Universität Zürich[UZH]

Abschlussarbeit

zur Erlangung des

Master of Advanced Studies in Real Estate

Zirkuläres Bauen

Wiederverwendete Bauteile und ihre Integration in den Planungsprozess

Verfasserin: von Rotberg Doris

Eingereicht bei: Dr. Ronny Meglin

Abgabedatum: 25.02.2025

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis V

Abbildungsverzeichnis VI

Tabellenverzeichnis VII

Executive Summary VIII

1. Einleitung 1

1.1 Ausgangslage und Zielsetzung 1

1.2 Einordnung und Abgrenzung 2

1.3 Forschungsfragen 5

1.4 Aufbau der Arbeit 5

1.5 Methodik und Erarbeitungsprozess 6

2. Theorie und Recherche 7

2.1 Warum wiederverwenden? 7

2.1.1 Ressourcenknappheit und Abfallaufkommen 7

2.1.2 Graue Energie und Treibhausgasemission 8

2.1.3 Historischer Kontext: Pragmatismus und Kulturgutbewahrung 9

2.2 Bestandserhalt, Wiederverwenden oder Planen für das Wiederverwenden 10

2.3 Herausforderungen beim Wiederverwenden 11

2.4 Geltende Energiegesetze und Normen 13

2.4.1 Umweltschutzgesetzt und eidgenössischen Energiegesetz 13

2.4.2 Kantonale Energievorschriften 14

2.4.3 Überarbeitung der SIA-Norm 390/1 14

2.4.4 Gesetzgebung im Europäischen Kontext 15

2.5 Rechtliche Perspektive im planerischen Kontext 15

2.5.1 Öffentliches Recht 15

2.5.2 Vertragswesen und Haftung 16

2.6 Planungsprozess und SIA-Phasen 17

2.6.1 Aktueller Planungsprozess anhand des SIA-Leistungsphasenmodells 17

2.6.2 Verschiebung der Phasen durch Wiederverwendung 20
2.7 Wiederverwenden in der Praxis 21
2.7.1 Kopfbau K.118 in Winterthur 22
2.7.2 Areal Werkstadt in Zürich 22
2.7.3 Wohnungsbau P8 in Lysbüchel 23
3. Erkenntnisse aus der Recherche und Fragestellung 24
3.1 Erkenntnisse 24
3.2 Fragestellung 25
4. Empirische Untersuchung 26
4.1 Experteninterviews 26
4.2 Ziel der Experteninterviews 26
4.3 Auswahl der Gesprächspartner 26
4.4 Befragungsmethode 27
4.5 Frageleitfaden 27
4.6 Auswertungsverfahren 28
4.7 Auswertung 28
4.7.1 Themenblock A: Umgang mit Planungs- und Bauprozessen 28
4.7.2 Themenblock B: Umgang mit unterschiedlichen Bauaufgaben 31
4.7.3 Themenblock C: Umgang mit gesetzlichen Voraussetzungen 33
4.7.4 Themenblock D: Bauteilerfassung 35
4.7.5 Themenblock E: Digitalisierung 36
4.8 Interpretation 36
5. Schlussbetrachtung 39
5.1 Fazit 39
5.2 Handlungsempfehlung 40
5.2.1 Leitfaden für Planende 40
5.3 Ausblick 42
5.4 Methodische Reflexion 43

Literaturverzeichnis.....45

Anhang 47

Abkürzungsverzeichnis

BIM	Building Information Modeling
BAFU	Bundesamt für Umwelt
GEAK	Gebäudeenergieausweis der Kantone
IPD	Integrated Project Delivery
MUKEN	Mustervorschriften der Kanton im Energiebereich
SBB	Schweizerische Bundesbahnen
SIA	Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
SNBS	Standard Nachhaltiges Bauen Schweiz

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Zirkuläre Bauwirtschaft (Schweizer Baumeisterverband 2025) 3
Abbildung 2: Abfallhierarchie (Fischer und Pyschny 2023) 4
Abbildung 3: SIA-Leistungsphasen (ETH Zürich, 2019) 18

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Auflistung der Expert:innen 27
Tabelle 2: Themenblöcke der Experteninterviews 28

Executive Summary

Die Bauindustrie ist einer der grössten Verursacher von Abfall und Ressourcenverbrauch in der Schweiz. Mehr als 80 % des anfallenden Siedlungsabfalls stammen aus dem Bauwesen, was die Notwendigkeit nachhaltiger Lösungsansätze wie die Wiederverwendung von Bauteilen verdeutlicht. Dennoch bleibt diese Praxis eine Ausnahme, da rechtliche Unsicherheiten, wirtschaftliche Anreize sowie etablierte Planungsprozesse oft nicht darauf ausgerichtet sind.

Diese Arbeit untersucht, wie wiederverwendete Bauteile in den Planungsprozess integriert werden können. Neben einer theoretischen Analyse wurden Experteninterviews mit Fachpersonen aus der Architektur, Planung und Bauwirtschaft durchgeführt.

Die Untersuchung zeigt, dass die Integration wiederverwendeter Bauteile insbesondere in den frühen Planungsphasen Anpassungen erfordert. Während der klassische SIA-Phasenplan vom Groben ins Detail geht, müssen im zirkulären Bauen Materialien frühzeitig identifiziert und gesichert werden. Dies führt zu einer Verschiebung der Planungslogik und erfordert neue Koordinationsprozesse zwischen Bauherrschaften, Unternehmer:innen und Planenden.

Weitere Herausforderungen bestehen in der fehlenden Standardisierung und Dokumentation wiederverwendeter Bauteile, wodurch deren Qualität und rechtliche Konformität schwer zu beurteilen sind. Haftungsfragen sowie das Fehlen von Herstellergarantien erhöhen die Hemmschwelle für Bauherrschaften und Planende. Zudem erschweren niedrige Rohstoffpreise und einfache Entsorgungsmöglichkeiten die wirtschaftliche Rentabilität des Wiederverwendens.

Die Arbeit zeigt jedoch auch Lösungsansätze auf: Digitale Werkzeuge wie Materialpässe und Bauteilkataloge können die Verfügbarkeit und Rückverfolgbarkeit von Bauteilen verbessern. Zudem können regulatorische Anpassungen, gezielte Anreize sowie ein verstärktes Bewusstsein für die Umweltwirkungen des Bauens die Wiederverwendung fördern. Abschliessend wird ein Leitfaden für Planende aufgezeigt, der praktische Handlungsempfehlungen gibt, um Wiederverwendung systematisch in den Planungsprozess zu integrieren. Die Ergebnisse unterstreichen die Notwendigkeit eines strukturierten und interdisziplinären Ansatzes, um zirkuläres Bauen im Bauwesen zu etablieren.

1. Einleitung

1.1 Ausgangslage und Zielsetzung

Das Bevölkerungswachstum, die wirtschaftliche Stärke und die hohe Kaufkraft führen in der Schweiz zu einem erheblichen Ressourcenverbrauch, der mit einem entsprechend hohen Abfallaufkommen einhergeht. Dabei entfällt nach Angaben des Bundesamts für Umwelt mehr als 80 % des anfallenden Siedlungsabfalls auf den Bausektor. Dies entspricht jährlich über 62 Millionen Tonnen Bauabfall aus Hoch- und Tiefbau. (UFAM, 2024)

Die Ressourcenknappheit stellt für die Baubranche eine erhebliche Herausforderung dar. Die Verfügbarkeit von natürlichen Baustoffen wie Sand und Kies, die essenziell für die Betonherstellung sind, nimmt kontinuierlich ab. Dies führt zu steigenden Materialkosten und erschwert die Planung und Umsetzung von Bauprojekten. Insgesamt erfordert die Ressourcenknappheit im Bausektor ein Umdenken in der Materialbeschaffung und -verwendung sowie die Förderung von Innovationen im Bereich des nachhaltigen Bauens, um langfristig ökologische und ökonomische Stabilität zu gewährleisten. (Hebel, 2016)

Der Bau- und Immobiliensektor trägt zudem wesentlich zu CO2-Emissionen und Treibhausgas bei. Laut Bundesamt für Umwelt verursacht der Schweizer Gebäudepark etwa 40% des gesamtschweizerischen Energiebedarfs. Zwischen 1990 und 2021 konnte der Energiebedarf für den Betrieb von Gebäuden um 23% gesenkt werden.(UFAM, 2022) Diese Entwicklung ist auf den gesetzlich festgelegten Fokus auf Betriebsenergie zurückzuführen, welcher von Planenden und Ausführenden umgesetzt wurde. Zu den Massnahmen zählen besser gedämmte Gebäude, effizientere Heizsysteme und energiesparende Geräte, die in den letzten dreissig Jahren eingeführt wurden. Gleichzeitig wurde der Energieaufwand für die Erstellung von Gebäuden bislang wenig beachtet.(aardeplan ag, u.a., 2017, S.4)

Zur Reduktion des Ressourcenverbrauchs und der Erstellungsemissionen wird die Kreislaufwirtschaft in der Baubranche als bedeutende Chance betrachtet. Sie basiert auf dem Prinzip, Rohstoffe und Produkte möglichst effizient und über einen langen Zeitraum hinweg zu nutzen. Im Gegensatz zur linearen Wirtschaft werden dabei Materialien und Produkte wiederverwendet und im Kreislauf gehalten.

Der Diskurs über zirkuläres Bauen hat in der Branche längst Einzug gehalten. Architekt:innen haben sich im Kollektiv «Countdown 2030» zusammengeschlossen und im Jahr 2022 die Ausstellung «Die Schweiz: Ein Abriss» präsentiert. Auch Investor:innen und Bauherrschaften erkennen zunehmend ihre Verantwortung, ressourcenschonend und emissionsmindernd zu entwickeln und zu bauen. Zahlreiche Schlüsselakteure der Branche sind der «Charta Kreislauforientiertes Bauen» beigetreten. Überdies wurde das Umweltschutzgesetz überarbeitet, dessen neue Fassung 2025 in Kraft tritt und die SIA-Norm 390/1 «Klimapfad – Treibhausgas- und Energiebilanz von Gebäuden» wurde ebenfalls überarbeitet und tritt ab 2025 in Kraft.

Diese Entwicklungen verdeutlichen die Aktualität und die hohe Aufmerksamkeit, die das Thema erfährt. Dennoch fällt es Planenden häufig schwer, einen konkreten, praktischen Bezug zu ihrem Arbeitsalltag herzustellen. Ziel dieser Arbeit ist es, den theoretischen Diskurs in die praktische Arbeit zu überführen. Dabei soll untersucht werden, ob die etablierten Planungs- und Bauprozesse weiterhin anwendbar sind, ob die klassischen SIA-Phasen dafür geeignet bleiben und inwiefern Neubauten, Ersatzneubauten und Sanierungen differenziert betrachtet werden können oder müssen.

Bereits sind verschiedene Pilotprojekte, wie der Kopfbau K.118 in Winterthur, realisiert worden. Einige dieser Projekte wurden wissenschaftlich begleitet und haben gezeigt, dass zirkuläres Bauen umsetzbar ist. Dennoch handelt es sich hierbei um ein junges Forschungsfeld, das bislang nur wenig wissenschaftlich untersucht wurde. Besonders der Planungsprozess stellt eine bislang bestehende Forschungslücke dar.

1.2 Einordnung und Abgrenzung

Die zirkuläre Wirtschaft im Bauwesen zielt darauf ab, den gesamten Lebenszyklus von Bauwerken, von der Planung über die Nutzung bis hin zum Rückbau so zu gestalten, dass Ressourcen geschont und Abfälle minimiert werden. Gemäss dem Lebenszyklus-Prinzip sollen Bauwerke in geschlossenen Kreisläufen realisiert werden.

Dabei durchlaufen Produkte, Bauteile und Materialien stufenweise unterschiedliche Nutzungskreisläufe, beginnend mit den «inneren Kreisläufen», die Massnahmen wie das Reparieren und Erhalten umfassen. Anschliessend folgt der Unterhalt, die Wiederverwendung, bevor sie schliesslich in den «äusseren Kreislauf» übergehen, welcher das Recycling beinhaltet. (Ellen MacArthur Foundation, 2015, S.8)

Abbildung 1 veranschaulicht das kaskadenartige, zirkuläre Prinzip im Bauwesen. Im innersten Zirkel stehen der Erhalt und der Unterhalt von Gebäuden. Der mittlere Zirkel

repräsentiert die Wiederverwendung, während der äusserste Zirkel die Wiederaufbereitung, also das Recyclieren, umfasst.

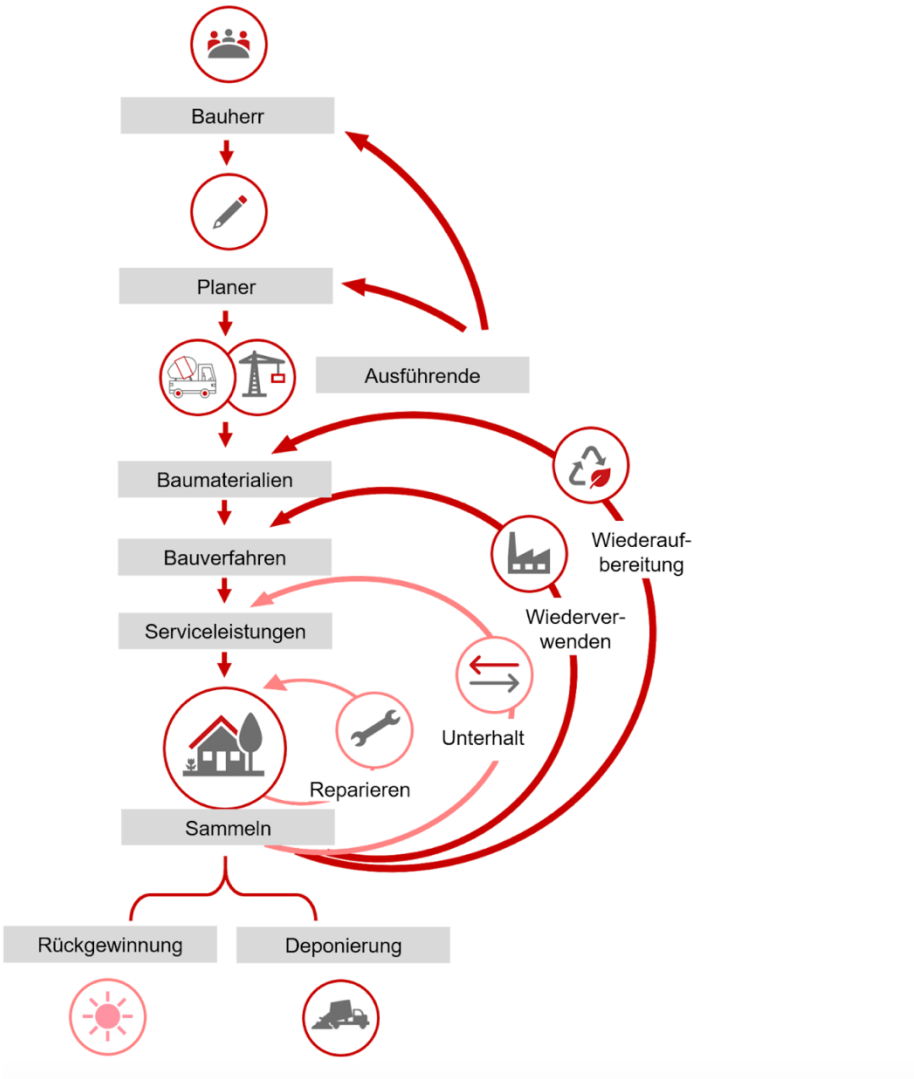

Abbildung 1: Zirkuläre Bauwirtschaft (Schweizer Baumeisterverband 2025)

Je näher Produkte innerhalb des Kreislaufs verbleiben, desto grösser bleibt ihr Wert und desto geringer ist der Energie- und Ressourcenaufwand, der für sie erforderlich ist (Prof. Dr. Nadine Gurtner und M.Sc. Barbora Starovicova, 2023, S.4).

