



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN

DIPLOMARBEIT / MASTER THESIS

**Kreislauffähigkeitspotential von Holzhausbauten in Theorie und Praxis -
ökonomische und ökologische Aspekte des Re-Use-Potentials**

**Circularity potential of timber buildings in theory and practice –
economic and ecological aspects of the re-use potential**

unter der Leitung von

Senior Lecturer Dipl.-Ing. Sigrun SWOBODA

E 259-1 Forschungsbereich Digitale Architektur und Raumplanung

und

Senior Scientist Dipl.-Ing. Dr. techn. Ulrich PONT

E 259-3 Forschungsbereich Bauphysik und Bauökologie

Institut für Architekturwissenschaften

eingereicht an der

Technischen Universität Wien

Fakultät für Architektur und Raumplanung

von

Philip Gideon Riedel, BSc.

01526626

Wien, am 11. Dezember 2024



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

KURZFASSUNG

Österreich ist dank seiner geografischen und klimatischen Bedingungen im Herzen Europas besonders reich an Wäldern und verfügt daher über umfangreiche Holzvorräte. Diese natürlichen Ressourcen machen die Produktion und Verarbeitung von Holz, insbesondere im bzw. für das Bauwesen, zu einem bedeutenden Wirtschaftszweig. Hier spielt Holz aufgrund seiner ökologischen, nachhaltigen und vielseitigen Eigenschaften seit langem eine zentrale Rolle. 2018 wurde knapp ein Viertel der in Österreich errichteten Bauten im Hochbau aus Holz gebaut (proHolz Austria, 2022).

Folgt man der den Hochbau aus Holz regulierenden Norm (*ÖNORM B 2320*, 2022) sollten Holzhäuser (und damit die konstruktiven Bauteile) eine Lebensdauer aufweisen, die die übliche Nutzungsdauer deutlich übersteigt. Würden solche Häuser nach Ablauf der jeweiligen Nutzungsdauer abgerissen, bliebe das Potential vergleichsweise hochwertiger Bauteile im Hinblick auf Ressourcenverbrauch, CO₂-Emissionen und Energieaufwand weitgehend ungenutzt bzw. würde verschwendet werden. Andererseits ist zu erwarten, dass Holzfertigteile nach einer Nutzungsdauer von etwa 30 Jahren nicht mehr den aktuellen, sich ständig weiterentwickelten baurechtlichen Vorgaben, beispielsweise in den Bereichen Wärmeschutz, Schallschutz und Brandschutz, entsprechen. Um die Wiederverwendung von Holztafelementen stärker zu forcieren, ist es daher erforderlich, die Bauteile so aufzubereiten und zu bearbeiten, dass sie den aktuellen Standards wieder entsprechen.

In diesem Spannungsfeld gibt es aktuell vergleichsweise wenig Forschungsbemühungen, weshalb die Thematik für eine vertiefende Untersuchung als äußerst relevant erscheint. Mit der vorliegenden Masterthese soll dazu ein entsprechender Beitrag geleistet werden.

Sowohl in theoretischen Überlegungen als auch praktischen Ansätzen wird das Wiederverwendungspotential von vorgefertigten Holztafelementen analysiert, um den Beitrag zur Förderung der Kreislaufwirtschaft durch eine verlängerte Nutzungsdauer (möglicherweise in verschiedenen Bauwerken) aufzuzeigen. Zu diesem Zweck wird das Re-Use-Potential eines Musterhauses ausgewertet, dessen Demontage im Zuge des Projektes begleitet und dokumentiert wurde sowie diverse Möglichkeiten der neuerlichen Verwendung der demontierten Bauteile in unterschiedlichen Entwurfsansätzen verglichen.

Die Ergebnisse dieser Arbeit sollen Potentiale aufzeigen, wie die Wiederverwendung von Fertigteilen dazu beitragen kann, eine nachhaltigere Bauwirtschaft zu fördern.

Stichwörter

Re-Use-Potential, Wiederverwendung von Bauteilen, Holztafelbau, Demontage, Fertigteile, Fertighaus, Vorfertigung, Kreislaufwirtschaft, Lebenszykluskosten, Nachhaltigkeit, Adaptieren von Bauteilen, Bauteildatenbank, Kleingartenwohnhaus.

ABSTRACT

Austria, thanks to its geographical and climatic conditions in the heart of Europe, is particularly rich in forests and therefore possesses extensive timber reserves. These natural resources make timber production and processing a significant economic sector, especially in building construction. Here, wood has been playing a key role due to its ecological, sustainable, and versatile properties. In 2018, nearly a quarter of buildings of newly constructed buildings in Austria were majorly made of timber (proHolz Austria, 2022).

According to the pertinent standard (*ÖNORM B 2320*, 2022), wooden houses (and thus its components) should have a lifespan that significantly exceeds the usual service life. If such houses are demolished after their intended usage period, the potential of relatively high-quality building components in terms of resource consumption, CO₂ emissions, and energy expenditure would remain untapped and thus wasted. However, it can be expected that wooden prefabricated parts after decades presumably do not meet current regulations, such as those concerning thermal protection, noise dampening, or fire safety. Thus, to promote the reuse of wooden panel elements, it is therefore necessary to process updates on the components so that they meet current standards.

There is currently comparatively little research on this issue, which makes it highly relevant for further investigation. The aim of this thesis is to contribute to this field.

Both in theoretical considerations and practical approaches, the reuse potential of prefabricated wooden elements is analysed to highlight any potential contribution to promoting the circular economy through extended service life. The reuse potential of a sample house is evaluated, whose dismantling was accompanied and documented as part of the project, and various options for the subsequent use of the dismantled components are compared in different design approaches.

The results of this thesis aim to demonstrate how the reuse of prefabricated components can help promote a more sustainable construction industry.

Keywords

Reuse potential, reuse of components, timber construction, prefabricated elements, prefabricated house, circular economy, life cycle costs, sustainability, adaption of components, component database, small houses

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Hiermit versichere ich, dass die vorliegende Arbeit von mir selbstständig verfasst und keine als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet wurden. Alle Stellen dieser Arbeit, welche wörtlich oder sinngemäß aus anderen Quellen herangezogen wurden, sind als solche gekennzeichnet.

Diese Arbeit wurde in dieser oder anderer Form bislang noch keiner Prüfungsbehörde vorgelegt.

Die von mir verfassten Textabschnitte wurden teilweise mit dem Onlinetool *ChatGPT* sprachlich überprüft. Hierbei wurde der KI folgende Anweisung gegeben:

„Bitte lies folgende Absätze meiner Diplomarbeit Korrektur und überarbeite diese gegebenenfalls sprachlich zum besseren Verständnis und Lesefluss, ohne dabei den Sinn zu verändern.“

Wien, am 11.12.2024

Philip Gideon Riedel

DANKSAGUNG

Mein besonderer Dank gilt meinen beiden Betreuer*innen Dipl.-Ing. Sigrun Swoboda und Dipl.-Ing. Dr. techn. Ulrich Pont. Beiden möchte ich für die äußerst motivierende und kompetente Unterstützung während des Projektes, im Besonderen jedoch bei der Erstellung meiner Diplomarbeit herzlich danken.

Ausdrücklich möchte ich mich auch bei Dipl.-HTL-Ing. Peter Schober für die spannenden Hintergrundinformationen zum Thema Holzbau und speziell für die fachkundige Hilfe über das gesamte Projekt hinweg bedanken.

Ebenso möchte ich dem Fachverband der Holzindustrie für die Möglichkeit danken, im Zuge der Mitwirkung am gegenwärtigen Projekt die Diplomarbeit verfassen zu dürfen. Die Zugänglichmachung diverser Datenquellen, Projektunterlagen, Kontaktinformationen und vor allem für die Organisation der Begleitung der Demontage eines bestehenden Fertighauses in der Blauen Lagune waren dabei wichtige Voraussetzungen, welche wir dem Fachverband zu verdanken haben.

Großer Dank gilt auch den Fertighausfirmen Hartl und Elk für die ermöglichten Werkbesichtigungen und anregenden Unterhaltungen. Besonders sind hierbei die Bemühungen und Übermittlung weiterführender Informationen von Baumeister Jürgen Hahn hervorzuheben.

Meinem Arbeitskollegen und Kommilitonen Alex Ladentrog danke ich für die konstruktive Zusammenarbeit im letzten Jahr.

Darüber hinaus möchte ich mich bei meinen StudienkollegInnen bedanken, die im Laufe der Zeit an der TU Wien zu Freunden wurden und mir während des Studiums, wie auch in der finalen Phase meiner Abschlussarbeit zur Seite gestanden sind. Danke Aron, Benjamin, Emanuel und Philipp. Im Besonderen gilt mein Dank meiner guten Freundin Steffi, die mich während der gesamten Zeit aktiv unterstützt und motiviert hat. Außerdem war es auch ihrer Initiative zu verdanken, dass ich diese Diplomarbeit bearbeiten durfte. Für all das möchte ich ihr von Herzen danken.



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

INHALT

1	Einleitung	1
1.1	Überblick und Aufbau der Arbeit	3
1.2	Motivation	5
1.3	Hintergrund	10
1.4	Zielsetzung und Forschungsfragen	13
TEIL 1 RE-USE VON HOLZFERTIGTEILEN		14
2	Grundlagen	14
2.1	Wiederverwendung von Bauteilen	14
2.1.1	Kreislaufwirtschaft	14
2.1.2	Wiederverwendung	16
2.1.3	Nachhaltigkeit und Suffizienz	18
2.2	Kreislaufpotential im Holzbau	18
2.3	Technische Grundlagen: Vorgefertigter Holzbau	20
2.3.1	Fertighäuser	20
2.3.2	Serielle Vorfertigung	21
2.3.3	Bauteilfügung	22
2.4	Wirtschaftliche Grundlagen	24
2.4.1	Vorfertigung	24
2.4.2	Nutzungsdauer	24
2.4.3	Kostenberechnung mit Kennwerten	25
2.4.4	Baukostenindex	25
2.5	Grundlagen der Nachhaltigkeit	26
2.5.1	Oekoindex OI3	26
2.5.2	Global Warming Potential (GWP)	26
2.5.3	Lebenszyklusphasen	28
2.5.4	Lebenszyklusanalyse (LCA)	28
2.6	Rechtsgrundlagen	30
2.6.1	Geprüfte Aufbauten	30

2.6.2	EU-Taxonomie	30
2.6.3	Stellung wiederverwendeter Bauteile	30
3	Methoden	31
3.1	Demontage: Perspektiven des Rückbaus	31
3.1.1	Erörterung des Re-Use-Potentials	31
3.1.2	Vorbereitende Maßnahmen	32
3.1.3	Demontage der Tafelbauelemente	34
3.1.4	Transport	36
3.2	Auswertung: Berechnung des Re-Use-Potentials	37
3.2.1	Bestandsaufnahme und Gliederung	39
3.2.2	Massenauswertung	40
3.2.3	Kostenauswertung	41
3.2.4	Emissionsauswertung	45
3.3	Remontage: Re-Use-Anteil am Neubau	47
3.3.1	Wiederverwendung 1:1	48
3.3.2	Wiederverwendung angepasster Bauteile	48
3.3.3	Wiederverwendung ertüchtigter Bauteile	49
3.3.4	Beispiele zur Evaluierung des Re-Use-Anteils	49
4	Ergebnisse und Diskussion	55
4.1	Demontage: Rückbau des Hauses EH 251	55
4.1.1	Dokumentation der Demontage	55
4.1.2	Wiederverwendete Bauteile	63
4.1.3	Entsorgte und recycelte Bauteile	64
4.2	Auswertung: Re-Use-Potential des Hauses D	65
4.2.1	Zustandsbewertung	65
4.2.2	Ergebnis der Massenauswertung	66
4.2.3	Ergebnis der Kostenauswertung	67
4.2.4	Ergebnis der Emissionsauswertung	68
4.2.5	Zusammenfassung	69
4.3	Remontage: Re-Use Anteil im Vergleich	70

