* und *Institut für Architekturtechnologie (TU Graz)*) vom 27.10.2022 und 17.11.2022
- [50] Stock J., Gehrler G.: Macht der EuGH dem Abfallende ein Ende, 2022, <https://stockgehrer.at/abfallende/> [Zugriff am: 26.01.2022]
- [51] Europäisches Parlament; Rat der europäischen Union: Verordnung (EU) Nr. 305/2011 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 9. März 2011 zur Festlegung harmonisierter Bedingungen für die Vermarktung von Bauprodukten und zur Aufhebung der Richtlinie 89/106/EWG des Rates Text von Bedeutung für den EWR. In: Amtsblatt der Europäischen Union (2011), EUR-Lex - 32011R0305
- [52] Österreichisches Institut für Bautechnik: OIB-330.7-009/23, OIB-Richtlinie 7 – Grundlagendokument – zur Ausarbeitung einer OIB-Richtlinie 7 Nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen. Ausgabe Mai 2023
- [53] EuGH: Urteil vom 17.11.2022 Porr Bau, C-238/21, nicht veröffentlicht, ECLI:EU:C:2022:885
- [54] *Bundesbeschaffung GmbH*: naBe-Aktionsplan und naBe-Kernkriterien 2020 für die Beschaffung nachhaltiger Produkte und Leistungen, Wien, 2020

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

- Abb. 1: City Remixed [Institut für Architekturtechnologie, TU Graz]
- Abb. 2: Identifizierter Baubestand [Institut für Architekturtechnologie und Institut für Materialprüfung und Baustofftechnologie, TU Graz]
- Abb. 3: Kreislauffähige Konstruktion [Institut für Architekturtechnologie, TU Graz]
- Abb. 4: Logistik und Erneuerungsszenarien [Institut für Architekturtechnologie, TU Graz]

CITY REMIXED

Projektlaufzeit: November 2021 bis Oktober 2022

Fördergeber: Land Steiermark

PROJEKTTEAM

Institut für Architekturtechnologie, TU Graz

Matthias Raudaschl, Dipl.-Ing. Dr.techn.

Ernst Alexander Dengg, Dipl.-Ing.

Bernd Hausegger, Dipl.-Ing.

Roger Riewe, Univ.Prof. Dipl.-Ing. Architekt

Carina Kurz, Dipl.-Ing.

Toni Levak, Dipl.-Ing.

Georgios Triantafyllidis, MU Dott. Mag. MSc.

Selina Haingartner

Alexander Gündera, BSc

David Schlegl, BSc

Institut für Materialprüfung und Baustofftechnologie, TU Graz

Joachim Juhart, Dipl.-Ing. Dr.techn.

Johanna Regl

ILLUSTRATIONEN

Selina Haingartner

HAFTUNGSAUSSCHLUSS

Im Kontext der hohen Komplexität des Bauwesens, insbesondere in Kombination mit der angestrebten Entwicklung hin zu einer Kreislaufwirtschaft, wird darauf hingewiesen, dass für die Richtigkeit und Vollständigkeit der Inhalte keine Haftung übernommen wird.