Die Abfallhierarchie (siehe Abbildung 2) veranschaulicht einen nachhaltigen Umgang mit Baustoffen und Rückbaumaterialien. Sie umfasst fünf Stufen: Vermeidung, Wiederverwendung, Recycling, sonstige Verwertung und Beseitigung. Das oberste Ziel besteht darin, Abfälle möglichst zu vermeiden und Materialien optimal wiederzuverwenden oder zu verwerten.

Insbesondere im Bauwesen können eine sorgfältige Planung, der Einsatz langlebiger Materialien und modulare Bauweisen die Menge an Bauabfällen erheblich reduzieren. Recycling ermöglicht die stoffliche Wiederverwertung, während die sonstige Verwertung unter anderem die energetische Nutzung durch Verbrennung umfasst. Erst wenn keine dieser Massnahmen realisierbar ist, sollte die Beseitigung durch Deponierung als letzter Schritt erfolgen. (Fischer und Pyschny, 2023)

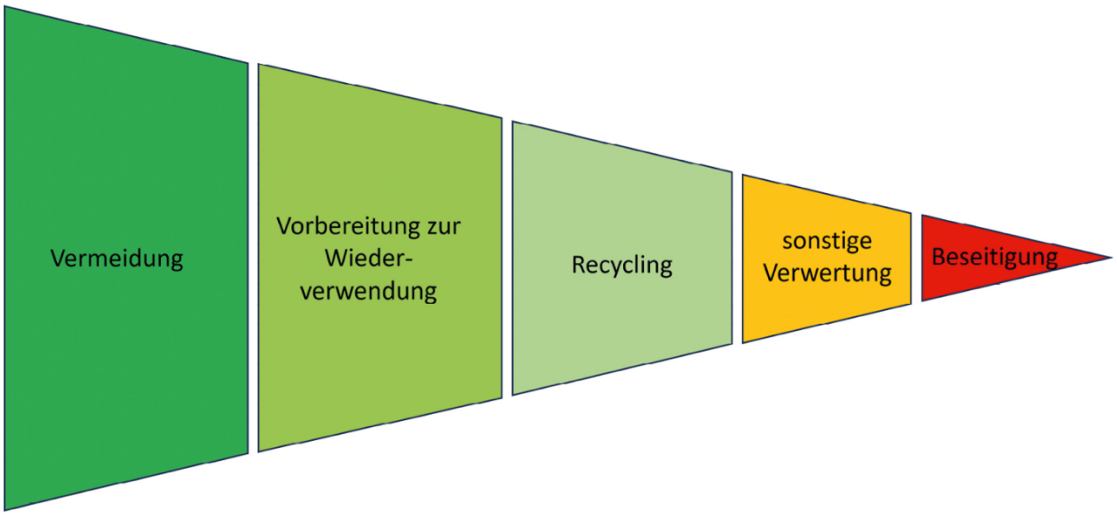

Abbildung 2: Abfallhierarchie (Fischer und Pyschny, 2023)

Aus dieser Betrachtung wird ersichtlich, dass das Konzept des zirkulären Bauens ein umfassendes Feld darstellt, das sowohl das Recycling als auch die Wiederverwendung von Bauteilen, Materialien und Produkten einschliesst.

In der vorliegenden Arbeit liegt der Schwerpunkt auf der Wiederverwendung von Baumaterialien, Bauteilen oder Produkten im spezifischen Kontext der Schweiz. Ziel ist es, zu untersuchen, wie sich die Wiederverwendung effektiv in den Planungsprozess integrieren lässt und ob die derzeit etablierten SIA-Phasen hierfür als geeignet betrachtet werden können. Diese Arbeit soll insbesondere die Perspektive der Planenden einnehmen. Fragen zur Wirtschaftlichkeit, zu Anreizen für Investoren sowie zur rechtlichen Situation werden dabei bewusst nur oberflächlich behandelt, um den Fokus auf die Relevanz der Planungsabläufe zu legen.

1.3 Forschungsfragen

Damit ergeben sich folgende relevante Forschungsfragen für diese Arbeit:

- Wie können wiederverwendete Bauteile, Materialien und Produkte effektiv und effizient in den Planungsprozess eingebunden werden?
- Inwiefern sind die heute etablierten Planungsphasen mit der Integration von wiederverwendeten Bauteilen, Materialien und Produkten vereinbar?

1.4 Aufbau der Arbeit

Die vorliegende Arbeit gliedert sich in fünf Hauptkapitel mit detaillierten Unterkapiteln:

Kapitel 1 bietet eine Einleitung in das Thema. In 1.1 werden Ausgangslage und Zielsetzung dargelegt, wobei der Fokus auf den Ressourcenverbrauch und die Herausforderungen im Bausektor in der Schweiz liegt. Abschnitt 1.2 beschreibt die Einordnung und Abgrenzung, insbesondere die Konzentration auf die Wiederverwendung von Baumaterialien im Planungsprozess. In 1.3 werden die Forschungsfragen formuliert, die die Arbeit leiten. 1.5 erläutert die Methodik, den Einsatz von Literaturrecherche und Experteninterviews sowie die gewählte qualitative Forschungsmethodik.

Kapitel 2 umfasst den theoretischen Teil und die Recherche. Unter 2.1 werden die Gründe für die Wiederverwendung erörtert, einschliesslich der Einsparung grauer Energie und der Reduktion von Treibhausgasemissionen. 2.2 thematisiert Strategien wie Bestandserhalt und Design for Disassembly. Herausforderungen bei der Wiederverwendung werden in 2.3 aufgezeigt. 2.4 beschreibt die gesetzlichen Rahmenbedingungen, während 2.5 auf rechtliche Aspekte im Planungsprozess eingeht. 2.6 analysiert den Planungsprozess mit Blick auf die SIA-Phasen und 2.7 präsentiert Praxisbeispiele.

Kapitel 3 fasst in 3.1 die Erkenntnisse aus der Theorie zusammen und leitet in 3.2 die Forschungsfragen ab, die im empirischen Teil beantwortet werden sollen.

Kapitel 4 präsentiert die empirische Untersuchung. 4.1 beschreibt die Auswahl der Expert:innen, 4.2 definiert die Ziele der Interviews, 4.3 stellt die Gesprächspartner:innen vor, 4.4 erläutert die Befragungsmethode, 4.5 den Frageleitfaden und 4.6 das Auswertungsverfahren. In 4.7 werden die Ergebnisse in fünf Themenblöcken ausgewertet und in 4.8 interpretiert.

Kapitel 5 bildet die Schlussbetrachtung. 5.1 fasst die Erkenntnisse zusammen, 5.2 gibt Handlungsempfehlungen, insbesondere einen Leitfaden für Planende, 5.3 bietet einen Ausblick auf Marktentwicklungen, gesetzliche Neuerungen und Anreize, und 5.4 reflektiert die methodische Vorgehensweise.

Die Arbeit schliesst mit einem Literaturverzeichnis und Anhängen, die Transkripte der Interviews und weitere Unterlagen enthalten.

1.5 Methodik und Erarbeitungsprozess

Im ersten Schritt (Kapitel 2) wurde der theoretische Teil der Arbeit erarbeitet. Mithilfe des Literaturstudiums wurde der Stand der Forschung aufgearbeitet und konkrete Bezüge zu den Fragestellungen hergestellt. Im zweiten Schritt (Kapitel 3) wurden die Erkenntnisse aus der Literatur analysiert, um den empirischen Teil vorzubereiten und geeignete Forschungsfragen für die Experteninterviews abzuleiten. Im dritten Schritt (Kapitel 4) wurde der empirische Teil durchgeführt. Aufgrund der geringen Menge an quantitativen Daten in diesem jungen Forschungsfeld wurde ein qualitativer Ansatz gewählt, der auf Experteninterviews basiert.

Die vorliegende Arbeit folgt einem induktiven Forschungsansatz. Die qualitative Methodik basiert auf der Sammlung und Analyse von Expertenmeinungen, aus denen Muster und Erkenntnisse abgeleitet wurden. Dabei wurde vom Speziellen auf das Allgemeine geschlossen, um den aktuellen Stand und die Herausforderungen im Planungsprozess mit wiederverwendeten Bauteilen zu beschreiben. Der induktive Ansatz ermöglicht es, praxisnahe Lösungen und Handlungsempfehlungen aus den gewonnenen Daten abzuleiten, ohne vorgefertigte Hypothesen aufzuerlegen.

Im Gegensatz zu einem deduktiven Forschungsansatz, der auf bestehenden Theorien und Hypothesen basiert, entwickelt die induktive Methodik neue Erkenntnisse aus den erhobenen Daten. Dies war besonders wichtig, da die Arbeit ein junges Forschungsfeld untersucht, in dem theoretische Grundlagen noch in Entwicklung sind. Der Erarbeitungsprozess umfasste die Durchführung und Auswertung der Interviews mithilfe einer qualitativen Inhaltsanalyse. Die Interviews wurden in Themenblöcken ausgewertet und interpretiert, um relevante Schlussfolgerungen für den Planungsprozess und die Integration wiederverwendeter Bauteile zu ziehen. Die Reflexion der Methodik zeigt, dass der induktive Ansatz besonders geeignet war, um die bisher wenig erforschten Aspekte der Thematik zu beleuchten und praxisnahe Empfehlungen abzuleiten.

2. Theorie und Recherche

Im theoretischen Teil der Arbeit wird anhand einer Literaturrecherche untersucht, welche Argumente für die Wiederverwendung von Bauteilen sprechen, welche Herausforderungen dabei entstehen und welche Auswirkungen dies auf den Planungsprozess hat. Zudem werden die geltenden Gesetze und Normen analysiert. Um den aktuellen Stand der Forschung darzustellen, werden bestehende Strategien sowie praxisnahe Beispiele beleuchtet.

2.1 Warum wiederverwenden?

Das Wiederverwenden von Bauteilen stellt eine wirkungsvolle Strategie zur Reduktion des Ressourcenverbrauchs und der Treibhausgasemissionen im Bauwesen dar. Dabei werden Bauteile vor dem Rückbau eines Gebäudes gezielt demontiert und möglichst ohne Aufbereitung in einem anderen Bauwerk erneut eingesetzt. Durch diese Massnahme bleibt die in den Materialien gespeicherte graue Energie erhalten, anstatt durch Abriss und Entsorgung verloren zu gehen. Auf diese Weise können sowohl Ressourcen als auch Emissionen im Bereich der Gebäudeerstellung langfristig im Kreislauf gehalten werden.

2.1.1 Ressourcenknappheit und Abfallaufkommen

Gemäss dem Bundesamt für Umwelt gehört die Schweiz weltweit zu den Ländern mit der höchsten Menge an Siedlungsabfällen pro Kopf. Dies ist insbesondere auf die wirtschaftliche Stärke und den damit verbundenen hohen Rohstoffbedarf infolge des hohen Konsums zurückzuführen. Zudem führt das anhaltende Wirtschafts- und Bevölkerungswachstum zu einer zunehmenden Bautätigkeit, wodurch der Bausektor mengenmässig die Materialflüsse dominiert. Aufgrund dieser zentralen Rolle stellt der Bausektor einen der bedeutendsten Hebel zur Ressourcenschonung und Abfallvermeidung dar.(UFAM, 2025)

Die jährliche Abfallmenge in der Schweiz beträgt 80 bis 90 Millionen Tonnen, wobei der Bausektor mit 57 Millionen Tonnen an Aushub- und Ausbruchmaterial sowie 17 Millionen Tonnen aus dem Rückbau von Gebäuden, Strassen und Bahntrassen den grössten Anteil verursacht. Besonders problematisch sind dabei Verbundmaterialien, die sich nicht in ihre Einzelkomponenten zerlegen lassen und somit nur begrenzt wiederverwertbar sind. Das Bundesamt für Umwelt sieht daher gerade im Bausektor eine grosse Chance, Materialkreisläufe zu schliessen und Baumaterialien möglichst lange im Nutzungskreislauf zu halten. (UFAM, 2025)

Obwohl bereits rund zwei Drittel des gesamten Abfallaufkommens in die Kreislaufwirtschaft zurückgeführt werden, erfolgt dies oft durch Zerlegung und Recycling der Materialien, was mit einem Verlust der gespeicherten grauen Energie einhergeht. Dieser Prozess führt zu einem Downcycling, bei dem Materialien oder Produkte in eine minderwertigere Form überführt werden. Selbst wenn das gesamte Abfallaufkommen zu 100 % rezykliert oder wiederverwendet würde, könnte der Rohstoffbedarf der Schweiz dadurch nicht vollständig gedeckt werden.(UFAM, 2025)

Insbesondere bei Baustoffen und Bauteilen mit einem hohen Anteil an grauer Energie stellt die Wiederverwendung eine effiziente Strategie dar. So können beispielsweise Stahlbauteile selbst im Vergleich zu Recyclingstahl erhebliche Einsparungen bei Treibhausgasemissionen und grauer Energie ermöglichen. Gerade in der ressourcenarmen Schweiz bietet das Urban Mining, also die gezielte Identifikation und Nutzung wiederverwendbarer Bauteile aus bestehenden Gebäuden, eine vielversprechende Chance zur Reduktion des Rohstoffverbrauchs.(Stricker u.a. , 2021, S. 167)

2.1.2 Graue Energie und Treibhausgasemission

Bisher lag der Fokus im Energiebereich primär auf der Reduktion des Heizwärmebedarfs, was durch verbesserte Dämmmassnahmen zu einem signifikanten Rückgang des Heizenergieverbrauchs führte. Mit der kontinuierlichen Abnahme des Heizwärmebedarfs und damit der Betriebsenergie, verschiebt sich der Schwerpunkt zunehmend auf den Gesamtenergiebedarf von Gebäuden. Ein bedeutender Anteil davon entfällt auf die graue Energie, die für die Erstellung, den Betrieb und den Rückbau von Bauwerken erforderlich ist. (aardeplan ag u. a. 2017, S.4)

Die graue Energie umfasst die gesamte nicht erneuerbare Primärenergie, die in allen vorgelagerten Prozessen benötigt wird, von der Rohstoffgewinnung über die Herstellung und Verarbeitung bis hin zum Transport und zur Entsorgung von Baumaterialien. Diese wird auch als kumulierte nicht erneuerbare Energie bezeichnet. (aardeplan ag u. a. 2017, S.5)

Die Studie “Graue Energie und Treibhausgasemissionen von wiederverwendeten Bauteilen” von Katrin Pfäffli zeigt am Fallbeispiel K.118 in Winterthur, dass die Wiederverwendung von Bauteilen eine wirkungsvolle Massnahme zur Reduktion sowohl von Treibhausgasemissionen als auch grauer Energie darstellt. Aufgrund des Fehlens einer etablierten Berechnungsmethode werden in der Studie verschiedene

Bilanzierungsvarianten verglichen. Dabei wird deutlich, dass je nach Bilanzierungsvariante durch die Wiederverwendung von Bauteilen zwischen einem Drittel und der Hälfte der grauen Energie und Treibhausgase im Vergleich zu konventionellen Bauweisen eingespart werden kann. (Pfäffli Katrin 2020, S.30-31)

Die Studie zeigt jedoch auch, dass Baustoffrecycling nicht zwangsläufig zu einer Reduktion der Treibhausgasemissionen führt. Insbesondere beim Recyclingbeton bleibt der Anteil an Zement hoch, wodurch die Emissionen vergleichbar mit denen von neuem Beton sind. Dennoch trägt der Einsatz von Recyclingbeton zur Schonung natürlicher Ressourcen bei, was in der Untersuchung nicht quantifiziert wurde.(Pfäffli Katrin, 2020, S. 30-31)