4.3.1	Benchmark Musterhaus	70
4.3.2	Re-Use Anteil Entwürfe Studierender	70
4.3.3	Re-Use Anteil mehrgeschossiger Wohnbau	72
4.3.4	Re-Use Anteil Kleingartenwohnhaus	72
4.3.5	Gegenüberstellung des Re-Use Anteils	73
TEIL 2 ENTWURF MIT WIEDERVERWENDETEN HOLZTAFELELEMENTEN		74
5	Entwurfsgrundlagen	74
5.1	Bauplatz	74
5.2	Nutzung und Raumprogramm	75
5.2.1	Nutzung	75
5.2.2	Raumprogramm	75
5.3	Bauen im Kleingarten	76
5.3.1	Ausnutzbarkeit des Kleingartens	76
5.3.2	Gebäudegröße	77
6	Entwurf	78
6.1	Entwurfsbeschreibung	78
6.2	Wiederverwendung der Bauteile	83
6.2.1	Wände	83
6.2.2	Decken	84
6.3	Re-Use Anteil	84
7	Schlussfolgerung	85
7.1	Perspektiven des Rückbaus	85
7.1.1	Aspekte des Um- und Rückbau-Potentials	85
7.1.2	Kosten und Nachhaltigkeit im Vergleich	86
7.1.3	Re-Use Anteil unterschiedlicher Entwurfsansätze	87
7.2	Anwendbarkeit auf kleine Systembauten	88
7.3	Ausblick und künftige Forschung	88
7.4	Limitierungen dieser Studie	90
8	Erklärung zur Zusammenarbeit	91
9	Index	92

9.1	Abbildungsverzeichnis	92
9.2	Tabellenverzeichnis	93
10	Literatur	94
11	Anhang	100
A.	Auswertungstabellen	100
B.	Bauteildatenblätter	102
C.	Bauen im Kleingarten	108
D.	Pläne	115

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

<i>Abs.</i>	Absatz (Gesetzestexte)
BGF	Bruttogeschoßfläche
BFW	Bundesforschungszentrum für Wald
BKI	Baukosteninformationszentrum
BO	Bauordnung
BRI	Bruttorauminhalt
CAD	Computer Aided Design
CNC	Computerized Numerical Control
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
EFH	Einfamilienhaus
EPS	Expandiertes Polystyrol
EU	Europäische Union
GWP	Global Warming Potential
HCW	Hilti Wood Connector
IBO	Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie
KGV	Kleingartenverein
KI	Künstliche Intelligenz
LCA	Life Cycle Assessment / Lebenszyklusanalyse
ML	Maschinelles Lernen
OIB RL	Richtlinien des Österreichischen Instituts für Bautechnik
<i>vH</i>	von Hundert (Prozentanteil)
WBO	Wiener Bauordnung



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

1 EINLEITUNG

Im Jahr 1972 veröffentlichte der *Club of Rome*, multinationale Denkfabrik, die bis heute einflussreiche Studie „*Die Grenzen des Wachstums*“ – „*Limits to Growth*“ (The Club of Rome, 2024). Eine zentrale Aussage der Publikation ist, dass unkontrolliertes Wachstum in einer begrenzten Welt langfristig nicht nachhaltig ist. Die Studie prognostiziert, dass ohne gezielte Eingriffe sowohl die exponentielle Zunahme der Bevölkerung als auch der Ressourcenverbrauch anhalten und die Belastungsgrenzen des Planeten letztlich überschreiten würden (Luger, 2024). Diese Publikation löste eine globale Debatte über nachhaltige Entwicklung und den bewussten Umgang mit Ressourcen aus.

Seit der Veröffentlichung der Studie des *Club of Rome* hat sich der globale Materialverbrauch drastisch erhöht: Innerhalb von 50 Jahren stieg er von 28,6 Gigatonnen (1972) auf über 100 Gigatonnen im Jahr 2019, was nahezu einer Vervierfachung entspricht (Circle Economy, 2022, S. 9). Die im Bericht *Limits to Growth* aufgezeigten Herausforderungen beschäftigen unsere Gesellschaft auch heute noch.

Der aktuelle *Circularity Gap Report* weist darauf hin, dass etwa 40 % der globalen Treibhausgasemissionen auf den Bau, die Nutzung und den Abriss von Gebäuden entfallen. Zudem verursachen Errichtungs- und Abbruchprozesse nahezu ein Drittel des weltweiten Materialverbrauchs (Circle Economy, 2024).

Der weltweite *Circularity Gap* – der Anteil an Materialien, die nicht aus einem vorherigen Lebenszyklus stammen – liegt weiterhin über 90 %. Erschwerend kommt hinzu, dass der Anteil an Ressourcen aus der Kreislaufwirtschaft zwischen 2018 und 2023 von 9,1 % auf 7,2 % gesunken ist. Dies ist vor allem auf den steigenden Gesamtverbrauch des globalen Wirtschaftssystems zurückzuführen: Allein in den letzten sechs Jahren wurden über eine halbe Billion Tonnen Materialien verbraucht – beinahe so viel wie im gesamten 20. Jahrhundert (Circle Economy, 2024, S. 8 f.). Diese Zahlen verdeutlichen den dringenden Handlungsbedarf im Bereich der Kreislaufwirtschaft, insbesondere im Bauwesen, um das übergeordnete Ziel des Klimaschutzes zu erreichen.

Die Republik Österreich verfügt grundsätzlich über ausgezeichnete Voraussetzungen, den eigenen Ressourcenverbrauch und die damit verbundenen Treibhausgasemissionen erheblich zu reduzieren. Dies liegt insbesondere daran, dass das Land über ein enormes Potential an reichlich vorhandenen, nachwachsenden Rohstoffen wie Holz verfügt.

Rund 48 % des österreichischen Staatsgebietes ist von Wäldern bedeckt, was auf das dafür günstige, gemäßigte Klima, reichhaltige Niederschläge und die fruchtbaren Böden zurückzuführen ist. Die vom *Bundesforschungszentrum für Wald* (BFW) empfohlene Mischung aus Nadel- und Laubwäldern bietet die ideale Grundlage für eine nachhaltige Holzwirtschaft (BFW, 2016, S. 2). In vielen Publikationen wird auf die Anpassung zu ausgeglichenen Mischwäldern hingewiesen, da diese am besten die nachhaltige Nutzung unterstützen.

„Alle 40 Sekunden wächst ein Haus“ schreibt proHolz Austria*.

Die Faktenlage zur potenziellen Holznutzung in Österreich wirkt fast surreal:

- ◆ Pro Jahr wachsen in Österreich 29,2 Millionen Kubikmeter Holz.*
- ◆ Schon 1/3 davon wären alle neuen Hochbauten eines Jahres in Österreich.*
- ◆ Alle 40 Sekunden wächst ein Einfamilienhaus nach.*
- ◆ Pro Tag sind das 2000 Häuser aus Holz.*

*(proHolz Austria, 2024)

Trotz dieser grundlegend günstigen Ausgangslage für nachhaltige Bauwerke ist auch die Bauwirtschaft gefordert, einen zusätzlichen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten und den Übergang zu einer kreislauffähigen Bauweise zu unterstützen. Besonders Systembauwerke und Fertighäuser aus Holz bieten diesbezüglich ein aktuell kaum genutztes Potential für die kreislaufwirtschaftliche Ansätze im Bauwesen.

Nachfolgend wird die Struktur der Arbeit erläutert, um einen Überblick über den Aufbau und Inhalt zu geben. Zunächst wird die zugrundeliegende Motivation zum Thema Fertighaus und Holzbau im Kontext der Kreislaufwirtschaft beschrieben. Anschließend werden die Beteiligten vorgestellt, die maßgeblich zur Erstellung der Arbeit beigetragen haben. Abschließend werden die Zielsetzung sowie die Forschungsfragen, die den Kern dieser Arbeit bilden, dargelegt.

1.1 Überblick und Aufbau der Arbeit

Da der Umfang der Thematik dieser Arbeit, vergleichsweise groß ist, entstanden zwei Diplomarbeiten zum Rahmenthema. Dabei wurde von den beiden Master-Architektur Studierenden Alexander Ladentrog und Philip Gideon Riedel bei der grundlegenden Erarbeitung der Inhalte zusammengearbeitet. Jeder der beiden Verfasser fokussierte dabei auf individuelle Aspekte, jedoch sind beide Masterthesen, auch durch die Komplexität der Materie, eng miteinander verwoben.

Im Rahmen der Recherche und Dokumentation wurden unter anderem Werksbesichtigungen der Fertighausfirmen HAAS und ELK durchgeführt sowie die Demontage eines Fertighauses in der Blauen Lagune begleitet.

Die parallel erstellte Diplomarbeit von Alexander Ladentrog konzentriert sich auf die technischen Aspekte vorgefertigter Holzbauteile und die Fügung von Holztafelementen mit unterschiedlichen Konstruktionsaufbauten (Ladentrog, 2024). In Kapitel 2.3 *Serielle Vorfertigung* wird die Herstellung von Bauteilen in Holztafelbauweise anhand der Werksbesichtigungen anschaulich beschrieben. Darüber hinaus entstand im Zuge des Arbeitsprozesses eine Bauteildatenbank zur Dokumentation demontierter Fertigteile, deren Aufbau im Kapitel 4.2 von Alexander Ladentrog's Thesis erläutert wird. Diese Datenbank, die vor allem von A. Ladentrog entwickelt und befüllt wurde, dient unter anderem als Grundlage für diverse Entwürfe, die in den Arbeiten vorgestellt werden.

Die vorliegende Arbeit von Philip Gideon Riedel widmet sich hingegen den ökologischen und ökonomischen Aspekten wiederverwendeter Holztafelemente und deren Kreislaufpotential. Sie gliedert sich grundlegend in zwei Hauptteile:

Teil 1 | Re-Use von Holzfertigteilen

Dieser Abschnitt behandelt die wesentlichen Schwerpunkte, die für die Wiederverwendung von Holztafelbauteilen im Sinne der Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit erforderlich sind. Konkret wird die Demontage vorgefertigter Holzrahmenelemente beschrieben, das Re-Use-Potential in Bezug auf Masse, Kosten und CO₂-Emissionen untersucht sowie die unterschiedlichen Möglichkeiten der Wiederverwendung aufgezeigt. Darüber hinaus wird der Re-Use-Anteil unterschiedlicher Entwurfs-Ansätze verglichen.

Zunächst werden jedoch die Grundlagen der bearbeiteten Themen aufbereitet. Anschließend werden die angewandten Methoden erläutert, gefolgt von einer Präsentation der Ergebnisse, die im Anschluss diskutiert werden.

Teil 2 | Entwurf mit wiederverwendeten Holztafelementen

In diesem Abschnitt werden die im ersten Teil angesprochenen Herausforderungen in eine exemplarische Umsetzung übertragen. Es wird ein Kleingartenwohnhaus entworfen, das (hypothetisch) überwiegend aus den Bauteilen der Datenbank gefertigt werden soll. Besondere Herausforderungen liegen dabei in der Erfüllung der Anforderungen des Kleingartengesetzes (Wiener Kleingartengesetz, 1996), den daraus resultierenden kleinen Strukturen und der überwiegenden Verwendung von Re-Use-Bauteilen in einem übergreifenden Entwurf.

Den Abschluss der Arbeit bildet eine gemeinsame Schlussfolgerung, in der die gesammelten Erkenntnisse aus der theoretischen Beschreibung und der exemplarischen Anwendung zusammengeführt werden. Darüber hinaus wird aufgezeigt, welche Schlüsse im Hinblick auf die Forschungsfragen gezogen werden können.

Wie bei wissenschaftlichen Arbeiten üblich, sind die verwendeten Referenzen, Abbildungen und Tabellen in den zugehörigen Verzeichnissen angeführt.

Inhalte, die aufgrund ihres Umfangs, ihrer Form oder ihrer Detailtiefe nicht im Hauptteil berücksichtigt werden konnten, sowie weiterführende Ergebnisse der beschriebenen Ansätze sind im Anhang zu finden.

Zur besseren Lesbarkeit wird in dieser Diplomarbeit das generische Maskulinum verwendet jedoch werden vorrangig geschlechtsneutrale Bezeichnungen gewählt. Die in dieser Arbeit verwendeten Bezeichnungen beziehen sich grundsätzlich auf alle Geschlechter.

1.2 Motivation

In Österreich ist laut der Kreislaufwirtschaftsstrategie die Bauwirtschaft einer der größten Verbraucher von Ressourcen und nennt daher diese Branche als eine Schlüsselbranche für eine Transformation von rein linearem Wirtschaften zu verstärkt zirkulärem Wirtschaften. Die Entwicklung von ressourcenschonenderen Bauweisen und zirkulärem Einsatz von Baumaterialien, Bauteilen und ganzen Gebäudeteilen – wie in dem Strategiedokument genannt – erfordert jedoch wesentliche Schritte in frühen Planungsphasen bei Neubauten (hier wird von Konzeption, Planung und Ausschreibung gesprochen), aber auch bei Sanierungen. Die Raumplanung, die Baukultur, aber auch die Verwendung von standardisierten Daten über Gebäude, Bauteile und Materialien erscheinen hier Schlüsselansätze zu sein (BMK, 2022, S. 52 f.). Als zentrale Ziele für die Bauwirtschaft schlägt Strategie die folgenden vor (die für diese Arbeit wesentlichen Aspekte sind fett hervorgehoben):

- **„Gebäude werden kreislaforientiert unter Berücksichtigung aller Lebenszyklusphasen (Produktion und Errichtung, Nutzung, Entsorgung) einschließlich relevanter Gutschriften und Lasten außerhalb der Systemgrenze entwickelt. Der Fokus liegt dabei auf Langlebigkeit, Nutzungsflexibilität, Wartungsreduktion (z. B. durch Lowtech-Anwendungen), modularer Bauweise, Trennbarkeit, Wiederverwendbarkeit von Bauteilen, Rezyklierbarkeit der verwendeten Baustoffe sowie auf der Verwendung eines möglichst hohen Anteils an nachhaltigen Baustoffen und Sekundärbaustoffen.**
- Die **Nutzungsdauer** von bestehenden Gebäuden wird durch Wartung und Sanierung verlängert. Bei der Sanierung liegt der Fokus auf der Verbesserung der Energieeffizienz, **der Reduktion des Energieverbrauchs bzw. von CO₂-Emissionen, der Trennbarkeit und Wiederverwendbarkeit von Bauteilen sowie auf der Verwendung eines möglichst hohen Anteils an nachhaltigen Baustoffen und Sekundärbaustoffen.**
- Die **stoffliche Verwertung von Bodenaushubmaterial, Bau- und Abbruchabfällen wird, sofern ökologisch und ökonomisch zweckmäßig, erhöht. Erreicht wird das durch verbesserte Trennung beim Rückbau bzw. Abbruch, Entfernung von Schadstoffen, verwertungsorientierten Rückbau sowie neue Verwertungstechnologien und Geschäftsmodelle.**“ (BMK, 2022, S. 52 u 53)

Als Maßnahmenbündel nennt die Kreislaufwirtschaftsstrategie die Themenbereiche *Bevorzugte Förderung von ressourcenschonenden und zirkulären Bauweisen, Nachhaltige Beschaffung im Hoch- und Tiefbau, Verlängerung der Nutzungsdauer von Gebäuden sowie Bauprodukten und Wiederverwendung, Recycling und Verwertung stärken.*

In nachstehender Tabelle 1 werden die in der Strategie in diesen Themenbereichen genannte Einzelmaßnahmen dargestellt, die opportun für die Erreichung der übergeordneten Ziele erscheinen. Für diese Arbeit unmittelbar und mittelbar relevante Maßnahmen sind fett hervorgehoben.

Tabelle 1 Maßnahmenbündel und zugehörige Einzelmaßnahmen (BMK, 2022) **unmittelbar relevant = fett**

Bevorzugte Förderung von ressourcenschonenden und zirkulären Bauweisen	Reduktion der eingesetzten Baustoffmengen bzw. Erhöhung der Materialeffizienz.
	Gebäudeplanung, die Bauweisen fördert, welche eine möglichst einfache Trennung und Demontage sowie eine möglichst hohe Flexibilität in der Konstruktion im Fall von Nutzungsänderungen ermöglicht (z. B. durch entsprechende Gestaltung von Grundrissen, Raumhöhen etc.).
	Bauweisen, die eine möglichst einfache Trennung und Demontage ermöglichen, um sowohl einen sortenreinen Abbruch als auch einen einfachen Umbau zu ermöglichen (z. B. modulares Bauen, Einsatz demontierbarer Bauteile und Systembauweisen, unter Umständen verbunden mit Pfand- oder Rückkaufsystemen etc.).
	Einsatz von Verbundbaustoffen nur bei nachgewiesener Kreislauffähigkeit.
	Erarbeitung einer OIB-Richtlinie oder ÖNORM zur Umsetzung der Grundanforderung 7 (Nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen) der Bauprodukteverordnung (EU/305/2011) in Österreich.
Nachhaltige Beschaffung im Hoch- und Tiefbau	Weitestgehende Anwendung der Hoch- und Tiefbaukriterien des Nationalen Aktionsplans für eine nachhaltige öffentliche Beschaffung (naBe) bei Beschaffungen durch alle öffentlichen Auftraggeber
	Implementierung von Anreizsystemen zur Anwendung der naBe-Kriterien im Hoch- und Tiefbau bei Beschaffungsaktivitäten durch nichtöffentliche Einrichtungen, Unternehmen und Privatpersonen sowie Berücksichtigung bei der Vergabe von Wohnbauförderungen durch die öffentliche Hand sowie bei Förderungen im Bereich Siedlungswasserbau und bei Gewerbeansiedelungen
	Verpflichtende Rückbaukonzepte für Gebäude bereits beim Neubau
	(Finanzielle) Förderungen für Umsetzung kreislauffähiger Bauprodukte/Bauweisen (z. B. Zuschläge für die Umsetzung des nachhaltigen Bauens etwa mit nachwachsenden Rohstoffen in den Wohnbauförderungen).
Verlängerung der Nutzungsdauer von Gebäuden sowie Bauprodukten	Anstreben einer österreichweiten Bewilligungspflicht für den Rückbau bzw. Abbruch von Gebäuden und Erweiterung des Entscheidungsrahmens der Behörden unter Einbeziehung der ökologischen Zweckmäßigkeit.
	Grundsätzliche Priorisierung von Sanierung vor Neubau. Verlängerte Nutzungsdauer von bestehenden Gebäuden durch fiskalische, rechtliche Maßnahmen und Förderinstrumente stimulieren.
	Umsetzung multifunktionaler (Nach-) Nutzungskonzepte einschließlich der Möglichkeit für geringfügige bauliche Änderungen bei der Einreichung von Baubewilligungen.
Wiederverwendung, Recycling und Verwertung stärken	Schaffung eines praxisorientierten Rechtsrahmens für Reuse von Bauteilen insbesondere im Zuge der Revision der EU-Bauprodukteverordnung (vor allem bezüglich CE-Kennzeichnung, vorausgesetzt, dass grundlegende Anforderungen an Bauwerke für „Nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen“ auf EU-Ebene festgelegt werden, Haftungsrecht).
	Schließen von stofflichen Verwertungskreisläufen von Bodenaushubmaterial, mineralischen Baustoffen (insbesondere Gips, Asphalt, Beton), Metallen, Kunststoff, Glas und Holz mit hohem Verwertungspotential und Sekundärrohstoffnachfrage, durch entsprechende rechtliche Maßnahmen (Deponieverbote, Verwertungsgebote) nach Prüfung der ökonomischen und ökologischen Zweckmäßigkeit und Einführung von materialspezifischen Mindestanteilen von Recyclingbaustoffen und Sekundärrohstoffen in ausgewählten Produkten.
	Schaffung von finanziellen Anreizen für Recyclingprodukte/sekundäre Rohstoffe, um Recycling (Sekundärrohstoffe) zu fördern.
	Erfassung der Materialdaten über den gesamten Lebenszyklus und Dokumentation in digitaler Form (z. B. Building Information Modelling).
	Schaffung eines Marktplatzes für wiederverwendbare Bauteile sowie frühzeitige Informationsbereitstellung zu verfügbaren Bauteilen.

Das nachstehende Zitat aus der Einleitung der 2022 publizierten Österreichischen Kreislaufwirtschaftsstrategie (BMK, 2022) umreißt die Notwendigkeit Strategien und Maßnahmen zu entwickeln, die der skizzierten Entwicklung (siehe auch Abbildung 1) entgegenwirken.

„Das 21. Jahrhundert stellt die Menschheit vor enorme ökologische Herausforderungen. Eine stark wachsende Weltbevölkerung, die rasche Zunahme des materiellen Wohlstandsniveaus in den aufstrebenden Volkswirtschaften und unsere Wirtschafts- und Lebensweise erhöhen permanent den Druck auf unseren Planeten. Die von der Wissenschaft definierten „planetaren Grenzen“ sind vielfach bereits überschritten und damit unsere ökologischen Lebensgrundlagen stark bedroht.