2.1.3 Historischer Kontext: Pragmatismus und Kulturgutbewahrung

Die Vergangenheit zeigt, dass Wiederverwendung von Bauteilen keine Neuerfindung unserer Zeit ist. In der Architektur- und Kunstgeschichte wird der Begriff Spolien verwendet, wenn Bauteile aus ihrem ursprünglichen Kontext entfernt und an einem anderen Ort wiederverwendet werden. Bereits in der Antike und im Mittelalter wurden Kunstwerke und Bauteile wiederverwendet. Einerseits geschah dies aus der Notwendigkeit heraus: So diente beispielsweise das Kolosseum im antiken Rom als Steinbruch, da die hochwertigen Bausteine aufgrund ihrer Langlebigkeit einen hohen Wert besassen und durch ihre Wiederverwendung Zeit und Arbeitsaufwand beim Bau neuer Strukturen eingespart werden konnten. Andererseits erfolgte die Wiederverwendung auch zur Bewahrung von Kulturgut und zur Demonstration von Reichtum. Bauteilen wurde ein Denkmalwert beigemessen und sie dienten der Identitätsstiftung. Die Grenzen zwischen Pragmatismus und Ideologie sind hierbei fliessend. (Stricker u. a., 2021, S. 17-30)

Es ist anzunehmen, dass die intensive Bautätigkeit im Mittelalter nur durch den Einsatz wiederverwendeten Bauteile realisiert werden konnte und dass auch die Erweiterung europäischer Städte im 19. Jahrhundert massgeblich durch die Nutzung zuvor verbauten Materials ermöglicht wurde. Mit dem wirtschaftlichen Aufschwung der USA im 20. Jahrhundert entstand ein Markt für europäische Spolien. In Europa wurden nach dem Zweiten Weltkrieg zerstörte Städte mit Bauschutt und vorhandenen Bauteilen wiederaufgebaut. Der zunehmende Einsatz von Beton und Kunststoffen in der Bauwelt führte jedoch zu einem Wertverlust von Baumaterialien, wodurch die Wiederverwendung von Bauteilen weitgehend verschwand. Die klassische Moderne verstärkte diese Entwicklung, da sie einen bewussten Bruch mit der historischen

Auseinandersetzung suchte und sich von den vermeintlichen Lasten der Vergangenheit befreien wollte. (Stricker u. a., 2021, S. 17-30)

Dennoch entstand insbesondere infolge der Wirtschaftskrise in den 1970er Jahren und der Ölkrise 1973 eine kritische Haltung gegenüber der Wegwerfgesellschaft. Einige Architekten verurteilten diese Entwicklung und versuchten, mit ihren Projekten Alternativen aufzuzeigen. Zudem wurde der Verlust von Kulturgut und historischem Kontext zunehmend kritisiert. Architekten begannen erneut, den Wert von Kulturgut anzuerkennen. Ein exemplarisches Beispiel dafür ist der Schweizer Architekt Rudolf Olgiati, der ein Lager führte, in dem er Spolien sammelte und in seinen Gebäuden wiederverwendete. (Stricker u. a., 2021, S. 17-30)

Angesichts der drohenden Ressourcenknappheit ist die Baubranche gefordert, sich mit dieser Problematik auseinanderzusetzen und vorhandenes Wissen zur Ressourcenschonung gezielt zu nutzen. Der Wert von Baumaterialien wird aufgrund der begrenzten Verfügbarkeit natürlicher Ressourcen voraussichtlich wieder ansteigen. Insbesondere Verbundwerkstoffe, die sich nicht trennen und somit kaum wiederverwenden lassen, werden an Relevanz verlieren. Für die Schweiz, die über begrenzte eigene Rohstoffvorkommen verfügt, stellt die Nutzung bereits verbauter Materialien als eine Art «Bauteilmine» eine vielversprechende Möglichkeit dar, den Ressourcenverbrauch nachhaltig zu reduzieren. Zudem kann die Wiederverwendung von Bauteilen zur Identitätsstiftung beitragen, indem sie den Erhalt von Baukultur fördert und eine bewusste Auseinandersetzung mit bestehenden Bauwerken ermöglicht.

2.2 Bestandserhalt, Wiederverwenden oder Planen für das Wiederverwenden

Für das Bauen mit wiederverwendeten Bauteilen bestehen verschiedene Strategien. In der Forschungsarbeit «Wiederverwenden in der Schweizer Bauindustrie» der Berner Fachhochschule wurden die zentralen Herausforderungen der Bauteilwiederverwendung analysiert. Besonders hervorgehoben wird das Spannungsfeld zwischen der Planung mit bereits verbauten Bauteilen und der Planung mit zukünftig rückbaubaren Bauteilen. (Gurtner und Starovicova, 2023, S.5)

In diesem Kontext lassen sich zwei grundlegende Strategien unterscheiden:

1. Das klassische Wiederverwenden von Bauteilen («Re-Use»), bei dem bereits verbaute Bauteile nach ihrem Ausbau erneut in Bauwerken eingesetzt werden, ohne ihre ursprüngliche Form wesentlich zu verändern.

2. Das vorausschauende Planen für die zukünftige Wiederverwendung («Design to Re-Use» bzw. «Design for Disassembly»), bei dem Gebäude von Beginn an so konzipiert werden, dass ihre Bauteile nach der Nutzungsphase möglichst einfach demontiert und erneut verwendet werden können.

Um eine wesentliche Reduktion von Ressourcenverbrauch und Treibhausgasemissionen zu erreichen, müsste die Wiederverwendung von Bauteilen bereits heute im grossen Umfang mit bestehenden Materialien umgesetzt werden. Allerdings sind die meisten aktuellen Gebäude nicht für eine Wiederverwendung konzipiert, was den Rückbau und die Wiederverwendung von Bauteilen technisch komplex und wirtschaftlich ineffizient macht. Langfristig könnte dieser Prozess jedoch erheblich erleichtert werden, indem heutige Bauwerke gezielt so geplant werden, dass sie in Zukunft effizient zurückgebaut werden können und über wiederverwendbare Bauteile und lösbare Verbindungen verfügen. Ein spürbarer positiver Effekt auf die Klimaziele würde sich durch diese Massnahmen jedoch erst in ferner Zukunft realisieren lassen, da diese Gebäude erst über ihre gesamte Lebensdauer genutzt und schliesslich rückgebaut werden müssen.(Gurtner und Starovicova, 2023, S.5)

Als dritte und zentrale Strategie, um Ressourcen zu schonen und Treibhausgasemissionen einzusparen, ist der Bestandserhalt hervorzuheben. Bereits in der strategischen Planungsphase stellt sich die entscheidende Frage: Ist ein Abriss tatsächlich notwendig, oder kann der Bestand erhalten bleiben? Der Erhalt bestehender Bauten stellt die wirkungsvollste Massnahme zur Reduktion grauer Energie und von Treibhausgasemissionen dar. (Wüest und Partner, 2020, S.47-48)

2.3 Herausforderungen beim Wiederverwenden

Die Wiederverwendung von Bauteilen wird derzeit vor allem aus ökologischen oder sozial nachhaltigen Motiven betrieben, während wirtschaftliche Anreize fehlen und die gängigen Planungs- und Anreizstrukturen eher auf Neubauten ausgerichtet sind. In der Bauindustrie besteht oft eine fehlende Abgrenzung zwischen Kreislaufwirtschaft und Recycling, wodurch das Potenzial der Wiederverwendung nicht ausreichend erkannt wird. Baustandards wie Minergie fördern primär Energieeffizienz im Betrieb, was energieeffiziente Neubauten begünstigt und die Wiederverwendung von Bauteilen erschwert. (Gurtner und Starovicova, 2023, S.1-12)

Neben strukturellen Hürden stellen ideologische Vorbehalte, eine ablehnende Haltung sowie mangelnde Motivation von Bauherrschaften und Unternehmen weitere

Herausforderungen dar. Ein ausgeprägter Perfektionismus im Schweizer Bauwesen erschwert zusätzlich die Akzeptanz von Bauelementen mit Gebrauchsspuren. (Salza und Matériuum, 2020, S. 33)

Ein weiteres Hemmnis sind niedrige Materialpreise sowie die einfache und kostengünstige Entsorgung von Altmaterialien, wodurch Investor:innen kaum Anreize zur Wiederverwendung haben. Zudem sind wiederverwendete Bauteile oft teurer, da sie hohe Kosten für Demontage, Aufbereitung und Lagerung verursachen. Lebenszykluskosten, die eine langfristige Wirtschaftlichkeit belegen könnten, werden selten berücksichtigt. Architekt:innen und Planende stehen vor zusätzlichen Herausforderungen, da sie wiederverwendete Bauteile aktiv suchen und frühzeitig erwerben müssen, was zu Planungsunsicherheiten und Vorfinanzierungsproblemen führt.(Gurtner und Starovicova, 2023, S.1-12)

Die Studie von Salza im Auftrag des BAFU zeigt zudem, dass eine gewisse Trägheit gegenüber Veränderungen und mangelndes Praxiswissen bei Planenden das Interesse an der Wiederverwendung mindern. Gleichzeitig werden die Kosten für die Wiederverwendung als zu hoch wahrgenommen.(Salza und Matériuum, 2020, S.32)

Eine unzureichende digitale Inventarisierung erschwert die Verfügbarkeit und Sichtbarkeit von Bauteilen. Bestehende Gebäude sind häufig nicht für eine Wiederverwendung konzipiert, sodass Bauteile beim Rückbau beschädigt werden. Baugenehmigungen setzen oft eine genaue Kenntnis aller Bauteile voraus, was mit wiederverwendeten Komponenten schwierig umsetzbar ist. Zusätzlich fehlt es an Standardisierung und Dokumentation hinsichtlich der Qualität, Schadstoffe und technischen Eigenschaften gebrauchter Bauteile.(Gurtner und Starovicova, 2023, S.1-12)

Erschwerend kommt hinzu, dass die Wiederverwendungsbranche schlecht organisiert ist und bestehende Bauteillager unzureichend vernetzt sind, wodurch eine übergreifende Zusammenarbeit kaum stattfindet. (Salza und Matériuum, 2020, S.33)

Auch Lagerung und Transport sind problematisch, da wiederverwendete Bauteile nicht immer zum Zeitpunkt des Rückbaus direkt wiederverwendet werden können. Die geringe Skalierbarkeit führt dazu, dass Grossinvestor:innen die Wiederverwendung meiden, da sie eine einheitliche Qualität und grosse Mengen benötigen. Zudem wird Rückbaubarkeit in Ausschreibungen und Architekturwettbewerben kaum gefordert, was

zu einem mangelnden Erfahrungswissen und ineffizienten Rückbauprozessen führt.(Gurtner und Starovicova, 2023, S.1-12)

Die bestehenden Normen, Gesetze und Verordnungen sind primär auf Neubauten und Umbauten ausgelegt. Sobald ein Bauteil ausgebaut wird, verliert es oft seinen Bestandsschutz und muss neuen gesetzlichen Anforderungen entsprechen. Beispielsweise gelten Brandschutzzertifikate nach Ausbau nicht mehr, was die Wiederverwendung rechtlich erschwert. Die Verantwortung für Haftung und Garantie bleibt unklar, weshalb viele Bauherrschaften das Risiko scheuen.(Gurtner und Starovicova, 2023, S.1-12)

Zudem entstehen Zielkonflikte mit anderen Nachhaltigkeitsaspekten: Wiederverwendete Bauteile wie Fenster können energetisch ineffizient sein und mit Klimazielen im Betrieb kollidieren. Auch die Wiederaufbereitung gebrauchter Bauteile kann hohe Energie- und Ressourcenaufwände verursachen, sodass eine nachhaltige Nutzung stets im Gesamtzusammenhang betrachtet werden muss.(Gurtner und Starovicova, 2023, S.1-12)

2.4 Geltende Energiegesetze und Normen

Durch die Volksabstimmung zur Energiestrategie 2050 hat sich die Schweizer Stimmbevölkerung im Jahr 2017 für eine schrittweise Umstellung auf eine nachhaltige Energieversorgung ausgesprochen. Dieser Entscheid hat auch Auswirkungen auf die Baubranche. Die bestehenden Energiegesetze und Normen in der Schweiz befinden sich derzeit in einer Überarbeitung. Künftig sollen nicht nur Grenzwerte für die Betriebsenergie, sondern auch für die Erstellungsenergie definiert werden. Ein weiteres übergeordnetes Ziel ist die Reduktion des Abfallaufkommens. Diese Entwicklungen tragen zur Förderung des zirkulären Bauens und zur Etablierung einer ressourcenschonenden Bauweise bei.

2.4.1 Umweltschutzgesetzt und eidgenössischen Energiegesetz

Das Schweizer Umweltschutzgesetz wurde zuletzt am 1. Januar 2025 revidiert. Diese Revision verfolgt das Ziel, die Ressourcenschonung und die Kreislaufwirtschaft zu stärken, indem Grundsätze wie die Abfallhierarchie gesetzlich verankert wurden. Zudem wurden die Kantone verpflichtet, Grenzwerte für die graue Energie bei Neubauten und wesentlichen Erneuerungen festzulegen, um umweltschonende Bauweisen zu fördern. (UVEK, 2024)

Das eidgenössische Energiegesetz wurde im Rahmen der parlamentarischen Initiative «Schweizer Kreislaufwirtschaft stärken» angepasst. Die entsprechenden

Gesetzesänderungen wurden am 15. März 2024 verabschiedet und traten mehrheitlich am 1. Januar 2025 in Kraft. (UVEK, 2024)

Die Revision des Energiegesetzes verfolgt das Ziel, die Kreislaufwirtschaft in der Schweiz, insbesondere im Bausektor, zu fördern. Neu erhalten die Kantone den Auftrag, Grenzwerte für die graue Energie bei Neubauten und wesentlichen Erneuerungen festzulegen. Darüber hinaus wird der Bundesrat ermächtigt, Anforderungen an das ressourcenschonende Bauen zu formulieren.(UVEK, 2024)

2.4.2 Kantonale Energievorschriften

Die Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MUKEN) stellen ein gemeinschaftlich von den Schweizer Kantonen erarbeitetes Regelwerk dar, das als Vorlage für kantonale Energiegesetze dient. Das Hauptziel der MUKEN besteht in der Harmonisierung der Energievorschriften im Gebäudebereich auf nationaler Ebene, um Planungs- und Bewilligungsverfahren zu vereinheitlichen. (ENDK, ohne Datum)

Die MUKEN wurden zuletzt mit der Version MUKEN 2025 überarbeitet. Eine wesentliche Neuerung besteht in der Einführung von Vorgaben zur grauen Energie bei gz Neubauten. Durch diese Anpassung setzen die Kantone die Vorgaben des Bundes um. (Tobler, 2024)

Allerdings kann die Umsetzung der MUKEN durch die Kantone mehrere Jahre in Anspruch nehmen, da jeder Kanton individuell entscheidet, ob und wann er die MUKEN in sein kantonales Energiegesetz übernimmt. Die letzte Revision der MUKEN wurde im Jahr 2014 verabschiedet, deren Umsetzung in den Kantonen jedoch mehrere Jahre dauerte. Es ist daher zu erwarten, dass auch die Umsetzung der MUKEN 2025 einen längeren Zeitraum beanspruchen wird und einzelne Kantone erst in etwa zehn Jahren verbindliche Grenzwerte zur grauen Energie festlegen werden.

2.4.3 Überarbeitung der SIA-Norm 390/1

Die Norm SIA 390/1 «Klimapfad – Treibhausgas- und Energiebilanz von Gebäuden» wurde Anfang 2025 publiziert. Sie ersetzt das bisherige Merkblatt SIA 2040 «Effizienzpfad Energie».