Eine wesentliche Ursache dafür ist der rasant steigende Verbrauch an natürlichen Rohstoffen. Der weltweite Material-Fußabdruck hat sich von 43 Milliarden Tonnen im Jahr 1990 auf 92 Milliarden im Jahr 2017 mehr als verdoppelt. Insbesondere in diesem Jahrhundert weist die Wachstumskurve steil nach oben. Von 2000 bis 2017 betrug der Zuwachs 70 %. Ohne konzertierte Maßnahmen wird der weltweite Verbrauch von Ressourcen wie Biomasse, fossilen Brennstoffen, Metallen und Mineralien bis 2060 voraussichtlich auf 190 Milliarden Tonnen anwachsen und das jährliche Abfallaufkommen bis 2050 voraussichtlich um 70 % steigen.“ (BMK, 2022, S. 4)

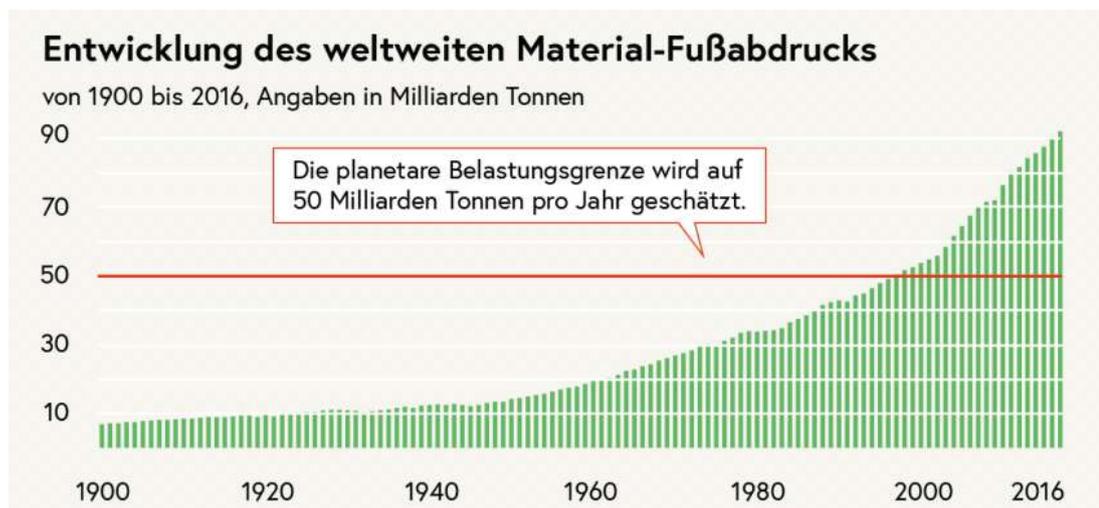


Abbildung 1 Entwicklung des weltweiten Material-Fußabdrucks von 1900 bis 2016 in Milliarden Tonnen. Die planetare Belastungsgrenze wird auf 50 Milliarden Tonnen geschätzt (BMK, 2022, S.5).

Basierend auf den bisherigen Darstellungen liegt die grundlegende Motivation dieser Arbeit darin, im Bereich des Bauwesens von Holzhäusern bzw. Fertighäusern einen Beitrag im Spiegel der in Tabelle 1 hervorgehobenen Maßnahmen zu leisten. Entsprechende Einsparungen dienen unter anderem dem Schutz der Umwelt und des Klimas. Angesichts der Klimakrise sind insbesondere die Reduktion der Treibhausgasemissionen und die Ressourcenschonung entscheidende Aspekte, die es zu fördern gilt, die sich auch in den genannten Maßnahmen und Zielen widerspiegeln. Für Unternehmen und Privatpersonen spielt außerdem die Kostenersparnis eine wesentliche Rolle, weshalb Regularien und Förderungen häufig darauf abzielen, den Klimaschutz durch finanzielle Anreize zu unterstützen. Im Bereich der Kreislaufwirtschaft ist das nach Einschätzung des Autors noch sehr gering ausgeprägt.

Gerade im Bereich von modularen und elementierten Bauweisen, die sich in der Architektur seit langem etablieren, erscheint die Zielerreichung bzw. die Anwendung der dargestellten Maßnahmen vergleichsweise einfach möglich.

Diese Masterarbeit – wie auch die Masterarbeit von Alexander Ladentrog (Ladentrog 2024) ist auch auf Initiative des Fachverbands der österreichischen Holzindustrie entstanden, die Interesse daran hat, hier einen wesentlichen Beitrag zu leisten. Im Förder-/Forschungsprojekt „Bessere Regeln für Holz und Bauen mit Holz“ (FV Holzindustrie, 2024) wird angestrebt entsprechende Regulative und Richtlinien zu erarbeiten, die einen Beitrag in den Bereichen Ressourcenverbrauchsreduktion leisten. Zirkularität, verantwortungsvoller Umgang mit Bodenversiegelung, Etablierung einer Dienstleistungs- statt einer Wegwerfgesellschaft, Vermeidung von unnötigen Baurestmaßen und deponierbarem Abfall, Modularisierung und Kostendämpfung sind wichtige Aspekte dieses Themas. Dass es hier keineswegs um bedeutungslose kleine Beiträge geht, zeigt nachstehendes Zitat:

„Der Sektor Gebäude wies im Jahr 2021 Treibhausgas-Emissionen in Höhe von 9,1 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent auf. Die Emissionen sind zwischen 1990 und 2021 um 3,8 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent (29,5 %) gesunken, wobei sich vor allem seit dem Jahr 2005 stärkere Reduktionen zeigen. Dies ist auf Maßnahmen im Bereich der thermischen Sanierung, auf den steigenden Anteil von erneuerbaren Energieträgern, die Erneuerung von Heizungsanlagen und den höheren Anteil an Fernwärme zurückzuführen.“ (Anderl et al., 2023, S. 9)

Ein weiterer Faktor, der für das Vorantreiben der Wiederverwendung von Bauteilen spricht, ist der starke Anstieg der Preise für Bauleistungen in den letzten Jahren. Betrachtet man etwa den Baupreisindex der Statistik Austria (Abbildung 2), lässt sich feststellen, dass die Baukosten für den Hochbau in Österreich vom Durchschnitt des Jahres 2020 bis zum 3. Quartal 2024 um etwa 36,5% gestiegen sind (Statistik Austria, 2024). Angesichts dessen wird das Potential der Kostenersparnis durch Nutzung wiederverwendeter Bauteile erheblich verstärkt.

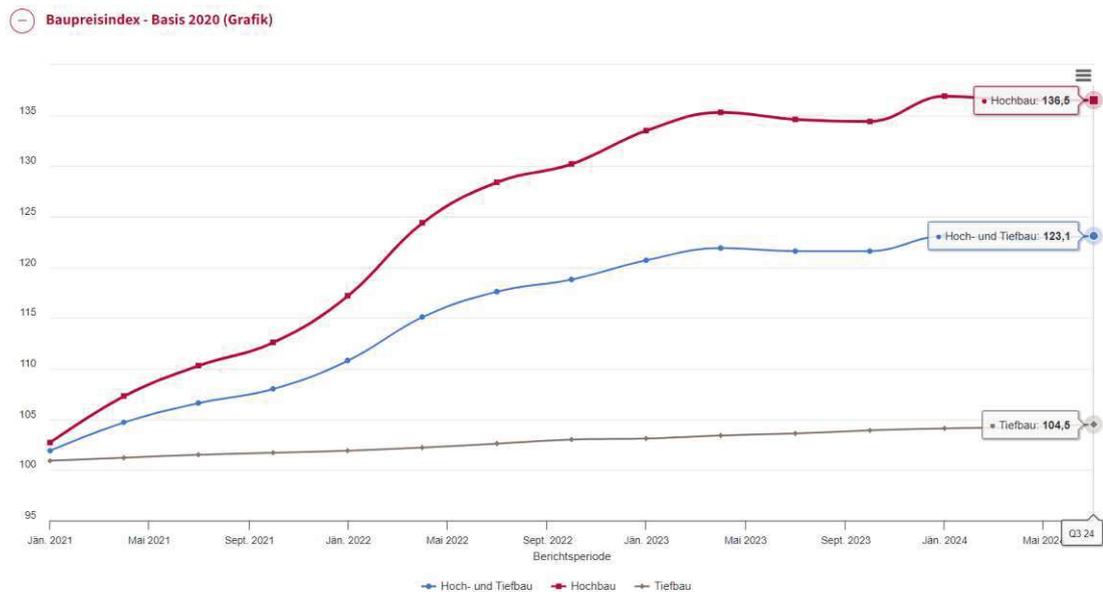


Abbildung 2 Baupreisindex - Basis 2020 (Statistik Austria, 2024)

All diese Aspekte zeigen die sehr hohe Notwendigkeit für Forschungs- und Entwicklungsbemühungen auf, zu denen mit dieser und Alexander Ladentrogs Masterarbeiten an der TU Wien ein Beitrag erarbeitet wurde.

Schlussendlich sei noch auf die persönliche Motivation des Autors dieser Masterthese hingewiesen: Im Zuge des Bachelor- und Masterstudiums Architektur hat sich ein großes Interesse an zukunftsfähigem Hochbau, Klimaschutz, aber auch an Instrumenten der Bewertung von Lebenszyklen und Baukosten herausgebildet, dem mit dem Erarbeiten dieser Masterthese Rechnung getragen werden kann.

1.3 Hintergrund

Die österreichische Wirtschaft und Wissenschaft bekundet in den letzten Jahren vermehrt Interesse an Re-Use und Recycling von Holzbauteilen, was sich zahlreich belegen lässt. In dieser Sektion werden aus den zahlreichen Publikationen darüber ausgewählte Werke diskutiert. Während im Abschnitt Grundlagen technische und wissenschaftliche Aspekte diskutiert werden, soll hier die Landschaft an Bemühungen und Interessenslagen exemplarisch abgebildet werden.

Kreislaufwirtschaft, beziehungsweise das Umstellen von linearen Material- und Wertschöpfungsketten wird als ein Schlüsselement für den Klimaschutz und die Einschränkung des menschlichen Konsums von Ressourcen des Planeten betrachtet.

Dass die Implementierung von kreislaufwirtschaftlichen Grundsätzen keineswegs trivial ist und eine große Anstrengung aller in der Wertschöpfungskette beteiligter Stakeholder erfordert, hat Helmut Rechberger in einem Beitrag zur TU Lehrveranstaltung *Ringvorlesung Ökologie* im Sommersemester 2024 aufgezeigt. Unter dem Titel „Anthropogener Stoffhaushalt – Warum ist Kreislaufwirtschaft so schwer?“ zeigte er auf, dass eine Vielzahl von Prozessen und Stoff-/Materialflüssen zu berücksichtigen ist, sowie aktuell in Österreich „Recycling“, also das Wiedereinbringen von Ressourcen in Stoff- und Materialkreisläufe, wenig umgesetzt wird (Rechberger, 2024).

Die Technische Universität Wien (insbesondere das Institut für Architekturwissenschaften) zeigt großes Interesse am Rahmenthema Re-Use von Bauteilen. Universitäre Forschung und Entwicklung kann in diesem Interessensgebiet einen lohnenden Brückenschlag mit der Bauindustrie etablieren.

Der Fachverband der Holzindustrie der Wirtschaftskammer Österreichs investiert in den letzten Jahren verstärkt in die Forschung und Aufarbeitung von Themen wie Wiederverwendung von Bauteilen, und die Auswirkung auf die österreichische Holzindustrie. Eine Teilfrage der aktuellen Projekte ist, wie bestehende Holzfertighäuser de- und remontiert werden können. Ein aktuelles Projekt des Fachverbands der Holzindustrie, das zum Zeitpunkt dieser Masterarbeit läuft und aus Mitteln des Waldfonds der Republik Österreich gefördert wird, trägt den Titel „Bessere Regeln für Holz und Bauen mit Holz“ (FV Holzindustrie, 2024).

Auch in der jüngeren Vergangenheit hat sich der Fachverband intensiv mit Themen wie der Wiederverwendung von Bauteilen und deren Auswirkungen auf die österreichische Holzindustrie auseinandergesetzt.

Dabei ist insbesondere die Frage nach der vereinfachten De- und Remontage von bestehenden Holzfertighäusern, die am jeweiligen Standort nicht mehr benötigt werden, in den Fokus gerückt.

Die Holzforschung Austria und ist für Prüfung und Zulassung von Holzbauteilen zuständig. Von ihr werden Holzbauteile getestet und geprüft. Überblick über geprüfte Baustoffe, Bauteile und Bauteilfügung bietet die von der Holzforschung Austria Web-Plattform dataholz.eu (HFA, 2024a). Die Holzforschung Austria hat während der Erarbeitung dieser Masterthese auch ihr Interesse an den Ergebnissen bekundet (HFA, 2024b).