Die Überarbeitung zielt darauf ab, die Prinzipien des zirkulären Bauens zu stärken, indem sie den gesamten Lebenszyklus von Gebäuden berücksichtigt und spezifische Grenz- und Zielwerte für Treibhausgasemissionen festlegt. Besonderes Augenmerk liegt dabei auf der Reduktion von Emissionen während der Erstellung von Gebäuden. Durch

die Einführung dieser Norm wird die Bedeutung von ressourcenschonenden Bauweisen und die Förderung der Kreislaufwirtschaft im Bauwesen hervorgehoben. Die Norm bietet Planenden und Bauenden klare Leitlinien zur Minimierung von Treibhausgasemissionen und zur Förderung nachhaltiger Baupraktiken. (Adler und Joho, 2024)

2.4.4 Gesetzgebung im Europäischen Kontext

In den Abschnitten 2.4.2 bis 2.4.3 wird ersichtlich, dass Schweizer Gesetze und Normen derzeit überarbeitet werden, um Treibhausgasemissionen zu reduzieren, das Abfallaufkommen zu minimieren und den Ressourcenverbrauch zu optimieren. Im Vergleich zu bestehenden Regelwerken im europäischen Raum erscheinen diese Massnahmen jedoch eher zögerlich. In den Niederlanden existieren bereits seit 2018 verbindliche gesetzliche Vorgaben zur Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden. Ähnliche gesetzliche Regelungen mit klar definierten, ambitionierten Grenzwerten wurden auch in Dänemark und Frankreich implementiert. Diese Länder haben frühzeitig verbindliche Standards eingeführt, um eine nachhaltige Bauweise zu fördern und die Umweltbelastung signifikant zu reduzieren. (Schneider und Gehrer, 2024)

2.5 Rechtliche Perspektive im planerischen Kontext

Die Wiederverwendung von Bauteilen ist mit rechtlichen Unsicherheiten verbunden, sowohl für Bauherrschaften als auch für Planende. In der Publikation «Die Wiederverwendung von Bauteilen – Ein Überblick aus rechtlicher Perspektive» setzen sich Andreas Abegg und Oliver Streiff mit der Gesetzeslage für das Bauen mit wiederverwendeten Bauteilen auseinander. Sie analysieren dabei sowohl öffentlich-rechtliche Fragestellungen als auch das Vertragswesen und Haftungsfragen.

2.5.1 Öffentliches Recht

Die Wiederverwendung von Bauteilen wird in der Schweizer Gesetzgebung nur an wenigen Stellen explizit erwähnt. Die rechtlichen Grundlagen und Zielvorgaben sind daher meist implizit. Verfassungsrechtliche Bestimmungen wie der Nachhaltigkeitsartikel (Art. 73 BV), der Umweltschutzartikel (Art. 74 BV) und der Raumplanungsartikel (Art. 75 BV) bieten jedoch Anknüpfungspunkte zur Förderung der Wiederverwendung. (Abegg u. a., 2021, S. 10-37)

Auf Gesetzesebene verweist das Umweltschutzgesetz (USG) in Art. 30 auf die Abfallhierarchie, welche die Vermeidung von Abfällen priorisiert. Die Autoren weisen darauf hin, dass die Wiederverwendung von Bauteilen in diesem Konzept nicht

eindeutig verankert ist, was auf eine bestehende Regelungslücke hindeutet. Darüber hinaus formuliert das CO_2-Gesetz das Ziel, den globalen Temperaturanstieg zu begrenzen – ein Vorhaben, zu dem die Wiederverwendung von Bauteilen beitragen könnte. (Abegg u. a., 2021, S. 10-37)

Im Bauprodukterecht wird die Wiederverwendung in Anhang 1 Ziff. 7 lit. a der Bauprodukteverordnung (BauPV) explizit erwähnt. Dennoch bleibt diese Bestimmung bislang weitgehend ungenutzt. Die Autoren erkennen hier eine Diskrepanz zwischen den verfassungsrechtlichen Nachhaltigkeitszielen und der konkreten gesetzlichen Umsetzung. Sie plädieren daher für eine klarere rechtliche Verankerung und gezielte Förderung der Wiederverwendung, um die ökologischen und ökonomischen Potenziale im Bauwesen besser zu nutzen. (Abegg u. a., 2021, S. 10-37)

2.5.2 Vertragswesen und Haftung

Neben öffentlich-rechtlichen Fragen thematisieren Abegg und Streiff in ihrer Publikation auch die vertraglichen und haftungsrechtlichen Aspekte der Bauteilwiederverwendung. Sie betonen, dass das Bauvertragsrecht in der Schweiz weitgehend dispositiv ist, sodass Vertragsparteien individuelle Lösungen erarbeiten können, insbesondere im Hinblick auf Haftungsfragen.(Abegg u. a., 2021, S.39-78)

Die Autoren identifizieren mehrere wesentliche Themenbereiche, die vertraglich geregelt werden sollten:

- Fachplanung
- Sicherung und Erwerb der Bauteile
- Demontage
- Logistik
- Wiedereinbau und Wartung

Bei herkömmlichen Rückbauprojekten besteht in der Regel eine direkte Vertragsbeziehung zwischen der Bauherrschaft und der Rückbauunternehmung. Wird jedoch eine Wiederverwendung der Bauteile angestrebt, erweitert sich das Akteursgefüge, wodurch eine Anpassung der vertraglichen Vereinbarungen erforderlich wird. (Abegg u. a., 2021, S.39-78)

Zwischen der Eigentümerin des Quellobjekts und der Bauherrschaft des Zielobjekts empfiehlt sich zunächst eine Absichtserklärung, die die Zusammenarbeit im Sinne der Kreislaufwirtschaft festhält. In späteren Verträgen sollten die Übergabebedingungen und Verantwortlichkeiten detailliert festgelegt werden. (Abegg u. a., 2021, S.39-78)

Für die Planung im zirkulären Bauen schlagen die Autoren den Abschluss eines spezifischen Fachplanungsvertrags vor, der die besonderen Leistungen und Verantwortlichkeiten abbildet. Bezüglich der Demontage ist zu klären, ob diese durch die Rückbauunternehmung oder eine spezialisierte Demontagefirma erfolgt. Ist Letzteres der Fall, ist ein separater Demontagevertrag erforderlich, und die Rückbauunternehmung muss vertraglich verpflichtet werden, der Demontagefirma den Zugang zur Baustelle zu ermöglichen. Auch für den Wiedereinbau der Bauteile im Zielobjekt sollten entsprechende Klauseln in den Werkvertrag mit der ausführenden Bauunternehmung aufgenommen werden. (Abegg u. a., 2021, S.39-78)

Die veränderte Zusammenarbeit der Beteiligten bei der Bauteilwiederverwendung fordert eine sorgfältige und individuelle vertragliche Gestaltung. Innerhalb der gesetzlichen Rahmenbedingungen bietet die Vertragsfreiheit jedoch ausreichend Spielraum, um praktikable Lösungen zu entwickeln.

2.6 Planungsprozess und SIA-Phasen

In der Schweiz hat sich das Phasenmodell gemäss dem Leistungsmodell der SIA-Norm 112 als Standard für den Planungs-, Bau- und Bewirtschaftungsprozess etabliert. Gleichzeitig gewinnen agile Planungsmethoden wie Lean Construction oder das IPD-Modell (Integrated Project Delivery) zunehmend an Bedeutung.

Innerhalb dieser Arbeit soll untersucht werden, inwiefern sich das klassische SIA-Phasenmodell für den Planungs- und Bauprozess mit wiederverwendeten Bauteilen eignet und in welchem Mass dadurch Verschiebungen innerhalb des Prozesses auftreten. Zu diesem Zweck wird in Kapitel 2.5.1 das klassische SIA-Phasenmodell erläutert, während in Kapitel 2.5.2 die durch die Wiederverwendung bedingten Veränderungen und Verschiebungen innerhalb des Modells aufgezeigt werden.

2.6.1 Aktueller Planungsprozess anhand des SIA-Leistungsphasenmodells

Das SIA-Leistungsphasenmodell (siehe Abbildung 3) gliedert den Planungs- und Bauprozess in sechs Hauptphasen, die eine strukturierte und nachvollziehbare Abwicklung von Bauprojekten ermöglichen.

Phasen	Teilphasen		Ziele
1 Strategische Planung	11	Bedürfnisformulierung, Lösungsstrategien	Bedürfnisse, Ziele und Rahmenbedingungen definiert, Lösungsstrategie festgelegt
2 Vorstudien	21	Definition des Vorhabens, Machbarkeitsstudie	Vorgehen und Organisation festgelegt, Projektierungsgrundlagen definiert, Machbarkeit nachgewiesen, Projektdefinition und Projektpflichtenheft erstellt
	22	Auswahlverfahren	Anbieter/Projekt ausgewählt, welche den Anforderungen am besten entsprechen
3 Projektierung	31	Vorprojekt	Konzeption und Wirtschaftlichkeit optimiert
	32	Bauprojekt	Projekt und Kosten optimiert, Termine definiert
	33	Bewilligungsverfahren / Auflageprojekt	Projekt bewilligt, Kosten und Termine verifiziert, Baukredit genehmigt
4 Ausschreibung	41	Ausschreibung, Offertvergleich, Vergabe	Kauf- und Werkverträge abgeschlossen
5 Realisierung	51	Ausführungsprojekt	Ausführungsreife erreicht
	52	Ausführung	Bauwerk gemäss Pflichtenheft und Vertrag erstellt
	53	Inbetriebsetzung, Abschluss	Bauwerk übernommen und in Betrieb genommen, Schlussabrechnung abgenommen, Mängel behoben
6 Bewirtschaftung	61	Betrieb	Betrieb sichergestellt und optimiert
	62	Überwachung/ Überprüfung/ Wartung	Bauwerkszustand abgeklärt, Wartung sichergestellt
	63	Instandhaltung	Dauerhaftigkeit und Wert für die Restnutzungsdauer aufrechterhalten

Abbildung 3: SIA-Leistungsphasen (ETH Zürich, 2019)

- Phase 1: Strategische Planung

In dieser Phase werden die Bedürfnisse, Ziele und Rahmenbedingungen eines Projekts definiert. Zudem wird eine Lösungsstrategie festgelegt, die als Grundlage für die weiteren Planungs- und Bauprozesse dient.(SIA, 2014, S. 9-24)

- Phase 2: Vorstudien

Innerhalb der Vorstudienphase werden das Vorgehen und die Organisation des Projekts festgelegt sowie die Projektgrundlagen definiert. Dazu zählen insbesondere Machbarkeitsstudien, welche die technischen, wirtschaftlichen und ökologischen Rahmenbedingungen analysieren. Anschliessend wird das Projekt präzisiert und ein Projektpflichtenheft erstellt. Im zweiten Schritt erfolgt die Auswahl der Planenden, die im Rahmen eines Wettbewerbsverfahrens oder eines alternativen Planerwahlverfahrens bestimmt werden.(SIA, 2014, S. 9-24)

- Phase 3: Projektierung

Die Projektierungsphase umfasst die Erarbeitung des Vorprojekts, des Bauprojekts sowie die Durchführung des Bewilligungsverfahrens. Basierend auf dem Vorprojekt wird eine Kostenschätzung vorgenommen. Im Bauprojekt werden die Planung und Kosten weiter optimiert und detailliert, zudem erfolgt die Terminplanung. Während des Bewilligungsverfahrens wird das Projekt genehmigt, die Kosten und Termine werden verifiziert, und der Baukredit wird freigegeben.(SIA, 2014, S. 9-24)

- Phase 4: Ausschreibung

In der Ausschreibungsphase werden die Ausschreibungsunterlagen erstellt, Offerten eingeholt, verglichen und Aufträge an geeignete Unternehmen vergeben. Zudem werden die entsprechenden Kauf- und Werkverträge abgeschlossen, um eine vertragliche Grundlage für die Ausführung des Projekts zu schaffen.(SIA, 2014, S. 9-24)

- Phase 5: Realisierung

Während der Realisierungsphase wird das Ausführungsprojekt zur Ausführungsreife gebracht. Das bedeutet, dass die Ausführungsplanung abgeschlossen und das Bauprojekt gemäss Pflichtenheft und Vertrag umgesetzt wird. Nach der Fertigstellung erfolgen die Inbetriebnahme, die Bauwerksübergabe sowie die Behebung allfälliger Mängel.(SIA, 2014, S. 9-24)

- Phase 6: Bewirtschaftung

In der Bewirtschaftungsphase wird der Betrieb des Bauwerks sichergestellt und optimiert. Dies umfasst unter anderem die regelmässige Wartung und Instandhaltung, um die langfristige Funktionalität und Werterhaltung des Gebäudes zu gewährleisten.(SIA, 2014, S. 9-24)

Das klassische SIA-Leistungsphasenmodell stellt ein etabliertes und bewährtes Gerüst für den Planungs- und Bauprozess dar. Die einzelnen Phasen bauen logisch aufeinander auf, wodurch eine klare Struktur und Nachvollziehbarkeit geschaffen wird. Ein wesentlicher Vorteil des Modells besteht in der klaren Rollenzuweisung aller Beteiligten, was die interdisziplinäre Zusammenarbeit erleichtert und die Kommunikation zwischen Bauherrschaft, Planenden und Ausführenden optimiert.

Ein weiterer Vorteil liegt in der integrierten Kosten- und Terminplanung. Da Kosten und Termine in jeder Phase verankert sind, wird eine höhere Planungssicherheit sowohl

für die Bauherrschaft als auch für die Planenden gewährleistet. Zudem trägt die phasengerechte Freigabe zur Sicherstellung der Qualität bei, da jedes Projektstadium überprüft und validiert wird, bevor die nächste Phase beginnt.

Obwohl das Modell auf den ersten Blick starr erscheinen mag, bietet es eine gewisse Flexibilität. So kann beispielsweise die Baueingabe vorgezogen werden, um eine frühzeitige Planungssicherheit zu erreichen und Projektverzögerungen zu minimieren.

2.6.2 Verschiebung der Phasen durch Wiederverwendung

Durch die Wiederverwendung von Bauteilen ergeben sich Verschiebungen im Planungs- und Bauprozess. Daher kann es sinnvoll sein, eine vorgelagerte Phase 0 einzuführen, in der der Projektkontext geklärt und übergeordnete Bedarfsanalysen durchgeführt werden. Dabei sollte insbesondere geprüft werden, ob ein Neubau überhaupt erforderlich ist oder ob bestehende Gebäude erhalten und umgenutzt werden können. Ebenso ist es entscheidend, frühzeitig die geeigneten Rahmenbedingungen für das Bauen mit wiederverwendeten Bauteilen zu schaffen. Dazu gehören die Vernetzung relevanter Akteur:innen sowie die strukturierte Einbindung aller Beteiligten. (Kreiss u.a., 2022, S. 8

Im Vergleich zum Standardprozess ohne Wiederverwendung erfordern die strategische Planung (Phase 1) sowie die Vorstudien (Phase 2) zusätzliche Machbarkeitsstudien, die sich gezielt mit der Wiederverwendung befassen. Zudem müssen in diesen frühen Phasen spezifische Anforderungen definiert und die Projektziele seitens der Bauherrschaft festgelegt werden. (Gurtner und Starovicova, 2023, S. 17)

Das bedeutet, dass bereits in diesen Phasen entschieden werden muss, ob und welche Zertifikate angestrebt werden und welche Grenzwerte für das Projekt einzuhalten sind. Zudem lohnt es sich, potenzielle Quellobjekte frühzeitig zu identifizieren und bestehende Gebäude hinsichtlich ihres Wiederverwendungspotenzials zu analysieren. (Kreiss u.a., 2022, S.18-19)

Während der Projektierungsphase (Phase 3) müssen Materialjagende und Bauteilbörsen frühzeitig einbezogen werden, um geeignete Bauteile zu identifizieren und zu beschaffen. Dies kann Herausforderungen mit sich bringen, da viele benötigte Bauteile erst spät verfügbar sind, was insbesondere die Baubewilligung erschweren kann. Eine zentrale Inventarisierung ist daher essenziell, um den Überblick über wiederverwendbare Komponenten zu behalten. (Gurtner und Starovicova, 2023, S. 17)

Bereits in der Vorprojektphase lohnt es sich, Materialwahl und Konstruktionsprinzipien zu definieren. Dadurch kann der potenzielle Einsatz wiederverwendeter Bauteile frühzeitig berücksichtigt werden. Zudem ist es sinnvoll, verschiedene Varianten zu planen, um diese sowohl ökologisch als auch ökonomisch zu vergleichen und alternative Lösungen als Rückfalloptionen einzuplanen. (Kreiss u.a., 2022, S.22-23)

In der Ausführungsplanung sollte die Materialbeschaffung idealerweise abgeschlossen sein, sodass die Bauteile konkret in die Planung integriert werden können. Dennoch wird die finale Materialwahl in den meisten Fällen noch nicht vollständig feststehen. Daher muss der Entwurf so gestaltet sein, dass er ausreichend Spielraum und Toleranzen bietet, um auch in dieser Phase oder später noch Anpassungen vornehmen zu können. Bei der Wahl der Konstruktion sollte das Prinzip «Design for Disassembly» berücksichtigt werden. Das bedeutet, dass Bauteile und Systeme trennbar geplant werden, sodass sie später einfach demontiert und wiederverwendet werden können. Als planerisches Werkzeug hat sich die Planung mit BIM bewährt. Insbesondere bei komplexen Projekten kann ein digitales Modell eine vernetzte Planung erleichtern und die Koordination zwischen den Beteiligten optimieren. (Kreiss u.a., 2022, S.24-25)

In der Ausschreibungsphase (Phase 4) sowie zu Beginn der Realisierungsphase (Phase 5) erweitert sich der Kreis der Akteur:innen um Rückbauunternehmen, die für die fachgerechte Demontage wiederverwendbarer Bauteileverantwortlich sind. Die Bewirtschaftungsphase (Phase 6) bleibt weitgehend unverändert, allerdings kann aufgrund des Alters der Bauteile ein erhöhter Instandhaltungsaufwand erforderlich sein. (Gurtner und Starovicova, 2023, S. 17)

Eine optimierte Zukunftsperspektive für den Bauprozess mit wiederverwendeten Bauteilen basiert auf einer gezielten Planung und Integration dieser Materialien. Ein zentraler Faktor für eine effizientere Umsetzung ist die Etablierung zirkulärer Geschäftsmodelle bei Bauteilherstellenden, wodurch sowohl die Planung als auch die Beschaffung optimiert werden. (Gurtner und Starovicova, 2023, S.17)

2.7 Wiederverwenden in der Praxis

In diesem Kapitel werden zeitgenössische Beispiele von Projekten mit Wiederverwendung aufgezeigt. Es handelt sich um Projekte in der Schweiz, die unterschiedliche Massstäbe und Nutzungen abdecken, um eine breite Varianz darzustellen. Im empirischen Teil der Arbeit werden die an den drei zeitgenössischen Beispielen beteiligten Akteure als Expertinnen und Experten interviewt.

2.7.1 Kopfbau K.118 in Winterthur

Der Kopfbau K.118 in Winterthur ist ein Gewerbebau, der durch die Aufstockung einer Lagerhalle mit Bauteilen aus Rückbauten entstand. Der unkonventionelle Planungsprozess begann mit der Materialsammlung, gefolgt von präzisem Vermessen und Katalogisieren zur effizienten Wiederverwendung. (in situ, 2024)

Die Tragstruktur besteht aus Stahlträgern der ehemaligen Coop-Verteilzentrale Basel, ergänzt durch eine Stahlaussentreppe und Granitfassadenplatten aus Zürich. Verkleidungsmaterialien wie Aluminium-Isolierfenster und Fassadenblech stammen aus Winterthur und Zürich. Ausserdem wurden natürliche Baustoffe wie Holz, Stroh und Lehm verbaut. Der ökologische Fussabdruck wurde um 60 % gegenüber einem Neubau reduziert. (in situ, 2024)

Das Projekt wurde wissenschaftlich begleitet. Die ZHAW-Studie von Katrin Pfäffli untersuchte die graue Energie wiederverwendeter Bauteile, während Andreas Abegg und Meinrad Huser rechtliche Aspekte analysierten. Zudem entstand das Buch «Bauteile wiederverwenden» in Kooperation mit der ZHAW.

2.7.2 Areal Werkstadt in Zürich

Das Areal «Werkstadt» in Zürich Altstetten, ehemals Teil der SBB-Reparaturwerkstätte, wird als urbaner Produktionsstandort transformiert. Die bestehende Bausubstanz wird erhalten und schrittweise verdichtet, wodurch graue Energie eingespart und Ressourcen geschont werden. Als überkommunales Schutzobjekt wird das Areal nachhaltig saniert und weiterentwickelt, um Raum für innovativen, gewerblichen und kulturellen Nutzungen zu schaffen. (SBB Immobilien Development, 2021)

Der Masterplan Werkstadt dient als Leitfaden für die nachhaltige Transformation des Areals. Im Fokus stehen Innenverdichtung, Ressourcenschonung, zirkuläres Bauen und die Erhaltung von Arbeitsplätzen. Die Entwicklung trägt so zu einem ökologischen und wirtschaftlichen Mehrwert für die Stadt Zürich bei. (SBB Immobilien Development, 2021)

Es handelt sich um ein grossmassstäbliches Projekt. Bei dem bereits in der Strategie und im Masterplan Ziele bezüglich Zirkularität formuliert wurden. Diese Zielformulierungen werden für die einzelnen Teilprojekte umgesetzt und sind somit auch Teil der einzelnen Wettbewerbsausschreibungen.

2.7.3 Wohnungsbau P8 in Lysbüchel

Bei diesem Projekt handelt es sich um einen Wohnungsbau mit 20 Wohneinheiten das von Loeliger Strub Architekten entworfen wurde. Ziel der Bauherrschaft (Stiftung Habitat) war es die graue Energie für das Projekt zu reduzieren. Das Wiederverwenden von Bauteilen erschien dafür als möglicher Weg. Daher wurde bereits beim Architekturwettbewerb Planende berücksichtigt, die dem zirkulären Bauen gegenüber offen sind. (Fischer, 2022)

In der Umsetzung wurden verschiedene Bauteile der Bestandsgebäude eingeplant. Es wurden Holzbauteile aus einem anderen Quellobjekt für die Holzbalkendecken wiederverwendet. Ausserdem wurden Küchen von einem anderen Quellobjekt wiederverwendet. Die Wahl eines Baumaterials basierte auf der Abwägung zwischen Aufwand und Nutzen, insbesondere hinsichtlich der CO2-Einsparung. Wiederverwendete Materialien machen hier unter Berücksichtigung der Honorare gemäss KBOB etwa ein Viertel der gesamten Erstellungskosten aus. Dies entspricht einer CO2-Reduktion von rund 260 Tonnen. Das Projekt wurde durch Zirkular als Fachplaner Wiederverwendung begleitet. (Fischer, 2022)

3. Erkenntnisse aus der Recherche und Fragestellung

3.1 Erkenntnisse

Aus dem Theorieteil der Arbeit ergeben sich folgende Erkenntnisse, die die Grundlage für den empirischen Teil der Arbeit bilden:

- Die Wiederverwendung wird als zentrale Strategie zur Reduktion des Ressourcenverbrauchs und der Treibhausgasemissionen im Bauwesen betrachtet. Sie trägt zur Erhaltung der grauen Energie bei und mindert den Bedarf an neuen Rohstoffen.
- Ressourcenknappheit und Urban Mining: Aufgrund der hohen Abfallmengen im Bausektor wird Urban Mining als vielversprechender Ansatz zur Rohstoffgewinnung aus bestehenden Gebäuden angesehen, insbesondere in einem ressourcenarmen Land wie der Schweiz.
- Für das Wiederverwenden gibt es unterschiedliche Strategien. «Re-Use» also das direkte Wiederverwenden von Bauteilen, «Design to Disassembly» - also das planen für künftige Wiederverwendung oder der Bestandserhalt.
- Es bestehen vielfältige Herausforderungen, darunter Anreiz- und Informationsprobleme, fehlende Standardisierung, hohe Kosten für Demontage und Lagerung sowie unzureichende gesetzliche Grundlagen und Haftungsfragen.
- Vertrags- und Haftungsfragen: Der Bauvertrag in der Schweiz ist dispositiv, was individuelle Lösungen ermöglicht. Eine sorgfältige vertragliche Regelung ist notwendig, insbesondere bei der Koordination zwischen verschiedenen Akteuren im Rückbau- und Bauprozess.
- Im klassischen SIA-Planungsprozess kommt es zu Verschiebungen, um die Integration wiederverwendeter Bauteile zu ermöglichen, insbesondere durch frühzeitige Materialrecherche und Einbindung zusätzlicher Akteure wie Bauteilbörsen und Rückbauunternehmen.
- Praxisbeispiele wie der Kopfbau K.118 in Winterthur zeigen die Machbarkeit und den ökologischen Nutzen der Wiederverwendung.

3.2 Fragestellung

Daher ergeben sich aus dem theoretischen Teil der Arbeit folgende Fragestellungen die in den empirischen Teil der Arbeit einfliessen:

- Wie beeinflusst das zirkuläre Bauen die klassischen SIA-Phasen, und welche Anpassungen sind erforderlich, um wiederverwendete Bauteile effizient in den Planungs- und Bauprozess zu integrieren?
- Wie unterscheiden sich die Planungs- und Umsetzungsprozesse beim zirkulären Bauen in Abhängigkeit von verschiedenen Bauaufgaben wie Neubau, Ersatzneubau, Sanierung, Umbau und unterschiedlichen Nutzungen (Wohnungsbau, Gewerbe etc.)?
- Wie beeinflussen gesetzliche Vorgaben und regulatorische Rahmenbedingungen die Umsetzung des zirkulären Bauens, und welche Anpassungen sind erforderlich, um die Wiederverwendung von Bauteilen zu erleichtern?
- Welche Methoden und Prozesse sind erforderlich, um die Erfassung, Datenverwaltung und Lagerung von wiederverwendbaren Bauteilen im Bauwesen effizient zu gestalten?
- Welche Tools haben sich für die Planung mit wiederverwendeten Bauteilen etabliert und welche Rolle spielt dabei die Digitalisierung für das zirkuläre Bauen?

4. Empirische Untersuchung

4.1 Experteninterviews

Das zirkuläre Bauen ist ein junges Forschungsgebiet, was zur Folge hat, dass quantitative Daten nur eingeschränkt verfügbar sind. Daher wird im Rahmen dieser Untersuchung ein qualitativer Forschungsansatz mit Expert:inneninterviews gewählt. Als Grundlage für die Interviews dienen der theoretische Themenblock in Kapitel 2 und die daraus resultierenden Erkenntnisse im Kapitel 3.

4.2 Ziel der Experteninterviews

Es wurden Expert:innen ausgewählt, die bereits Erfahrung bei der Umsetzung von Projekten mit wiederverwendeten Bauteilen vorweisen können. Ziel dieser Auswahl war es, das daraus resultierende Wissen zu bündeln und Abweichungen gegenüber den gängigen Planungs- und Bauprozessen aufzuzeigen. Dabei stellte sich die Frage, ob diese abweichenden Abläufe zu Problemen und Risiken führen und wie in der Praxis damit umgegangen wird. Darüber hinaus galt es zu klären, ob sich allgemeingültige Lösungsansätze ableiten lassen, die zu einer Effizienzsteigerung in den Planungsabläufen beitragen könnten.

4.3 Auswahl der Gesprächspartner

Für die Arbeit wurden insgesamt 16 Fachexpert:innen angefragt. Sechs der angefragten Personen standen für ein Interview nicht zur Verfügung (siehe Anhang 1). Zehn Expert:innen wurden interviewt (siehe Tabelle 1). Bei der Auswahl der Expert:innen sollte ein möglichst breites Spektrum an Akteur:innen der Baubranche berücksichtigt werden, um verschiedene Blickwinkel zu erfassen. Es wurden daher Interviews mit Eigentümer:innen, Beratenden, Planenden und Ausführenden geführt. Die Interviews fanden im Zeitraum von Juni bis August 2024 statt.

Nicolas Fries	Circular Economy and Innovation Manager	Implenia
Gabriele Bühler	Development Zürich	SBB
Peter Wicki	Leiter Projektentwicklung	Zug Estates
Jürg Schneider	Head of Circularity	Pom+
Daniel Müller	Bereichsleiter Nachhaltigkeit/Bauphysik	Pirmin Jung
Johannes Pitterle	CEO	Madaster
Andreas Haug	Projektleiter	In Situ
Marc Loeliger	Geschäftsleiter	Loeliger Strub Architekten
Andreas Oefner	Projektleiter	Zirkular
Marloes Fischer	CEO	Circular Hub

Tabelle 1: Auflistung der Expert:innen

4.4 Befragungsmethode

Für die Befragung der Expert:innen wurde die Methode des qualitativen Leitfadeninterviews gewählt. Der Leitfaden (siehe Anhang 2) wurde den Interviewpartner:innen vorgängig zugestellt. Die Gespräche fanden per Videocall statt und dauerten zwischen 60 und 90 Minuten. Die Interviews wurden aufgezeichnet und nachträglich inhaltlich zusammengefasst (siehe Anhang 3). Die Expert:innen wurden über das Aufzeichnen und Transkribieren informiert. Eine Person wünschte, dass das Gespräch nicht aufgezeichnet wird.

Es wurde versucht, bei den Gesprächen dem Leitfaden zu folgen. Um den Gesprächsfluss nicht zu stören, wurden in einzelnen Fällen Antworten nachträglich den zugehörigen Fragen zugeordnet. Aus Zeitgründen oder aufgrund fehlenden Kenntnisstandes wurden einzelne Fragen bei bestimmten Expert:innen ausgelassen.

4.5 Frageleitfaden

Der Leitfaden (siehe Anhang 2) wurde den Expert:innen vorab zur Vorbereitung zur Verfügung gestellt und während des Interviews als strukturgebender Gesprächsleitfaden eingesetzt. Um die jeweilige Expertise zu verdeutlichen und einordnen zu können,

wurden zunächst Einstiegsfragen gestellt. Darüber hinaus wurden vier inhaltliche Themenblöcke (siehe Tabelle 2) mit offenen Fragen formuliert, die den Kern des Interviews bildeten.

A: Umgang mit den klassischen SIA-Phasen im Planungsprozess des zirkulären Bauens. Veränderung der klassischen Planungs- und Bauprozesse.
B: Vorgehen bei unterschiedlichen Bauaufgaben (Neubau, Ersatzneubau, Sanierung, Umbau, Wohnungsbau, Gewerbe usw.)
C: Umgang mit gesetzlichen Voraussetzungen und Gegebenheiten.
D: Verständnis und Einschätzung der Experten von Bauteilerfassung, Verwaltung der Daten und Lagerung der Baustoffe.
E: Bewertung und Erfahrung der verschiedenen Tools zum Beispiel Materialpass und Einschätzung der Chancen für das zirkuläre Bauen durch die Digitalisierung (zum Beispiel BIM)

Tabelle 2: Themenblöcke der Experteninterviews

4.6 Auswertungsverfahren

Die Experteninterviews wurden im Rahmen einer qualitativen Inhaltsanalyse ausgewertet und den jeweiligen Themenblöcken zugeordnet. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse werden in dieser Arbeit inhaltlich wiedergegeben und mit Quellangaben zitiert. Zur besseren Lesbarkeit des Fliesstexts wurden die Interviews nummeriert. Für die Nachvollziehbarkeit sind die inhaltlichen Zusammenfassungen im Anhang (Anhang 3) aufgeführt. Im folgenden Kapitel 4.6 wird die Auswertung in zusammengefasster Form dargestellt und den Themenblöcken (Tabelle 2) entsprechend geordnet. Die übergeordnete Interpretation und Verknüpfung der Antworten erfolgt in Kapitel 5 in der Schlussbetrachtung.

4.7 Auswertung

4.7.1 Themenblock A: Umgang mit Planungs- und Bauprozessen

Mit den Fragen zum Themenblock A sollte herausgefunden werden, inwieweit sich der Planungs- und Bauprozess mit wiederverwendeten Bauteilen vom klassischen Planungs- und Bauprozess unterscheidet und ob hierfür die SIA-Phasen noch sinnvoll sind.