Der Einblick in die Produktionsstätten von etablierten Fertighausherstellern erwies sich als essenziell für das Verständnis der Herstellung von Holzfertigteilen. Während der Werksbesichtigungen bei den Unternehmen Hartl und Elk konnten wertvolle Eindrücke gesammelt werden, die halfen, den Produktionsprozess und die einzelnen Planungsschritte besser nachvollziehen zu können.

Die Hintergrundliteratur zur Thematik dieser Arbeit ist umfangreich und vielfältig. Sie umfasst Leitfäden, Magazine, Broschüren, Produktdatenblätter, die Plattformen *dataholz* und *proHolz Austria* sowie zahlreiche Fachpublikationen zu den Themen Holzbau, System- und Elementbau, Wiederverwendung von Bauteilen und Kreislaufwirtschaft. Um die Hintergrundsektion übersichtlich und leserfreundlich zu gestalten, werden im Folgenden die genutzten Referenzen aufgeführt. Dabei wird kurz erläutert, welche relevanten Informationen für die vorliegende Masterarbeit verwendet wurden.

Atlas mehrgeschossiger Holzbau (*Detail*, 2017), Lehrbuch/Konstruktionsatlas

Autor*innen: H. Kaufmann, S. Krötsch, A. Winter

Grundlagenwerk zum Bauen mit Holz von mehrgeschossigen Gebäuden, Überblick über Tragwerk und Bauelemente, Aufbauten und sommerlichen Wärmeschutz

Atlas Recycling (*Detail*, 2021), Lehrbuch/Konstruktionsatlas

Autor*innen: A. Hillebrandt, P. Riegler-Floors, A. Rosen, J.-K. Seggewies

Grundlagenwerk zur Wiederverwendung von Bauteilen unter Berücksichtigung verschiedenster Aspekte, wie z.B. Bewertungssysteme, Building Information Modelling, Konstruktionsausformulierung, Trennbarkeit, Bewertung von Kreislaufpotentialen

Circular Economy Design and Management in the Built Environment (*Springer*, 2025), Lehrbuch

Autor*innen: L. Bragança, R. Askar, V. Ungureanu, D. Bajare, M. Cvetkovska, P. Griffiths, A. Salles, K. Tsikaloudaki, G. Zsembinszki

Lehrbuch über Kreislaufwirtschaft zu Best Practice Beispielen, zirkuläre Produktion, Entwurfsstrategien für kreislauffähige Gebäude, Modulbau und Vorfertigung

Detail Elemente + Systeme modulares Bauen (*Detail*, 2008), Konstruktionsatlas

Autor*innen: G. Staib, A. Dörrhöfer, M. Rosenthal,

Übersichtswerk über Grundlagen zu Baukastensystemen, Modul, Raster, Tragwerk, Transport und Montage, Überblick über unterschiedliche Gebäude in Systembauweise

Fokus - Mehrgeschossiger Wohnbau Planen und Bauen (proHolz Austria, 2021), Magazin

Magazin über Planen und Bauen von mehrgeschossigem Wohnbau

Sortenrein bauen (*Detail*, 2023), Lehrbuch/Konstruktionsatlas

Autor*innen: D. Hebel, L. Wappner, W. Sobek, T. Auer, K. Blümke, E. Boerman, L. Häberle, A. Hild, P. Hoffmann, C.n Holl, H. Horn, H. Hoss, D.I. Lenz, F. Schneemann, D. Schneider

Grundlagenwerk zur Materialwahl für ein Kreislaufgerechtes Bauen, Materialien in der Kreislaufwirtschaft, Reversible Füge- und Verbindungsmethoden sowie Fügungsprinzipien

Kreislaufgerechtes Bauen und Wirtschaften (*Birkhäuser*, 2022), Grundlagenwerk

Autor*innen: D. Hebel, F. Heisel, K. Webster

Grundlagenwerk zur Nachhaltigkeit und Kreislaufwirtschaft in der Bauwirtschaft, Rückbau statt Abriss, neue Häuser aus alten Häusern und Infrastruktur für die Wiederverwendung

Studie Rohstofflager Holzhaus (*Holzforschung Austria*, 2023), Bericht

Autor*innen: M. Weigl-Kuska, S. Winter, D. Plößnig-Weigel

Bericht über Rohstoffgewinnung aus bestehenden Gebäuden, Wiederverwendung von Baustoffen und Rückbau von Bauwerken/Bauteilen/Baustoffen nach der Nutzungsdauer

Zuschnitt 6 - vor fertig los! (proHolz Austria, 2002), Magazin

Magazin mit dem Schwerpunkt Vorfertigung im Holzbau

Zuschnitt 33 - Holz stapelt hoch (proHolz Austria, 2009), Magazin

Magazin mit dem Schwerpunkt hoch Bauen mit Holz

Zuschnitt 43 - Die Außenwand (proHolz Austria, 2011), Magazin

Magazin mit dem Schwerpunkt Außenwand in Rahmen- und Massivbauweise

Zuschnitt 50 - Konfektionen in Holz (proHolz Austria, 2013), Magazin

Magazin mit dem Schwerpunkt Vorfertigung im Holzbau

Zuschnitt 70 - Planungsprozesse (proHolz Austria, 2018), Magazin

Magazin mit dem Schwerpunkt holzbaugerechter Planung

Zuschnitt 88 - Reuse und Recycling (proHolz Austria, 2023), Magazin

Magazin mit dem Schwerpunkt der Wiederverwendung von Bauteilen und Baustoffen

Es sei an dieser Stelle angemerkt, dass eine detaillierte Literaturanalyse aufgrund der Vielzahl an Quellen – die über die beschriebenen hinausgehen – eine eigene Masterthese darstellen würde, die zugunsten der praktischen Ansätze dieser Arbeit auf das Wesentliche beschränkt wurde.

1.4 Zielsetzung und Forschungsfragen

Das zentrale Ziel dieser Arbeit ist es, sowohl die ökonomischen als auch die ökologischen Aspekte der Wiederverwendung von vorgefertigten Holztafelbauelementen zu analysieren. Ein weiterer Fokus liegt auf der Frage, wie der Holztafelbau in Österreich in Richtung Kreislaufwirtschaft entwickelt werden kann – ein Vorhaben, das sowohl von der Politik als auch von der Industrie, wie bereits in den vorherigen Abschnitten dargestellt, aktiv unterstützt wird. Alle Beteiligten haben ein starkes Interesse daran, konkrete Informationen zu sammeln, falls ein gesetzlich verpflichtender Re-Use-Anteil bei Neubauten eingeführt werden sollte. Daher werden im Rahmen dieser Arbeit verschiedene Architektur-Entwürfe von Studierenden, die im Sommersemester erstellt wurden, hinsichtlich ihres Wiederverwendungsanteils und der zugrunde liegenden Gründe untersucht.

Diese Überlegungen führen zu folgenden Forschungsfragen:

- ◆ Welche Bauteile eines Fertighauses können im Zuge der Demontage so rückgebaut werden, dass die erneute Verwendung sinnvoll möglich ist?
- ◆ Welches Einsparungspotential besteht hinsichtlich Baumasse, Kosten und CO₂ durch die Wiederverwendung (Re-Use) von Teilen des Musterhauses?
- ◆ Wie quantifiziert sich der Re-Use-Anteil unterschiedlicher Architekturentwürfe, die unter Verwendung eines Datenrepositoriums von Holztafelelementen und Zielsetzung eines hohen Wiederverwendungsgrades durchgeführt wurden?
- ◆ Welche Erkenntnisse entwickelt man beim Entwurfsprozess eines Kleingartenwohnhauses mit wiederverwendeten Elementen in Holzrahmenbauweise?

In der parallel erstellten Masterthesis von Alexander Ladentrog werden nachstehende Forschungsfragen behandelt (Ladentrog, 2024):

- ◆ *Wie kann eine Datenbank zur Erfassung von Holzfertigteilen aufgebaut sein und welche Parameter sind für die Wiederverwendung von Bauteilen essenziell?*
- ◆ *Wie können Bauelemente mit unterschiedlichen Aufbauten zusammengefügt werden und worauf muss dabei geachtet werden?*
- ◆ *Ist ein Entwurf eines mehrgeschossigen Wohngebäudes basierend auf der für Wiederverwendung und Wiederverwertung geeigneter Elemente von Abbruchhäusern technisch sinnvoll möglich (und wenn ja, wie)?*

TEIL 1 | RE-USE VON HOLZFERTIGTEILEN

2 GRUNDLAGEN

In diesem Abschnitt werden die dieser Arbeit zugrunde liegenden Terminologien zu Kreislaufwirtschaft, Re-Use von vorgefertigten Holzbauteilen, Kosten und ökologischen Aspekten beschrieben.

Darüber hinaus wird ein praktischer Zugang zu Grundlagen beschrieben: Im Rahmen der Grundlagenerhebung wurden die Produktionsstätten der Fertighausunternehmen Hartl und Elk von den Verfassern dieser Arbeit besichtigt. Diese erkenntnisreichen Besuche werden in der Arbeit von Alexander Ladentrog im Kapitel 2.1.3 *Serielle Vorfertigung* näher beschrieben und geben Einblick in die Abläufe und Produktionsprozesse von Fertigteilen im Holztafelbau.

2.1 Wiederverwendung von Bauteilen

Die Begriffe Kreislaufwirtschaft, Wiederverwendung, Nachhaltigkeit und Suffizienz wurden immer mehr zu Keywords für den öffentlichen Diskurs und auch entsprechende Werbebemühungen unterschiedlicher Baustoffhersteller. Dabei wird die Reduktion von Emissionen zum Gegensteuern der Klimakrise oft auch verwendet, um Produkte zu bewerben, die auf den zweiten Blick gar nicht nachhaltig sind (vgl. „Greenwashing“). In der Bauwirtschaft treten diese zuvor genannten Begriffe allerdings erst in den letzten Jahren vermehrt auf. Der Fokus liegt dabei jedoch meist auf Emissionen durch operative Energie und Transportwesen (Müller, 2023).

Dieses Kapitel erläutert grundlegende Begrifflichkeiten und soll eine Übersicht aktueller Bemühungen zum Thema Wiederverwendung von Bauteilen sowie des Forschungsstandes gegeben.

2.1.1 Kreislaufwirtschaft

Für eine Kreislaufwirtschaft ist die Wiederverwendung von Ressourcen an sich ein zentraler Aspekt. Speziell im Bauwesen sind Ansätze zum Re-Use bislang vergleichsweise wenig vorzufinden.

„Die Zirkularität der Materialkreisläufe hat immer die Schließung des Kreislaufs in einem Endloop zum Ziel.“ (Hafner, 2023).

Vorab sollte sorgfältig überlegt werden, in welcher Dimension eine Wiederverwendung sinnvoll realisiert werden kann. Bei Holztafelbauten könnten dies

ganze Wand- und Deckenelemente oder, wie im Fall von Musterhäusern, sogar komplette Gebäude sein. Andere Bauweisen hingegen lassen oft nur eine Wiederverwendung auf der Ebene einzelner Baustoffe zu.

Dabei ist eine solide Wissensbasis entscheidend: Obwohl die Demontage und Wiederverwertung von Holzfertighäusern aufgrund ihrer Bauweise grundsätzlich möglich ist, sind umfassende konstruktive und bauphysikalische Planungen sowie eine gründliche Wirtschaftlichkeitsprüfung unerlässlich (Hafner, 2023).

10 „Re“ der Kreislaufwirtschaft

Die zehn „Re“ der Kreislaufwirtschaft beschreiben Strategien, die eine nachhaltige Ressourcennutzung fördern und eine Kreislaufwirtschaft zu fördern.

Wie die Abbildung 3 veranschaulicht, zielen obersten drei Strategien darauf ab, den Ressourcenverbrauch zu reduzieren oder gänzlich zu vermeiden. Die darauffolgenden fünf Strategien konzentrieren sich darauf, die Lebensdauer von Produkten zu verlängern, indem sie deren Wiederverwendung, Reparatur oder Aufbereitung ermöglichen, und so eine frühzeitige Verwertung verhindern. Erst die letzten beiden Punkte, Recycling und thermische Verwertung, stellen die schlechteste Nutzung dar und sollten nur dann Anwendung finden, wenn alle anderen Strategien ausgeschöpft sind.

Die 10 Re als Strategien zur Operationalisierung der Kreislaufwirtschaft

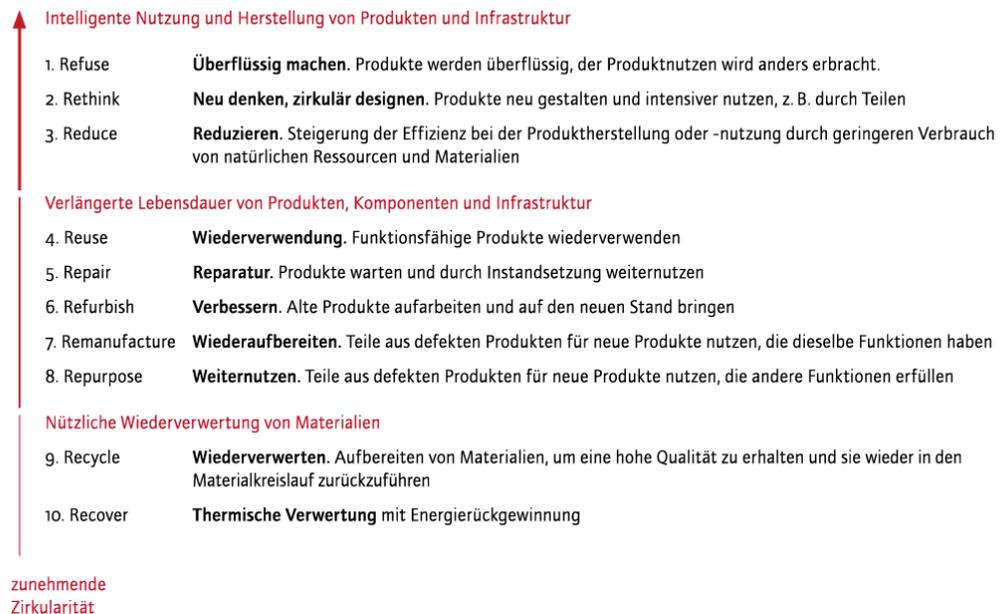


Abbildung 3 Die 10 Re der Kreislaufwirtschaft (Hafner, 2023)

2.1.2 Wiederverwendung

Den Begriff Wiederverwendung betreffend erscheint nachstehendes Zitat wesentlich:

„Insgesamt führt kreislauffähiges Bauen mit wiederverwendeten Materialien allerdings zu keinen Kosteneinsparungen. Durch den iterativen Prozess ist der Planungsaufwand höher, die Ausgaben verlagern sich in lokale Wertschöpfungsketten, weil die Demontage von Re-Use-Bauteilen vor allem von lokalen, mittelständischen Handwerksbetrieben mit den notwendigen Fachkräften ausgeführt werden kann. Darin liegt aber auch die Chance, unsere Bauindustrie langfristig von übermäßigen Abhängigkeiten von internationalen Lieferketten zu befreien.“ (Müller, 2023)

Während nun Wiederverwendung als ein grundlegend wünschenswertes Konzept erscheint (vergleiche dazu die Sektion Motivation dieser Arbeit bzw. die Kreislaufwirtschaftsstrategie Österreichs), belegt das Zitat, dass eine breite Implementierung von Wiederverwendung im Bauwesen keineswegs nur eine triviale Umstellung von Planungs- und Produktionsprozessen darstellt, sondern eine fundamentale Transformation der Branche erfordert. Auch hierzu sollen die in weiterer Folge in dieser Masterthese dargestellten Überlegungen, Methoden und Ergebnisse, Inspiration sowie Ansätze und Argumentationsgrundlagen bieten.

Leitsätze des deutschen Umweltbundesamtes

In einer Publikation des deutschen Bundesumweltamtes aus dem Jahr 2020 (Umweltbundesamt Deutschland, 2020) sind wesentliche Grundsätze („Leitsätze“) zur Implementierung von kreislaufwirtschaftlichen Ansätzen beschrieben. Diese sind nachstehend in Tabelle 1 dargestellt.

Insbesondere die Ansätze zur Vermeidung sowie zu Design sind wesentliche Ansätze für die Applikation von kreislaufwirtschaftlichen Ansätzen für das Bauwesen.

Tabelle 2 Leitsätze einer Kreislaufwirtschaft (Umweltbundesamt Deutschland, 2020, S. 8 f.)

1	<p>Begriffseinordnung</p> <p>Die Kreislaufwirtschaft ist Teil einer ressourceneffizienten, nachhaltigen Lebens- und Wirtschaftsweise, welche die Umsetzung der Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen fördert und planetare Grenzen respektiert.</p>
2	<p>Geltungsbereich</p> <p>Die Kreislaufwirtschaft bezieht über die klassische Abfallwirtschaft hinaus alle Phasen von Material- und Produktlebenszyklen in die Betrachtung ein. Sie muss global, inklusive der grenzüberschreitenden Rohstoff-, Waren- und Abfallströme und damit verbundener ökologischer und sozialer Auswirkungen sowie in langfristiger zeitlicher Perspektive der Güterbestände und daraus hervorgehender Materialflüsse betrachtet werden.</p>
3	<p>Ziele</p> <p>Die Kreislaufwirtschaft dient der Schonung natürlicher Ressourcen einschließlich des Klimaschutzes, dem Schutz der Umwelt und der menschlichen Gesundheit unter Berücksichtigung des Vorsorgeprinzips. Darüber hinaus zielt sie auf die Rohstoffsicherung ab. Die Kreislaufwirtschaft soll zur Reduzierung der lebenszyklusweiten negativen Auswirkungen sowohl von Materialien und Produkten – durch Einsparung von Primärmaterialien und deren Substitution mit Sekundärmaterialien – als auch der Abfallerzeugung und Abfallbewirtschaftung beitragen.</p>
4	<p>Aufwandsmaßstab</p> <p>Der Aufwand für Maßnahmen in einer Kreislaufwirtschaft soll sich am Aufwand der Primärrohstoffwirtschaft mit den dabei auftretenden Umweltwirkungen inklusive der externen sozialen und ökologischen Belastung bemessen, um die gleichen Materialien oder Materialien und Güter gleichen Nutzens bereitzustellen.</p>
5	<p>Materialkreisläufe</p> <p>Kreislaufwirtschaft zielt auf eine Bewirtschaftung von Materialien in möglichst gleich- oder höherwertigen Kreisläufen ab, wodurch Primärmaterialien durch Sekundärmaterialien geeigneter Qualität substituiert und eingespart werden. Gleichwohl sind auch Kaskadennutzungen und endgültige Beseitigungen im Hinblick auf die Ziele (3) und die Aufwandsmaßstäbe (4) erforderlich.</p>
6	<p>Vermeidung</p> <p>Die Vermeidung von Abfällen und Reststoffen ist der Kreislaufführung grundsätzlich vorzuziehen, da letztere immer verlustbehaftet und mit Energieaufwendungen verbunden ist. Vermeidungsmaßnahmen bemessen sich an dem Beitrag zur Zielerreichung (3) und den Aufwandsmaßstäben (4).</p>
7	<p>Design</p> <p>Design für eine Kreislaufwirtschaft bedeutet, den funktionalen und wirtschaftlichen Wert von Produkten, ihren Komponenten und Materialien so lange wie möglich zu erhalten, um auf diese Weise negative Auswirkungen auf Mensch und Umwelt zu minimieren. Dabei sollen die Designansätze die Neuordnung der Produktions- und Konsumformen in der Gesellschaft unterstützen. Die Optimierung des Designs bemisst sich an dem Beitrag zur Zielerreichung (3) und den Aufwandsmaßstäben (4).</p>
8	<p>Schadstoffe</p> <p>Das Inverkehrbringen von Produkten mit Stoffen, von denen Beeinträchtigungen des Wohls der Allgemeinheit speziell für die menschliche Gesundheit sowie die Umwelt ausgehen, ist zu vermeiden. Sofern derartige Stoffe nicht substituierbar, bereits enthalten sind oder sich erst im Nachhinein als solche herausstellen, so sind sie zu zerstören oder durch Ablagerung in sichere Senken auszuschleusen oder unter Abwägung der Ziele (3) und Aufwandsmaßstäbe (4) in sicheren Kreisläufen zu führen, wobei eine Schadstoffanreicherung zu verhindern ist.</p>
9	<p>Verantwortung</p> <p>In einer Kreislaufwirtschaft tragen alle Akteure innerhalb von Produktlebenszyklen und entlang von Materialwertschöpfungsketten eine Verantwortung für das Erreichen der Ziele der Kreislaufwirtschaft. Die Übernahme der Verantwortung muss rechtlich sichergestellt werden, sofern diese anderenfalls nicht hinreichend wahrgenommen wird.</p>

2.1.3 Nachhaltigkeit und Suffizienz

Der Begriff Nachhaltigkeit wird aktuell – ähnlich wie z.B. „Ökologie“ inflationär verwendet. Grundlegend bezeichnet man mit (dem historisch aus der Forstwirtschaft stammenden Begriff) Nachhaltigkeit bzw. nachhaltiger Entwicklung eine Handlungsweise, entsprechend dem Brundtland-Report (WCED, 1987) folgendes:

„Die Kommission versteht darunter eine Entwicklung, „die den Bedürfnissen der heutigen Generation entspricht, ohne die Möglichkeiten künftiger Generationen zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen und ihren Lebensstil zu wählen.“
(WCED, 1987, S. 1)

Unter Suffizienz wiederum versteht man das Konzept mit einer definierten Zuweisung einer Ressource das Auslangen zu finden (BUND, 2017, S. 8). Suffizienteres Verhalten kann sich auf mannigfaltige Bereiche im Leben beziehen – im Spiegel dieser Masterthese ist die Gestaltung eines Kleingartenwohnhauses (und damit vergleichsweise geringer Flächenkonsum im Vergleich zu einem „vollwertigen“ Einfamilienhaus) sowie das Generieren desselben anhand von wiederverwendeten Bauteilen ein Zugang.

2.2 Kreislaufpotential im Holzbau

Das Potential der Kreislaufwirtschaft im Holzbau ist enorm, da Holz als erneuerbarer Rohstoff nicht nur nachhaltig verfügbar ist, sondern auch große Mengen an CO₂ bindet, die in Form von Bauteilen langfristig gespeichert werden können. Ein geschlossener Materialkreislauf in der Holzwirtschaft, der von nachhaltiger Forstwirtschaft über ressourcenschonende Produktion und Nutzung bis hin zur Wiederverwendung und energetischen Verwertung reicht, bietet erhebliche ökologische Vorteile. Die Abbildung 4 verdeutlicht diesen Kreislauf anschaulich und zeigt die zentralen Schritte und Zusammenhänge auf.