Alle zehn interviewten Expert:innen sind sich einig, dass es zu gravierenden Verschiebungen im Prozess kommt. Bereits in frühen Phasen müssen Bauteile beschafft und eingeplant werden. Beim klassischen Planungsprozess wird vom Groben ins Feine geplant. Dies ist beim Bauen mit wiederverwendeten Bauteilen nicht möglich. Bereits in

frühen Phasen wird mit einem hohen Detaillierungsgrad und konkreten Bauteilen geplant. Im gesamten Planungs- und Bauprozess kann es aufgrund fehlender oder plötzlich verfügbarer Bauteile zu Anpassungen kommen, was einen hohen Grad an Flexibilität erfordert (Nr. 4, Nr. 5, Nr. 7, Nr. 8, Nr. 9). Dies führt zu einem erhöhten Planungsaufwand. Einige Befragte berichten sogar von einer doppelten Planung bis ins Bauprojekt, die in klassischen Honorarmodellen oftmals nicht berücksichtigt ist. (Nr. 9) Andere setzen bei der Honorierung einen Umbauzuschlag ein. (Nr. 8) Zusätzlich entsteht ein Mehraufwand durch begleitende Fachpersonen, die beispielsweise als «Fachplaner Kreislaufwirtschaft» tätig sind.

Besonders herausfordernd ist die frühzeitige Bauteilbeschaffung und die Bauteillogistik. Die Expert:innen sind sich einig, dass eine frühzeitige Bauteilbeschaffung den Planungs- und Bauprozess vereinfacht. Einzelne Bauherrschaften mit grossen Immobilienportfolios führen bereits eigene Bauteilkataloge. Dies kann zu einer Effizienzsteigerung bei der Bauteilbeschaffung führen (Nr. 4).

Die frühzeitige Bauteilbeschaffung führt zu einer Verschiebung bei der Finanzierung. Es müssen Bauteile in einer Phase beschafft werden, in der noch hohe baurechtliche Unsicherheiten bestehen. Die Bauherrschaft muss bereit sein, dieses Risiko einzugehen (Nr. 7, Nr. 8).

Andere Befragte verorten die Verantwortung für wiederverwendete Bauteile stärker bei der Industrie. Würde diese Bauteile zurücknehmen, aufbereiten und erneut in den Kreislauf einführen, wäre der Planungs- und Bauprozess weniger beeinträchtigt. Auch die Problematik rund um Gewährleistung und Haftung liesse sich in diesem Fall teilweise auf die Hersteller übertragen. Die Überlegung wird insbesondere für grossmassstäbliche Projekte als sinnvoll erachtet. (Nr. 3, 6)

Ob die klassischen SIA-Phasen beim Bauen mit wiederverwendeten Bauteilen sinnvoll sind, bewerten die Expert:innen unterschiedlich. Eine Mehrheit empfindet die klassischen SIA-Phasen als bewährtes und ausreichend flexibles Gerüst (Nr. 1, 3, 4, 7, 8, 9, 10), während andere sie als zu starr kritisieren. Es wird angemerkt, dass selbst bei klassischen Projekten die SIA-Phasen nicht immer der heutigen Praxis entsprechen. Um Planungssicherheit zu schaffen, werden teilweise Baueingaben vorgezogen und Vor- bzw. Bauprojekte mit hoher Genauigkeit erarbeitet. Dies gilt auch und insbesondere beim Bauen mit wiederverwendeten Bauteilen. (Nr. 5) Einige Befragte sehen in integrierten Projektabwicklungsmodellen (IPD) einen zielführenden Ansatz, um

sämtliche Projektbeteiligte gemeinschaftlich in den Planungs- und Bauprozess einzubinden. (Nr. 6)

Gemäss mehreren Befragten ist die Phase 0, also die strategische Phase, die wichtigste. Diese beginnt bereits vor der eigentlichen Planung. Alle Expert:innen stimmen überein, dass hier die Projektziele seitens der Bauherrschaft festgelegt werden müssen. In dieser Phase werden zudem übergeordnete Unternehmensstrategien definiert, in denen Nachhaltigkeitsziele eine zentrale Rolle spielen können. Unternehmen müssen frühzeitig entscheiden, ob Nachhaltigkeit ein prioritäres Thema ist. Auch die Frage des Erhalts bestehender Bausubstanz ist an dieser Stelle zu thematisieren (Nr. 6, Nr. 8).

Die strategischen Projektziele lassen sich anschliessend in Wettbewerbsprogrammen abbilden. Gemäss mehreren Expert:innen (Nr. 1, 3, 6, 7, 8) stellt ein Bauteilkatalog als Wettbewerbsgrundlage eine zielführende Massnahme dar, um wiederverwendete Bauteile in den Entwürfen zu fördern. Allerdings können zu starre Vorgaben den kreativen Prozess behindern. Sinnvoll kann es sein, Grenzwerte zu CO2-Emissionen oder die Einhaltung bestimmter Labels und Normen festzulegen (Nr. 4, 7, 9). Projekte lassen sich zudem anhand ihrer Ökobilanz vergleichen, wofür entsprechende Tools verwendet werden sollten (Nr. 6). Für Wettbewerbsteilnehmende sollte klar erkennbar sein, welche Bedeutung der Wiederverwendung in der Jurierung zukommt. Eine Jury, die über Fachwissen in diesem Bereich verfügt, setzt hier deutliche Zeichen. Neben der Wiederverwendung sind auch Trennbarkeit und Rückführbarkeit der Bauteile wichtige Beurteilungskriterien. (Nr. 9)

Die Baustellenlogistik ist durch die Verwendung wiederverwendeter Bauteile besonders gefordert. Bauteile müssen frühzeitig beschafft, ausgebaut, gelagert und aufbereitet werden. Nach Einschätzung der Expert:innen (Nr. 1, 2, 3, 4, 9, 10) sehen viele Unternehmer:innen in diesen Schritten einen beträchtlichen Mehraufwand und reagieren eher skeptisch. Einzelne Befragte (Nr. 6, 7, 8) berichten jedoch von positiven Erfahrungen mit innovativen Unternehmen, die das Wiederverwenden von Bauteilen als relevante Geschäftsmöglichkeit erkennen (Nr. 7). Die Frage nach Gewährleistung und Haftung stellt weiterhin eine Herausforderung dar (Nr. 1, 3, 9). Ist die Bauherrschaft bereit, das damit verbundene Risiko zu übernehmen, können Haftungs- und Gewährleistungsfragen aus Sicht der Unternehmer:innen angemessen gelöst werden. Diese Vorgehensweise kann die Skepsis reduzieren (Nr. 9). Eine frühzeitige Zusammenarbeit zwischen Planenden und Unternehmer:innen führt zudem zu spannenden und aussergewöhnlichen Lösungen (Nr. 8).

4.7.2 Themenblock B: Umgang mit unterschiedlichen Bauaufgaben

In diesem Themenblock stellte sich die Frage, wie mit unterschiedlichen Bauaufgaben umgegangen werden kann und ob diese unterschiedliche Strategien erfordern. Dabei wird zwischen Neubau, Ersatzneubau sowie Sanierung oder Umbau als Bauaufgabe unterschieden und ebenso zwischen unterschiedlichen Nutzungen.

Die beste Massnahme, um graue Energie einzusparen und Ressourcen zu schonen, ist gemäss den Befragten (Nr. 1, 2, 4) der Erhalt bestehender Bausubstanz. Bevor ein Neubau oder ein Ersatzneubau in Betracht gezogen wird, sollte deshalb geprüft werden, ob ein Abbruch zwingend erforderlich ist. Häufig führen wirtschaftliche Überlegungen jedoch zu einem Abbruch. Hinzu kommt der hohe gesellschaftliche und politische Druck nach Verdichtung und der Schaffung zusätzlichen Wohnraums. Umbauten und Sanierungen werden also als eigentliche «Reuse»-Projekte bezeichnet und sind grundsätzlich einem Ersatzneubau vorzuziehen (Nr. 1, 2, 4).

Bei einem Neubau gelten insbesondere die Bauteilbeschaffung und die Klärung der Baustellenlogistik als zentrale Herausforderungen, die möglichst frühzeitig angegangen werden müssen (Nr. 1, 3, 4, 5). Mehrere Befragte weisen darauf hin, dass auf Seite der Auftraggebenden eine gewisse Offenheit erforderlich ist. Während bei herkömmlichen Projekten ein Entwurf erstellt wird, dessen bauliche Umsetzung im Wesentlichen mit dem Entwurf übereinstimmt, kann es beim Bauen mit wiederverwendeten Bauteilen zu Abweichungen in der Optik kommen. Daher empfiehlt es sich, klare Nutzungsansprüche zu definieren. (Nr. 2) Damit heutige Neubauten von künftigen Generationen in den Baukreislauf rückgeführt werden können, ist zudem auf ein hohes Mass an Wiederholung und Trennbarkeit zu achten (Nr. 5, 6, 7, 8). Mittels flexibler Entwürfe können Vorhaben verschiedenen Nutzungen angepasst werden, während eine modulare Bauweise die Wiederverwendung ganzer Module erlaubt (Nr. 6). Moderne Planungstools (z. B. BIM) ermöglichen zudem, Bauteile und deren Informationen bereits im Planungsprozess zu erfassen und zu inventarisieren.

Bei Ersatzneubauten kann teilweise auf eine vorhandene Bauteilmine zurückgegriffen werden. Eine frühzeitige Potenzialanalyse ist hier sinnvoll (Nr. 1). Allerdings ist das Ergebnis solcher Analysen häufig ernüchternd. Gebäude ab der Mitte des 20. Jahrhunderts lassen sich oft nicht bauteilweise zurückbauen, da viele Komponenten verklebt, vermörtelt, betoniert oder mit Schadstoffen belastet sind (Nr. 8). Sofern Teile des Bestands dennoch rückgebaut und wiederverwendet werden können, treten auch hier logistische Herausforderungen auf (Nr. 5).

Die meisten realisierten Projekte mit wiederverwendeten Bauteilen betreffen kleinere Wohnbauten oder Industrie- und Gewerbebauten. Daher wird infrage gestellt, ob grossmassstäbliche Wohnbauprojekte mit wiederverwendeten Bauteilen realisierbar sind. Die Mehrheit der Befragten (Nr. 1, 3, 8, 10) äussert sich skeptisch dazu. Da der Bedarf an gleichartigen Bauteilen bei grösseren Vorhaben nur selten durch bestehende Bauteilminen abgedeckt werden kann (Nr. 8), muss das übergeordnete Ziel ein CO2-schonendes Bauen sein (Nr. 3, 10). Es liegt auf der Hand, dass beispielsweise das Einbauen wiederverwendeter Küchen, Fenster oder anderer kleinmassstäblicher Sekundärbauteile einen unverhältnismässig hohen Planungsaufwand erzeugt. Wesentlich wirksamer für die CO2-Reduktion ist laut mehreren Befragten die Wiederverwendung in der Primärstruktur. Industriell gefertigte Bauteile wie Stahl- oder Holzträger eignen sich dafür besonders (Nr. 5). Einige Befragte sind der Auffassung, dass grossmassstäbliche Wohnbauprojekte erst dann verstärkt auf wiederverwendete Bauteile setzen werden, wenn die Industrie ihre Verantwortung übernimmt, Bauteile zurücknimmt, aufbereitet und erneut in den Baukreislauf integriert. Damit liesse sich auch die Problematik hinsichtlich Gewährleistung, Lagerung und Aufbereitung entschärfen, da Bauteile wie gewohnt beschafft werden könnten. (Nr. 3, 6) Andere Befragte vertreten die Ansicht, dass beim grossmassstäblichen Wohnbau eine konsequente «Design to Disassemble»-Planung erforderlich ist, um Bauten so auszuführen, dass sie zukünftig rückgebaut und die Bauteile erneut verwendet werden können. (Nr. 1, 5, 10)

Trotz einer gewissen Skepsis auf Seiten Eigentümerschaft haben alle Befragten positive Erfahrungen in Bezug auf die Akzeptanz von Projekten mit wiederverwendeten Bauteilen gemacht. Es existieren zahlreiche Beispiele für gelungene Entwürfe ohne optische oder qualitative Einbussen. Ein Teil der Befragten betont, dass Nutzende in bestimmten Gewerbearealen eine charaktervolle Optik ausdrücklich nachfragen. Bauteile oder gesamte Projekte, die eine erkennbare Vorgeschichte haben, werden geschätzt. Dies gilt ebenfalls für den Mietwohnungsbau. Durch die Auseinandersetzung mit ökologischen Fragestellungen wächst die Akzeptanz einer neuartigen, teils ungewohnten Gestaltung (Nr. 1, 3, 5, 7). Mehrere Befragte sehen das Thema «Fügen und Verbinden» sogar als Chance, um unkonventionelle Lösungen zu entwickeln, die sich optisch vom Standard unterscheiden. Dafür ist allerdings eine aufgeschlossene Haltung bei Mietenden und auch bei der Eigentümerschaft erforderlich. (Nr. 9)

4.7.3 Themenblock C: Umgang mit gesetzlichen Voraussetzungen

In diesem Themenblock sollte herausgefunden werden, ob die geltenden gesetzlichen Voraussetzungen das Bauen mit wiederverwendeten Bauteilen ermöglichen oder ob die Rahmenbedingungen erschwert sind und in welchen Bereichen gesetzliche Anpassungen sinnvoll erscheinen.

Für Projekte mit wiederverwendeten Bauteilen gelten grundsätzlich die gleichen baurechtlichen Voraussetzungen wie für konventionelle Projekte. Das bedeutet, dass sich ein Baugesuch innerhalb des gesetzlichen Rahmens bewegen muss (Nr. 2, 4, 5, 7, 8, 9). Allerdings lässt der Baueingabeprozess einen gewissen Spielraum zu. So können beim Projekt Annahmen getroffen werden, wenn zum Zeitpunkt der Baueingabe noch nicht alle Bauteile feststehen. Kommt es im weiteren Planungsverlauf zu baurechtlich relevanten Änderungen, können diese mittels Änderungsgesuch bewilligt werden. Dieses Vorgehen ist eine übliche Praxis und kommt auch bei konventionellen Projekten zum Einsatz (Nr. 2, 5, 7, 8, 9). Innerhalb des Baugesuchs empfiehlt es sich unter Umständen, gewisse Flexibilitäten einzuplanen, beispielsweise durch Bandbreiten bei Farb- und Materialkonzepten oder die Kennzeichnung noch nicht endgültig bestimmter Bauteile. Planende Expert:innen berichten von unterschiedlichen Erfahrungen hinsichtlich der behördlichen Flexibilität (Nr. 2, 7, 8, 9), sind sich jedoch einig, dass ein frühzeitiger Einbezug der Bewilligungsbehörden sinnvoll ist (Nr. 2, 8, 9).

Für thermische, brandschutz- und schallschutztechnische Anforderungen gelten ebenfalls die gleichen gesetzlichen Bestimmungen wie bei konventionellen Projekten (Nr. 1, 2, 4, 5, 7, 8). Schallschutzanforderungen stellen bei wiederverwendeten Bauteilen oder auch beim Bauen im Bestand oft eine Herausforderung dar und werden teils als nicht verhältnismässig empfunden. Einige Befragte befürworten daher Vereinfachungen, um ressourcenschonende Lösungen zu ermöglichen (Nr. 1). Ähnliches gilt für den Brandschutz, dessen Einhaltung in jedem Fall sicherheitsrelevant ist, jedoch häufig bauliche Veränderungen oder Abbrüche im Bestand erfordert. Auch hier werden Erleichterungen für Bestandsbauten angeregt, um ressourcenschonende Massnahmen umzusetzen (Nr. 2).

Bei den thermischen Anforderungen ist die bauteilscharfe Betrachtung kritisch zu hinterfragen. Stattdessen wird eine Gesamtenergiebilanz für das gesamte Projekt empfohlen, sodass beispielsweise einzelne thermisch ungünstige Bauteile zum Einsatz kommen können, sofern Grenzwerte für die Gesamtenergiebilanz – bestehend aus Erstellungs- und Betriebsenergie – eingehalten werden (Nr. 1, 4, 5, 8). Bereits heute

können in diesem Sinne Ausnahmebewilligungen beantragt werden, was allerdings keine breit anwendbare Lösung darstellt (Nr. 5).

Bauherrschaften sind nicht verpflichtet, Normen einzuhalten. Wenn sie das Risiko möglicher Baumängel tragen, können kostengünstigere und ressourcensparendere Lösungen umgesetzt werden (Nr. 5). Allerdings bestehen bei zahlreichen Bauherrschaften, insbesondere im Mietwohnungsbau, Bedenken, da sie gegenüber Mietenden haftbar sind. Daher werden häufig Reserven beim Schallschutz eingeplant, was einen höheren Ressourcenverbrauch nach sich zieht. Würde sich hier ein Umdenken bei der Mieterschaft vollziehen, könnten Bauherrschaften unter Umständen experimentierfreudiger agieren (Nr. 2, 5).

Für den Energienachweis existieren bislang keine Grenzwerte zur Erstellungsenergie (graue Energie). Bislang wird ausschliesslich die Betriebsenergie berücksichtigt. Die Expert:innen sprechen sich mehrheitlich für eine gesamtheitliche Betrachtung von Erstellungs- und Betriebsenergie aus, idealerweise mit verbindlichen Grenzwerten (Nr. 1, 2, 3, 4, 5, 7). Entsprechende Berechnungsmethoden sind bereits für diverse Energielabels wie Minergie-Eco und SNBS in Anwendung (Nr. 7). In einzelnen Ländern der Europäischen Union (z. B. Niederlande, Dänemark) wurden Grenzwerte für graue Energie bereits erfolgreich umgesetzt (Nr. 1). Auch in der Schweiz wird das Energie- und Umweltgesetz überarbeitet und tritt voraussichtlich im Jahr 2025 in Kraft (Nr. 10). Die SIA-Norm 390 wird ebenfalls revidiert, um Erstellungsgrenzwerte zu integrieren (Nr. 9). Einheitliche, schweizweite Grenzwerte für die graue Energie sind demnach in Planung und werden in den kommenden Jahren in allen Kantonen verbindlich eingeführt (Nr. 4).

Als weiteren Anreiz für CO2-arme und ressourcenschonende Projekte nennen mehrere Expert:innen eine Bepreisung von CO2 (Nr. 1, 2, 3), beispielsweise durch eine CO2-Steuer (Nr. 1).

Gemäss den Expert:innen sind Haftungs- und Gewährleistungsfragen beim Bauen mit wiederverwendeten Bauteilen ein rechtlicher Graubereich. Mehrer Expert:innen weisen auf die Forschungsarbeit von Oliver Streiff von der ZHAW (siehe Theorieteil Kapitel 2.5.2) hin, die sich mit diesem Thema im Detail auseinandersetzt. Generell kann gesagt werden, dass die Bauherrschaft in der Regel das Risiko für die wiederverwendeten Bauteile übernimmt, da keine Herstellergarantie mehr besteht. Eine Absicherung kann durch die Überprüfung der Bauteile erfolgen. Unternehmer:innen bleiben weiterhin für

ihre Arbeit haftbar. Vertraglich lässt sich eine Sorgfaltspflicht für das Einbringen wiederverwendeter Bauteile festlegen, was bereits in der Ausschreibung definiert werden sollte (Nr. 7, 8, 9). Zudem empfiehlt es sich, beim Erwerb von Bauteilen einen Übergabevertrag abzuschliessen, in dem die Haftung des Quellobjekts gegenüber dem Zielobjekt ausgeschlossen und die Eigentumsverhältnisse geregelt werden (Nr. 7).

4.7.4 Themenblock D: Bauteilerfassung

Der Markt für wiederverwendete Bauteile erscheint in der Schweiz unübersichtlich. Es existieren zahlreiche verschiedene Plattformen, auf denen kein vereinheitlichter Informationsaustausch stattfindet. In diesem Themenblock sollte geklärt werden, wie die Beschaffung wiederverwendeter Bauteile vereinfacht werden kann, damit diese frühzeitig in die Planung integriert werden können.

Die Mehrheit der Expert:innen fordert ein schweizweites, professionalisiertes und vereinheitlichtes Bauteilregister bzw. eine entsprechende Bauteilerfassung. (Nr. 2, 4, 5, 7) Konkrete Vorschläge zur Umsetzung liegen allerdings nicht vor. Verschiedene Bestrebungen sind vorhanden und es wird erwartet, dass sich ein Markt hierfür entwickeln wird. Dabei stellt nicht das Lagern und Transportieren von Bauteilen die grösste Herausforderung dar, da diese Abläufe mit relativ geringem Fachwissen bewerkstelligt werden können, sondern der Informationsaustausch. (Nr. 4)

Die Experten sind sich einig, dass eine schweizweite und frühzeitige, verpflichtende Registrierung von Abbrüchen die «Bauteiljagd» vereinfachen würde. Zwar können Planende und Eigentümerschaften Abbrüche bereits heute freiwillig im sogenannten Abbruchatlas erfassen, doch eine verpflichtende Registrierung beim Einreichen des Baugesuchs wäre ebenfalls umsetzbar. Trotzdem bestehen zwischen Quell- und Zielprojekt zeitliche Abhängigkeiten. (Nr. 2, 3, 5, 7, 9) Um diese zu entflechten, könnte das Einlagern von Bauteilen helfen. (Nr. 4) Allerdings erweist es sich als schwierig, kostengünstige Lageroptionen zu finden. (Nr. 2)

In der SIA-Norm 430 «Vermeiden und Entsorgen von Bauabfällen» ist bereits heute festgehalten, dass jedes Bauteil eines Abbruchobjekts auf seine Wiederverwendbarkeit zu prüfen ist. Diese Vorgabe wird in der Praxis jedoch kaum umgesetzt, da sie mit einem erheblichen Mehraufwand verbunden ist. (Nr. 7, 10)

Heute geplante Projekte müssen digital so angelegt und archiviert werden, dass künftige Generationen einfach auf den jeweiligen Bauteilkatalog der Bauten zugreifen können und die Bauteiljagd dadurch in Zukunft vereinfacht wird. (Nr. 1) Mit der Erfassung der

Bauteile von heutigen Neubauten werden Register für die Zukunft geschaffen. Die Herausforderung sowohl für künftige als auch für bereits bestehende Register liegt darin, die Bauteile mit allen notwendigen Informationen zu hinterlegen, damit ein unkomplizierter Informationsaustausch ermöglicht wird. (Nr. 1, 4)

4.7.5 Themenblock E: Digitalisierung

Im letzten Themenblock sollte untersucht werden, ob und in welcher Weise die Digitalisierung den Planungsprozess mit wiederverwendeten Bauteilen vereinfacht. Diesbezüglich herrscht unter allen Expert:innen Einigkeit, dass die Digitalisierung eine grundlegende Voraussetzung für das Bauen mit wiederverwendeten Bauteilen und für zirkuläre Baukonzepte im Allgemeinen darstellt.

Als unterstützendes Instrument hat sich Madaster etabliert, welches sowohl bestehende als auch neue Bauprojekte erfassen lässt. Mit dem Einlesen der Projektdaten in die Madaster-Plattform lässt sich ein Gebäuderessourcenpass erstellen, der die Ökobilanz abbildet. Projekte können auf ihre Zirkularität und den CO_2-Ausstoss hin geprüft und miteinander verglichen werden (Nr. 2, 4, 5, 6). Dies erleichtert beispielsweise in Wettbewerbsverfahren den Vergleich verschiedener Entwurfsprojekte (Nr. 2). Darüber hinaus ist Building Information Modeling (BIM) oder die 3D-Planung ein essenzielles Werkzeug für das Planen mit wiederverwendeten Bauteilen, da Bauteilkataloge mithilfe von 3D-Planungen in die Entwürfe integriert werden können (Nr. 4, 8).

Einige Expert:innen betonen, dass mit den gängigen Tools präzise und nutzbringende Bestandsaufnahmen durchgeführt werden können, welche die Grundlage für die Planungsphase bilden (Nr. 3, 4, 5). Andererseits kritisieren vor allem planende Expert:innen, dass die vorhandenen Tools für Bestandsaufnahmen zu oberflächlich sind und sich nicht in die 3D-Planung mit dem notwendigen hohen Detaillierungsgrad integrieren lassen (Nr. 1, 7). Bei Neubauplanungen hingegen ist die bauteilspezifische Erfassung mit den heutigen Softwarelösungen bereits gut umsetzbar, sodass die Digitalisierung eine eindeutige Identität für jedes Bauteil schafft, die auch für nachfolgende Generationen verfügbar bleibt. So entstehen Bauteilkataloge für die Zukunft. (Nr. 1, 2, 4, 5, 6, 7).

4.8 Interpretation

Die vorliegende Auswertung der Experteninterviews verdeutlicht, dass das Bauen mit wiederverwendeten Bauteilen den bestehenden Planungs- und Bauprozess sowohl strukturell als auch organisatorisch in erheblicher Weise verändert. Mehrere Faktoren,

wie die frühzeitige Beschaffung und Lagerung von Bauteilen, die Einbindung zusätzlicher Fachpersonen und die mögliche Notwendigkeit von Umbauzuschlägen, erfordern eine höhere Flexibilität in der Projektabwicklung (siehe Kapitel 4.7.1). Dies führt zu einem erhöhten Planungsaufwand, der in der klassischen Honorierung bisher nicht vollständig abgebildet wird.

Insbesondere der Bestandserhalt stellt eine zentrale Massnahme zur Einsparung grauer Energie dar (Kapitel 4.7.2). Gleichzeitig können wirtschaftliche und gesellschaftliche Faktoren, wie der Verdichtungsdruck, einem Umbau entgegenstehen und führen häufiger zu Abbrüchen. Die Wiederverwendung von Bauteilen ist vor allem im grossmassstäblichen Wohnbau noch mit Skepsis behaftet, was insbesondere auf Unsicherheiten hinsichtlich Materialverfügbarkeiten und Gewährleistung zurückzuführen ist. Hier sehen verschiedene Befragte eine Schlüsselfunktion bei der Industrie, die durch eine verstärkte Rücknahme und Aufbereitung von Bauteilen die Planung massgeblich vereinfachen könnte.

Bei den gesetzlichen Voraussetzungen (Kapitel 4.7.3) wird deutlich, dass das geltende Baurecht zwar keine spezifischen Hürden für wiederverwendete Bauteile setzt, jedoch auch keine massgeschneiderten Erleichterungen vorsieht. Die Expert:innen weisen darauf hin, dass eine stärkere Gesamtenergiebilanzierung, inklusive Erstellungsenergie, sinnvoll wäre, um ressourcenschonende Massnahmen adäquat zu berücksichtigen. Zudem werden rechtliche Klarstellungen in Bezug auf Haftung und Gewährleistung gefordert, um die Risiken für Bauherrschaften und Unternehmer:innen besser kalkulierbar zu machen.

Der unübersichtliche Markt für wiederverwendete Bauteile stellt nach Aussage der Befragten eine weitere Hürde dar (Kapitel 4.7.4). Zahlreiche Plattformen ohne standardisierten Informationsaustausch erschweren die rechtzeitige Integration geeigneter Bauteile in den Planungsprozess. Ein schweizweites, verpflichtendes Register von Abbrüchen könnte Abhilfe schaffen, indem es Bauteil-Angebot und -Nachfrage besser koordiniert. Allerdings ist das Auffinden kostengünstiger Lageroptionen, um zeitliche Abhängigkeiten zwischen Quell- und Zielprojekten zu überbrücken, nach wie vor problematisch.

Schliesslich ist laut allen Expert:innen die Digitalisierung ein grundlegender Treiber, um das Bauen mit wiederverwendeten Bauteilen zu vereinfachen (Kapitel 4.7.5). Insbesondere Building Information Modeling (BIM) und spezifische Plattformen zur

Erfassung und Bewertung von Bauteilen ermöglichen eine höhere Transparenz und eine genauere Planung. Die derzeitige Kritik richtet sich vor allem an die mangelnde Detailtiefe einiger Tools bei Bestandsaufnahmen. Gleichzeitig sind bei Neubauten bauteilspezifische Erfassungen bereits besser in den Planungsprozess integrierbar. So können für künftige Generationen digitale Bauteilkataloge entstehen, die ein effizientes Wiederverwenden von Bauteilen vereinfachen.

Insgesamt verweisen die Interviewergebnisse darauf, dass eine erfolgreiche Umsetzung zirkulärer Bauansätze eine frühzeitige Koordination zahlreicher Akteur:innen voraussetzt, verbunden mit einer hohen Flexibilität in der Projektentwicklung. Zugleich besteht Einigkeit darüber, dass strategische Rahmenbedingungen, gesetzliche Klarstellungen, Standardisierungen in der Bauteilerfassung und eine ganzheitliche Betrachtung der Energieeffizienz, weiterentwickelt werden müssen, damit das Bauen mit wiederverwendeten Bauteilen eine stärkere Verbreitung erfährt.

5. Schlussbetrachtung

5.1 Fazit

Die vorliegende Arbeit zeigt, dass das zirkuläre Bauen, insbesondere die Wiederverwendung von Bauteilen, Materialien und Produkten, einen vielversprechenden Ansatz zur Reduktion des Ressourcenverbrauchs und der Treibhausgasemissionen im Schweizer Bauwesen darstellt. Aus theoretischer und empirischer Perspektive wurde deutlich, dass der Einsatz wiederverwendeter Bauteile nicht nur zur Erhaltung der in den Materialien enthaltenen grauen Energie beiträgt, sondern auch ökologische, ökonomische und kulturelle Mehrwerte generiert.

Ein zentrales Ergebnis ist, dass der herkömmliche Planungsprozess, wie er im SIA-Leistungsphasenmodell verankert ist, grundsätzlich ein bewährtes Gerüst bietet, jedoch an die speziellen Anforderungen des zirkulären Bauens angepasst werden muss. Bereits in frühen Phasen (z. B. durch die Einführung einer strategischen Phase 0) gilt es, konkrete Machbarkeitsstudien und Materialrecherchen zu integrieren, um die Verfügbarkeit und Beschaffung wiederverwendbarer Bauteile zu sichern. Dies unterstreicht auch die erste Forschungsfrage, wie wiederverwendete Bauteile effektiv in den Planungsprozess eingebunden werden können.

Zugleich zeigte die empirische Untersuchung, dass die klassischen SIA-Phasen zwar prinzipiell vereinbar mit der Integration wiederverwendeter Komponenten sind, jedoch aufgrund von zusätzlichen logistischen, planerischen und rechtlichen Anforderungen häufig Anpassungen erforderlich sind. Die Flexibilisierung der Planungsprozesse, die frühzeitige Koordination der beteiligten Akteur:innen sowie der verstärkte Einsatz digitaler Tools wie BIM und spezialisierter Bauteilregister erweisen sich als Schlüsselfaktoren, um den erhöhten Planungsaufwand zu kompensieren. Damit wird auch die zweite Forschungsfrage adressiert: Die etablierten Planungsphasen können bei entsprechender Anpassung und Erweiterung als tragfähiges Fundament für das zirkuläre Bauen dienen.

Weiterhin belegen die Ergebnisse, dass gesetzliche Rahmenbedingungen und normative Vorgaben, insbesondere im Bereich der Gesamtenergiebilanzierung und Haftungsfragen, aktuell noch nicht optimal auf die Besonderheiten des zirkulären Bauens abgestimmt sind. Eine stärkere Standardisierung und ein klarer rechtlicher Rahmen, der die Wiederverwendung fördert, sind daher unabdingbar, um die ökologischen Potenziale voll auszuschöpfen.

Das zirkuläre Bauen im Schweizer Kontext ist grundsätzlich umsetzbar, jedoch kommt es zu Verschiebungen innerhalb der bisherigen Planungsphasen und damit einhergehend zu Veränderungen im Planungsprozesse. Eine verstärkte Vernetzung aller Akteur:innen ist bereits in frühen Phasen gefordert. Die Integration wiederverwendeter Bauteile in den Planungs- und Bauprozess kann nur dann erfolgreich sein, wenn strategische, technische und rechtliche Voraussetzungen frühzeitig geklärt und in die Projektplanung eingebunden werden.