Holz aus den vielfältig verfügbaren Wäldern wird aufbereitet und zu Baumaterialien verarbeitet, die in der Bauwirtschaft eingesetzt werden. Während der Nutzungsdauer ist das Holz in Form von Gebäuden gebunden und speichert so CO₂. Am Ende ihrer Lebenszeit sollte jedoch angestrebt werden, die Bauteile möglichst energieeffizient im Kreislauf zu halten. Der engste Kreislauf besteht in der Umnutzung des gesamten Gebäudes. Ist dies nicht möglich, bietet die Wiederverwendung einzelner Bauteile die zweitbeste Option. Eine dritte Möglichkeit ist die Reparatur beschädigter Bauteile, um ihre Nutzbarkeit zu verlängern. Können Bauteile nicht mehr direkt genutzt werden, erfolgt ihre Wiederaufbereitung. Erst wenn all diese Optionen ausgeschöpft sind, wird

das Material dem Recycling zugeführt. In letzter Instanz steht die thermische Verwertung, bei der das gebundene CO₂ jedoch wieder freigesetzt wird.

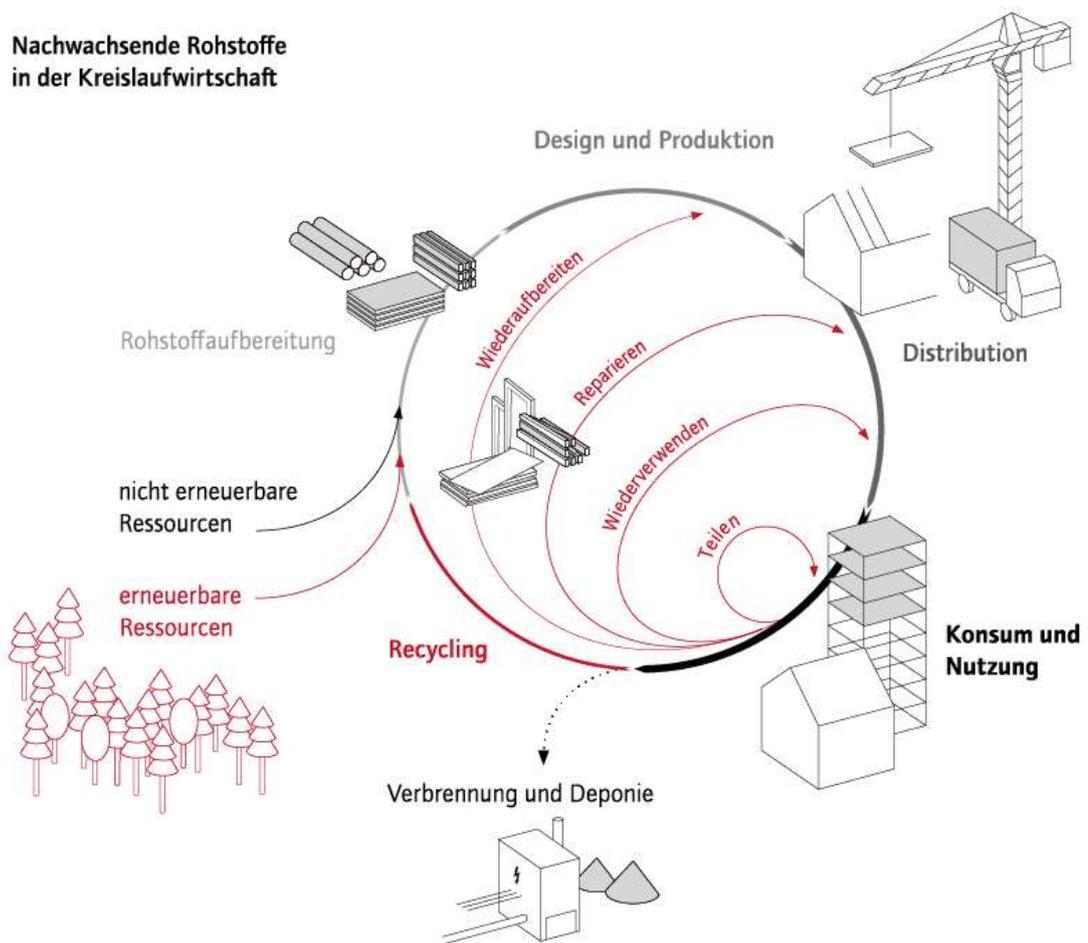


Abbildung 4 Nachwachsende Rohstoffe in der Kreislaufwirtschaft (Hafner, 2023)

Wenn Bauteile wiederverwendet werden können, entfällt zum einen der CO₂-Ausstoß, der bei der Produktion neuer Bauteile entstehen würde, wodurch Ressourcen geschont und Emissionen vermieden werden. Zum anderen bleibt das im Bauteil gespeicherte CO₂ dauerhaft gebunden und wird nicht freigesetzt, wie es beispielsweise bei einer thermischen Verwertung der Fall wäre. Diese „doppelte“ Einsparung trägt maßgeblich zur Reduzierung der Treibhausemissionen bei und fördert eine nachhaltige Kreislaufwirtschaft.

2.3 Technische Grundlagen: Vorgefertigter Holzbau

Vor allem im Bereich der Einfamilienhäuser haben Gebäude aus Holzfertigteilen eine langjährige Tradition in Österreich und bieten bis heute eine beliebte, weil vergleichsweise kostengünstige, Möglichkeit für den Bau des Eigenheims.

2.3.1 Fertighäuser

Laut ÖNORM B 2310 3.3, ist ein Fertighaus ein *„auf vorbereitetem Untergrund errichtetes Bauwerk aus vorgefertigten, geschoßhohen Wandelementen, Raumzellen sowie aus vorgefertigten Decken- und Dachelementen, die in Produktionsstätten witterungsunabhängig hergestellt, auf die Baustelle transportiert und dort zusammengebaut werden.“* (ÖNORM B 2310, 2022, S. 4)

Fertighäuser können in unterschiedlichen Bauweisen und aus verschiedenen Materialien hergestellt werden. In Österreich sind Holztafelbauweisen besonders verbreitet, doch es gibt auch Alternativen wie den Massivbau mit Stahlbeton oder Ziegeln sowie den Holzmassivbau mit Brettsperrholz.

Ein wesentlicher Vorteil von Fertighäusern ist die zügige Herstellung und Montage. So fertigt beispielsweise die Firma ELK alle 36 Minuten eine Außenwand auf ihrer Produktionslinie. Der Rohbau eines Holzfertighauses kann innerhalb von ein bis zwei Tagen bis zur wetterfesten Gebäudehülle fertiggestellt werden. Diese kurze Bauzeit minimiert wetterbedingte Verzögerungen und reduziert das Risiko von negativen Einwirkungen durch Baufeuchtigkeit. Außerdem werden Fenster, Türen und Fassaden (Putz/ hinterlüftete Holzfassade in einer witterungsgeschützten Werkshalle eingebaut, was die Qualität der Bauelemente positiv beeinflusst. Auf der Baustelle sind nach der Montage nur noch die Stöße zu finalisieren.

Rolle der „Ausbaustufe“

Besonders beim Vergleich der Kosten spielt die sogenannte Ausbaustufe des Hauses gemäß ÖNORM B 2310 eine wesentliche Rolle. Die Norm definiert dabei drei Leistungsstufen und legt fest, welche Mindestleistungsumfänge an Bauleistungen diese enthalten müssen. Diese Leistungsstufen (ÖNORM B 2310, 2022) sind:

- ◆ Stufe 1 | Ausbauhaus
- ◆ Stufe 2 | Belagsfertiges Haus
- ◆ Stufe 3 | Schlüsselfertiges Haus

Die meisten Hersteller geben Kaufpreise für Ihre Fertighäuser gestaffelt nach diesen Ausbaustufen an.

2.3.2 Serielle Vorfertigung

Die Entwicklung neuer Holzwerkstoffe und moderner Technologien ermöglicht heute eine „individuelle Vorfertigung“. Dabei wird nicht das konkrete Objekt standardisiert, sondern das Prinzip der Fertigung und Fügung. Während sich vorgefertigte Bausätze im Massivbau bisher kaum durchgesetzt haben, hat der Holzbau wesentlich größere Fortschritte erzielt (Gunßer, 2002). Der Zuschnitt von Holz ist inzwischen weitgehend automatisiert, wobei CAD-Entwürfe direkt mit CNC-Maschinen verknüpft werden. Zudem haben neue industriell bearbeitete Holzwerkstoffe die natürlichen Einschränkungen des linearen Baumwachses nahezu aufgehoben.

„Ein Weg zu reversibler Architektur führt über die Modularität normierter, immer gleich gefügter Bauteile. [...] Wahres Design for Disassembly ist, wenn alle Bauteile eines Gebäudes nach genau den gleichen Prozessen und Schritten demontiert werden können, wie sie zusammengebaut wurden.“ schreibt Guido Brandi in *Bauteile wiederverwenden - einem Kompendium zum zirkulären Bauen* (proHolz Austria, 2023, S. 22).

Seit den 1990er-Jahren hat der Holzbau durch neue Werkstoffe, Verbindungstechniken und Verarbeitungstechnologien enorme Fortschritte gemacht. Die witterungsunabhängige Produktion bringt zahlreiche Vorteile mit sich: Sie steigert die Effizienz der Arbeitsabläufe, ermöglicht eine höhere Präzision in der Verarbeitung und reduziert das Risiko von Bauschäden sowie Wärmebrücken (Gunßer, 2002). Zusätzlich verkürzt und vereinfacht sie die Errichtung des Gebäudes auf der Baustelle erheblich.

Strengere bauphysikalische Anforderungen haben die Entwicklung standardisierter Konstruktionen weiter beschleunigt. Luftdichte und Wärmebrücken-minimierte Wände lassen sich unter den kontrollierten Bedingungen in Fertigungswerken effizienter und präziser herstellen. Ohne die steigenden Kosten für Arbeit und Energie wären diese Entwicklungen jedoch vermutlich nicht in dem Maße vorangetrieben worden, sondern hätten sich wie branchentypische Trends verlaufen können (Gunßer, 2002).

Weiterführende Informationen zur Herstellung im Werk sowie die Dokumentation der Werksbesichtigung sind in der Masterthese von Alexander Ladentrog im Kapitel 2.3 zu finden.

2.3.3 Bauteilfügung

Ursprünglich wurden Holztafeln in der Kleintafelbauweise durch Nägel miteinander verbunden. Dies stellte eine lange Zeit die gängige Praxis dar. Diese Technik wurde jedoch von Schraubverbindungen abgelöst, da diese lösbar sind und durch vorbereitete Verbindungsstellen die Genauigkeit bei der Montage verbessert werden konnte. Während früher die Schrauben von innen angebracht wurden, ist es heute üblich, von außen zu schrauben (T. Weiss, persönliche Kommunikation, 24. April 2024). Moderne Entwicklungen haben zudem zu innovativen Lösungen wie Steckverbindungen geführt, beispielsweise dem HCW-Anker.

HCW-Anker

Der von den Firmen Hilti und Elk gemeinsam entwickelte HCW-Anker ist ein mechanischer Holzverbinder, der neue Möglichkeiten in der Bauteilfügung bietet. Der HCW-Steckverbinder ermöglicht effiziente Verbindungen sowohl zwischen Holz und Beton als auch zwischen Holz und Holz. Bereits in der Vorfertigung wird der Steckverbinder in die Wand- oder Deckenelemente integriert.