Digitale Tools wie der Gebäuderessourcenpass und BIM spielen eine entscheidende Rolle für die Umsetzung des zirkulären Bauens. Sie ermöglichen eine präzise Bestandsaufnahme, unterstützen die Planung und schaffen ein digitales Materialarchiv, das zukünftige Wiederverwendungsprozesse erleichtert. Die Digitalisierung stellt somit nicht nur eine wertvolle Unterstützung dar, sondern bildet eine grundlegende Voraussetzung für eine nachhaltige Bauweise.

5.2 Handlungsempfehlung

5.2.1 Leitfaden für Planende

Die Umsetzung der theoretischen Konzepte des zirkulären Bauens in der Praxis erfordert einen strukturierten, interdisziplinären und flexiblen Planungsansatz. Durch eine frühzeitige strategische Vorplanung, systematische Materialrecherche, angepasste Entwurfsprozesse und den gezielten Einsatz digitaler Werkzeuge können wiederverwendete Bauteile erfolgreich in den gesamten Bauprozess integriert werden.

Strategische Vorplanung

- Festlegung von Nachhaltigkeitszielen:
  Es erscheint sinnvoll, bereits zu Beginn des Projekts konkrete Umweltziele (z. B. CO2-Reduktion, Einsparung grauer Energie) sowie die Vorteile des Bestandserhalts gegenüber einem Neubau zu definieren.

- Bestandsanalyse und Identifikation von Quellobjekten:
  Eine frühzeitige Analyse des bestehenden Baukörpers ermöglicht die Ermittlung potenziell wiederverwendbarer Bauteile. Hierbei können vorhandene digitale Register oder interne Bestandsaufnahmen als Grundlage dienen.

- Interdisziplinäre Abstimmung:
  Eine koordinierte Planung unter Einbeziehung aller relevanten Akteure

(Bauherrschaften, Architekt:innen, Fachplaner und Rückbauunternehmen) trägt zur Entwicklung einer konsistenten und langfristigen Projektstrategie bei.

Vorstudien und Materialrecherche

- Durchführung von Machbarkeitsstudien:
  Technische, wirtschaftliche und ökologische Rahmenbedingungen sollten systematisch untersucht werden, um das Wiederverwendungspotenzial einzelner Bauteile zu evaluieren.

- Nutzung digitaler Inventarisierung:
  Die Erfassung möglicher wiederverwendbarer Bauteile mittels digitaler Tools (z. B. BIM) ermöglicht eine detaillierte Dokumentation hinsichtlich Qualität, Schadstoffbelastung und technischer Eigenschaften.

- Abwägung von Wiederverwendungsstrategien:
  Der Vergleich zwischen dem direkten Re-Use und dem Konzept „Design for Disassembly“ kann Aufschluss darüber geben, welche Strategie für das jeweilige Projekt optimal geeignet ist.

Integration in den Entwurfs- und Projektierungsprozess

- Planung unter dem Aspekt der Wiederverwendbarkeit:
  Entwürfe sollten so konzipiert werden, dass spätere Demontage und Wiederverwendung erleichtert werden. Flexible, trennbare Konstruktionssysteme und alternative Materialvarianten bieten hierbei zusätzliche Spielräume.

- Frühzeitige Einbindung spezialisierter Fachplaner:
  Die Integration von Expert:innen aus dem Bereich Kreislaufwirtschaft und Rückbau kann dazu beitragen, fehlendes Wissen in den frühen Projektphasen einfliessen zu lassen.

- Einsatz digitaler Werkzeuge:
  Der Einsatz von Building Information Modeling (BIM) und anderen digitalen Planungsinstrumenten unterstützt die präzise Integration und Verfolgung von Bauteilinformationen.

Ausschreibung, Vertragsgestaltung und Realisierung

- Anpassung der Ausschreibungsunterlagen:
  Die Ausschreibungen sollten klare Qualitätskriterien für wiederverwendete

Bauteile enthalten, wie etwa Anforderungen an Trennbarkeit, Rückführbarkeit und ökologische Bewertung.

- Vertragliche Regelungen:
  Haftungs- und Gewährleistungsfragen sollten bereits in den vertraglichen Vereinbarungen präzise geregelt werden. Übergabeverträge zwischen Quell- und Zielobjekten sowie Fachplanerverträge können dazu beitragen, Risiken und Verantwortlichkeiten transparent zu gestalten.

- Koordination von Logistik und Materialfluss:
  Die frühzeitige Organisation der Beschaffung, Demontage, Lagerung und Aufbereitung der Bauteile ist von zentraler Bedeutung. Eine klare Abstimmung zwischen Rückbauunternehmen und Bauausführenden reduziert Verzögerungen.

5.3 Ausblick

Innerhalb der durchgeführten Experteninterviews wurden Anreize sowie die wirtschaftliche Rentabilität des Bauens mit wiederverwendeten Bauteilen wiederholt thematisiert. Wie entsprechende Anreize gesetzt werden könnten und ob das Bauen mit wiederverwendeten Bauteilen langfristig wirtschaftlich tragfähig ist, bedarf einer vertieften Analyse.

Das Thema steht im öffentlichen Interesse, da nachhaltiges, CO2-minderndes und ressourcenschonendes Bauen von der Politik gefordert wird. Der Markt wird sich entsprechend weiterentwickeln, sodass auch wirtschaftlich orientierte Unternehmen aufgrund attraktiverer nachhaltiger Finanzierungsmodelle sowie verschärfter regulatorischer Vorgaben das zirkuläre Bauen als Lösung anerkennen werden.

Besonders spannend bleibt, wie die Kantone die bundesrechtlichen Vorgaben sowie die gemeinschaftlich erarbeiteten Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MUKEN) umsetzen. Dabei stellt sich die Frage, welche Grenzwerte festgelegt werden und innerhalb welches Zeitraums die Umsetzung erfolgt. Zielsetzung ist, dass alle Kantone ihre Energiegesetze bis 2030 überarbeiten. Die Erfahrungen aus der letzten Revision der MUKEN zeigen jedoch, dass die vollständige Harmonisierung voraussichtlich erheblich länger dauern wird.

Zudem wird von verschiedenen Expert:innen gefordert, dass die Industrie eine grössere Verantwortung übernehmen muss. Gleichzeitig wird erwartet, dass Hersteller aufgrund zunehmender Ressourcenknappheit marktgetrieben handeln werden und sich langfristig

auf nachhaltige Lösungen ausrichten werden. Dies könnte eine entscheidende Chance für das zirkuläre Bauen im grossen Massstab darstellen. Erst wenn eine Standardisierung und Rationalisierung der wiederverwendeten Bauteile gelingt und diese vergleichbar mit konventionellen Neubaukomponenten eingesetzt werden können, wird eine breitflächige Umsetzung im grossmassstäblichen Bau realisierbar sein.

5.4 Methodische Reflexion

In der vorliegenden Arbeit wurden hauptsächlich zwei methodische Ansätze kombiniert: eine umfassende Literaturrecherche sowie qualitative Experteninterviews. Die Literaturrecherche diente der fundierten Erarbeitung des theoretischen Hintergrunds, während die Interviews dazu beitrugen, praxisnahe Einblicke in den Planungsprozess des zirkulären Bauens zu gewinnen. Aufgrund der Aktualität des Themas und des Mangels an quantitativen Daten wurde ein induktiver, qualitativer Ansatz gewählt, der es ermöglichte, neue Erkenntnisse ohne vorgefertigte Hypothesen zu generieren.

Die Wahl dieser Methoden wurde getroffen, da sie einerseits den aktuellen Stand der Forschung und die regulatorischen Entwicklungen detailliert abbilden konnten und andererseits die praktischen Erfahrungen von Fachpersonen im Bauwesen direkt einflossen. Die Kombination beider Ansätze ermöglichte es, theoretische Konzepte mit realen Anwendungserfahrungen abzugleichen.

Zu den Stärken des methodischen Vorgehens zählt die Tiefe der gewonnenen Erkenntnisse. Die qualitativen Interviews lieferten individuelle Perspektiven und deckten spezifische Herausforderungen in den verschiedenen Phasen des Planungsprozesses auf. Gleichzeitig bot die Literaturrecherche einen breiten Überblick über die Entwicklungen im Bereich des zirkulären Bauens, insbesondere hinsichtlich der gesetzlichen und normativen Rahmenbedingungen.

Dennoch traten auch einige Schwächen zutage. In der Auswahl der befragten Expert:innen fehlte teilweise die Perspektive der öffentlichen Hand, obwohl diese als Bauherrschaft und Bewilligungsbehörde eine zentrale Rolle spielt. Zudem gestaltete sich die fortlaufende Aktualisierung der Fachliteratur als herausfordernd, da während der Bearbeitungszeit kontinuierlich neue Publikationen erschienen und Normen angepasst wurden. Auch im Bereich der Digitalisierung erwies sich das Themenfeld als derart umfangreich, dass eine vertiefte Auseinandersetzung im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht möglich war.

Die Durchführung der Interviews verlief insgesamt reibungslos, wenngleich terminliche Abstimmungen und zeitliche Engpässe zu Verzögerungen führten. Die qualitative Inhaltsanalyse ermöglichte eine systematische Auswertung der erhobenen Daten, wobei die Zuordnung der Antworten zu den vorab definierten Themenblöcken erfolgte. Diese strukturierte Herangehensweise trug dazu bei, die in den Interviews erarbeiteten Muster und Erkenntnisse übersichtlich darzustellen.

Die gewählten Methoden haben die Ergebnisse nachhaltig beeinflusst. Praxisnahe Erfahrungen und spezifische Herausforderungen aus den Interviews flossen direkt in die Schlussfolgerungen ein, während die Literaturrecherche ein umfassendes theoretisches Fundament bereitstellte.

Für zukünftige Arbeiten wäre es ratsam, den methodischen Ansatz durch die Einbeziehung weiterer Perspektiven, beispielsweise durch zusätzliche Fallstudien oder quantitative Erhebungen, zu ergänzen. Eine intensivere Auseinandersetzung mit digitalen Tools und deren Integration in den Planungsprozess könnte ebenfalls dazu beitragen, das Themenfeld noch umfassender zu beleuchten.

Literaturverzeichnis

aardeplan ag, Energieagentur & Visiobau (2017). Graue Energie von Neubauten. Ratgeber für Baufachleute. Bern: EnergieSchweiz Bundesamt für Energie BFE.

Abegg, A., Stricker, E., Huser, M., Menn, A. & Streiff, O. (2021). Die Wiederverwendung von Bauteilen. Ein Überblick aus rechtlicher Perspektive. Zürich: DIKE Verlag

Adler, J. & Christer, J. (2024). SIA-Aktionsplan Klima. Gefunden unter https://www.sia.ch/de/cms/node/28446

Ellen Mac Arthur Foundation, (2015). Towards a circular economy. Business rationale for an accelerated transition. Ellen Mac Arthur Foundation.

ENDK (ohne Datum). MUKEN. Gefunden unter https://www.endk.ch/de/energiepolitik-der-kantone/muken

ETH Zürich (2019). Map Planungs- und Bauprozess. Gefunden unter https://map.arch.ethz.ch/artikel/51/planungs-und-bauprozess

Fischer, D. (2022). Espazium. Gefunden unter https://www.espazium.ch/de/aktuelles/kreislaufwirtschaft-interview-jo-dunkel-marc-loeliger

Fischer, D. & Pyschny, D. (2023) Abfallhierarchie. Nbau. Gefunden unter https://www.nbau.org/2023/08/30/abfallhierarchie/

Hebel, D. (2016). Ressource Stadt. Departement Architektur. Gefunden unter https://arch.ethz.ch/news-und-veranstaltungen/lehre-forschung/archives/ressource-stadt.html

in situ (2024). Baubüro in situ. Kopfbau Halle 118. Gefunden unter https://www.insitu.ch/projekte/196-k118-kopfbau-halle-118

Kreiss, L., Zabek, M., Dahmen, A., Dosch, K., Albrecht, A., Ketzler, J., Porz, A., Milling, M. & Buffard, H. (2022). Baustelle Ressourcenwende. Architektur Planungshandbuch. Düren: Rebau.

Pfäffli, K. (2020). Graue Energie und Treibhausgasemissionen von wiederverwendeten Bauteilen. Methodik und Berechnung in Varianten am Fallbeispiel K118 in Winterthur. Zürich: Stadt Zürich Amt für Hochbauten, Fachstelle nachhaltiges Bauen.

Gurtner, N. & Starovicova, B. (2023). Wiederverwendung in der schweizerischen Bauindurstrie. Potentiale, Herausforderungen und Ansatzpunkte. Bern: Berner Fachhochschule, Departement Wirtschaft und Departement Architektur, Holz und Bau.

Salza & Matériuum (2020). Wiederverwendung Bauen. Aktuelle Situation und Perspektiven: Der Fahrplan“. Bern: Bundesamt für Umwelt.

SBB Immobilien Development (2021). Beilage - Masterplan Werkstadt Zürich. Zürich: SBB Immobilien Development

Schneider, J. & Gehrer, I. (2024). Die Reduktion Der Grauen Energie Sorgt Für Eine bessere Ressourcenbilanz. Gefunden unter https://www.pom.ch/de/bauen-auf-pump

Schweizer Baumeisterverband (2025). Nachhaltigkeit am Bau. Gefunden unter https://baumeister.swiss/baumeister-5-0/nachhaltigkeit/

SIA (2014). Modell Bauplanung. Verständigungsnorm SIA 112:2014. Zürich: SIA

Stricker, E., Guido, B., Sonderegger, A, Angst, M., Buser, B. & Massmünster, M. (2021). Bauteile wiederverwenden. Ein Kompendium zum zirkulären Bauen. Zürich: Park Books.

Tobler, M. (2024). MuKEn 2025: Gut, aber noch nicht gut genug. Energiestiftung. Gefunden unter https://energiestiftung.ch/medienmitteilung/muken-2025-gut-aber-noch-nicht-gut-genug

UFAM, Bundesamt für Umwelt BAFU (2022). Treibhausgasemissionen der Gebäude. Gefunden unter https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/thema-klima/klima--daten--indikatoren-und-karten/daten--treibhausgasemissionen-der-schweiz/treibhausgasinventar/treibhausgasemissionen-der-gebaeude.html

UFAM, Bundesamt für Umwelt BAFU (2024). Ressourcenverbrauch. Gefunden unter https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/thema-wirtschaft-und-konsum/fachinformationen-wirtschaft-und-konsum/ressourcenverbrauch.html

UFAM, Bundesamt für Umwelt BAFU (2025). Rohstoffe, Abfall und Kreislaufwirtschaft: Das Wichtigste in Kürze. Gefunden unter https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/thema-abfall/abfall-das-wichtigste-in-kuerze.html

UVEK, Bundesamt für Umwelt BAFU (2024). Gesetzesänderungen zur Stärkung der Schweizer Kreislaufwirtschaft treten mehrheitlich ab 2025 in Kraft . Gefunden unter https://www.uvek.admin.ch/uvek/de/home/uvek/medien/medienmitteilungen.msg-id-103116.html

Wüest und Partner (2020). Studie zur Kreislaufwirtschaft. Strategien im Umgang mit Bestandsbauten. Zürich: Wüst und Partner.

Anhang

Anhang 1: Liste der angefragten Expert:innen

Anhang 2: Interviewleitfaden

Anhang 3: Inhaltliche Zusammenfassungen der Experteninterviews

Ehrenwörtliche Erklärung

Ich versichere hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit mit dem Thema „ Zirkuläres Bauen - Wiederverwendete Bauteile und ihre Integration in den Planungsprozess“ selbstständig verfasst und keine anderen Hilfsmittel als die angegebenen benutzt habe.
Alle Stellen die wörtlich oder sinngemäss aus veröffentlichten oder nicht veröffentlichten Schriften entnommen sind, habe ich in jedem einzelnen Falle durch Angabe der Quelle (auch der verwendeten Sekundärliteratur) als Entlehnung kenntlich gemacht.

Die Arbeit hat in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegen und wurde auch noch nicht veröffentlicht.

Zürich, den 25.02.2025

_____