Auf der Baustelle erfolgt die Verbindung mit dem Untergrund mittels Bolzenankern, Ankerstangen oder Stockschrauben, die zuvor präzise mit Laserunterstützung ausgerichtet werden. Wie in Abbildung 5 dargestellt, werden die Bauteile durch einfaches Zusammenstecken verbunden – Wände stehen dadurch vergleichsweise lotrecht. Dadurch lässt sich die Montagezeit eines Einfamilienhauses mit zwei oberirdischen Geschossen erheblich reduzieren – von zwei Tagen auf nur einen Tag bis zur wetterfesten Gebäudehülle (J. Hahn & M. Schandl, persönliche Kommunikation, 24. April 2024). Quellmörtel oder Dichtbänder schließen dabei die Zwischenräume und sorgen für zusätzliche Stabilität und Abdichtung.



Abbildung 5 Bauteilverbinding mittels HCW Anker von Hilti (Hilti, 2024)

Die Firma Elk gibt für die Vorfertigung und Montage Toleranzen von lediglich etwa zwei Millimetern an. Ein aktueller Nachteil des Systems ist jedoch, dass die Verbindungen aufgrund der fehlenden Zugänglichkeit bislang nicht zerstörungsfrei rückgebaut werden können.

Der Einsatz des HCW-Ankers reduziert die benötigten Regiestunden bei der Gebäudeerrichtung erheblich und führt dadurch zu einer spürbaren Kostenersparnis (J. Hahn & M. Schandl, persönliche Kommunikation, 24. April 2024).

Weitere Grundlagen, wie Holztafelelemente, sprich Außenwände, Innenwände und Geschoßdecken miteinander gefügt werden, finden sich im Kapitel 2.6 der Arbeit von Alexander Ladentrog.

2.4 Wirtschaftliche Grundlagen

Dieses Kapitel beschreibt die Grundlagen für die Kalkulation der Kostenauswertung, welche im Kapitel 3.2.3 beschrieben wird.

2.4.1 Vorfertigung

Ein Vorteil der Vorfertigung im wirtschaftlichen Sinne sind die vergleichsweise geringen Herstellungskosten der Rohbauelemente. Fertighäuser zum „Fixpreis“ stellen häufig eine kostengünstige Alternative zum Bau durch Architekturbüros oder Baumeister dar. Allerdings können individuelle Anpassungen an den angebotenen Ausstattungspaketen die ursprünglich geplanten Einsparungen schnell aufheben.

Auf Wunsch kann die Fertighausfirma als Generalunternehmer auftreten. In diesem Fall übernimmt sie die komplette Abwicklung, von behördlichen Genehmigungen über die Planung bis hin zur Bauausführung. Dadurch steht den Bauherren ein einziger Ansprechpartner zur Verfügung, der alle Prozesse koordiniert und die Verantwortung für das Endergebnis trägt. Für Kunden, die in der Regel Laien sind, stellt das ein attraktives Angebot dar, da sie so die teils komplexe Koordination der einzelnen Gewerke und Konsulenten an *eine* Fachfirmen auslagern können.

2.4.2 Nutzungsdauer

Die Norm schreibt für Holzbauten eine Nutzungsdauer von 100 Jahren vor:

„Die Gebäude sind entsprechend den nachstehenden Bestimmungen auszuführen, sodass bei ordnungsgemäßer Instandhaltung [...] und widmungsgemäßer Nutzung eine Nutzungsdauer von mindestens 100 Jahren erwartet werden kann.“ (ÖNORM B 2320, 2022, S. 7)

Unterschiedliche Quellen nennen als Nutzungsdauer für Ein- und Zweifamilienwohnhäuser (Fertighäuser) in Holzrahmenbauweise eine durchschnittliche Nutzungsdauer von etwa 50-60 Jahren. (HSÖ, 2020, S. 19) Viele Bauteile in diesen Bauwerken sind während ihrer Nutzungsdauer technisch nicht erheblich beansprucht.

Bauteile, welche eine geringere Nutzungsdauer aufweisen, sollten demnach instandgesetzt oder ausgetauscht werden. Diesbezüglich besteht ein großes Potential für Repair, Re-Use und Recycling der vorgefertigten Bauteile. Zudem liegen durch die Fertigungsweise detaillierte, bei jüngeren Planungen auch digital vorliegende Informationen über Verbindungsmittel und Konstruktionsarten vor, die eine Wiederverwendung unterstützen könn(t)en. Diese günstige Ausgangslage wird aber aktuell kaum für Zwecke von Re-Use-Ansätzen genutzt.

2.4.3 Kostenberechnung mit Kennwerten

Baugliederung nach ÖNORM

Die ÖNORM B 1801-1 gibt drei Arten zur Gliederung von Bauleistungen im Objektbau an. Zur Gruppierung der Bauteile (für die Erfassung des jeweiligen Anteils) wird die Baugliederung gemäß herangezogen (ÖNORM B 1801-1, 2022). Die Baugliederung wird in 1. Ebene in Kostenbereiche unterteilt, wie die Abbildung 6 zeigt.

Kostenbereiche Baugliederung 1.Ebene			Kostengruppierung			
			Bauwerks- kosten <i>BWK</i>	Bau- kosten <i>BAK</i>	Errichtungs- kosten <i>ERK</i>	Gesamt- kosten <i>GEK</i>
Abk.						
0	Grund	GRD				
1	Aufschließung	AUF				
2	Bauwerk-Rohbau	BWR	100 %			
3	Bauwerk-Technik	BWT				
4	Bauwerk-Ausbau	BWA				
5	Einrichtung	EIR				
6	Außenanlagen	AAN				
7	Planungsleistungen	PLL				
8	Projektnebenleistungen	PNL				
9	Reserven	RES				

Abbildung 6 Baugliederung - Kostenbereiche 1. Ebene (ÖNORM B 1801-1, 2022, S. 14)

Die Gliederung der Bauteile ist insbesondere für die Berechnung der Bauwerkskosten (Kostenbereiche 2-4, rot eingrahmt) mithilfe von Kostenkennwerten von entscheidender Bedeutung.

2.4.4 Baukostenindex

Der Baukostenindex des Baukosteninformationszentrums Deutscher Architektenkammern (BKI) ist ein wichtiges Werkzeug zur Erfassung und Analyse der Kostenentwicklung im Bauwesen in Deutschland. Er basiert auf Daten realisierter Bauprojekte und wird regelmäßig aktualisiert, um Preisentwicklungen auf dem Bau zu berücksichtigen. Mithilfe von Standortfaktoren kann können die Kennwerte auf den jeweiligen Bauort angepasst werden (BKI, 2022).

Der Index ist nach verschiedenen Baukategorien, wie Wohnbau oder Bürogebäude, gegliedert und dient vor allem Architekten und Planern als Kalkulationshilfe sowie als Maßstab für die Kostenplanung und -kontrolle. Zudem ermöglicht er den Vergleich historischer Baukosten und hilft bei der Anpassung an regionale Preisunterschiede, wodurch er eine zentrale Rolle in der Bauwirtschaft spielt (Simlinger, 2022).

2.5 Grundlagen der Nachhaltigkeit

Um das Ziel der Klimaneutralität zu erreichen, muss eine grundlegende Anpassung der Lebensweise und des Konsumverhaltens sowie eine Reduktion der Entnahme und Verarbeitung von Rohstoffen um mindestens 60 % erfolgen (Klinge & Roswag-Klinge, 2023). Nachwachsende Rohstoffe, insbesondere Holz, bieten dafür großes Potential, indem sie Forstwirtschaft und Bauwesen in einem nachhaltigen Kreislauf verbinden. Zur Erreichung der Klimaziele muss ein Umdenken im Bauwesen stattfinden: in Europa ist ein Weg weg vom Neubau notwendig. Der Fokus sollte stattdessen auf Sanierung, Umnutzung und der Wiederverwendung von Bauteilen liegen. Eine Verdopplung der Sanierungsquote von derzeit 1 % auf 2 % ist beispielsweise notwendig, um Klimaziele wie die Begrenzung der Erderwärmung auf 1,5 °C zu erreichen (Klinge & Roswag-Klinge, 2023).

2.5.1 Oekoindex OI3

Es existieren unterschiedliche Umweltindikatoren um Umweltauswirkungen von Bauteilen und Gebäuden zu bewerten. In Österreich wurde zu diesem Zweck der Oekoindex OI3 entwickelt:

Der Oekoindex OI3 dient der Bewertung der ökologischen Qualität von Baumaterialien anhand der Umweltindikatoren *Globales Erwärmungspotential*, *Versauerungspotential* und dem *Verbrauch nicht erneuerbarer Primärenergie*. Dieser Index kann auf Baustoffe, Baukonstruktionen und ganze Gebäude angewendet werden. Als Einzelwert liefert der OI3 eine Abschätzung welche Auswirkungen die Produktion eines Bauwerks auf die Klimaerwärmung, die Umweltversauerung als auch auf den Verbrauch von nicht erneuerbaren Energieressourcen hat (IBO, 2023).

2.5.2 Global Warming Potential (GWP)

Das Globale Erwärmungspotential (*Global Warming Potential*) ist einer von drei wesentlichen Bestandteilen der Berechnung des Oekoindex OI3 und darüber hinaus ein wichtiger Indikator für die Emissionen eines Bauteils (über unterschiedliche Lebensphasen hinweg).

Das *Global Warming Potential* (GWP) ist ein Maß zur Bewertung der Klimawirkung durch Treibhausgas-Emissionen über einen definierten Zeitraum (meist 100 Jahre). Diese Emissionen werden zur besseren in Relation zur Wirkung von Kohlendioxid (CO₂) gesetzt, und wird in CO₂-Äquivalenten (CO₂-Äqv./CO₂-eq.) angegeben. Das GWP somit gibt an, wie viel CO₂ während der Herstellung eines Gebäudes oder Bauteils in die Atmosphäre freigesetzt wird (IBO, 2023).

Das GWP kann zum einen für Gebäude, aber zum anderen auch für einzelne Bauteile berechnet werden. Dabei hilft es die Klimawirkung von Produkten, Prozessen oder Materialien einzuschätzen und ist ein wichtiger Indikator zur Bewertung von Treibhausgasemissionen. Es gibt drei Kennwerte, welche in weiterer Folge für diverse Lebenszyklusphasen berechnet werden können:

1. **GWP_{Fossil}** : Dieser Wert zeigt auf, wie viel Treibhausgasemissionen aus fossilen Brennstoffen über die gesamte Herstellung eines Bauteils freigesetzt werden. Die Summe an Emissionen wird in CO₂ Äquivalenten angegeben.
2. **GWP_{Biogen}** : Dieser Wert berücksichtigt die Menge an CO₂, die in der verwendeten Biomasse gebunden ist. Da die Biomasse während ihres Wachstums CO₂ aus der Atmosphäre aufnimmt, weist dieser Wert ein negatives Vorzeichen auf und reduziert somit das Gesamtergebnis des GWP.
3. **GWP_{Total}** : Dieser Wert ergibt sich aus der Summe der freigesetzten Treibhausgas-Emissionen und dem im Bauteil gebundenen CO₂ Äquivalent. Er stellt sozusagen die Bilanz des GWP eines Bauteils oder Gebäudes dar und gibt an, in welchem Ausmaß es zur Erderwärmung beiträgt.

Die Berechnung des *Global Warming Potentials* über mehrere Lebenszyklusphasen und Nutzungskaskaden gestaltet sich äußerst komplex. Das Institut für Baubiologie und Ökologie (IBO) arbeitet jedoch intensiv daran, die Methoden zur Berechnung der Kaskadennutzung weiterzuentwickeln, um präzisere und praxisnahe Ergebnisse zu ermöglichen (Dolezal, 2023).

2.5.3 Lebenszyklusphasen

Die Lebenszyklusphasen eines Bauteils beschreiben die unterschiedlichen Abschnitte seiner Lebensdauer, von der Gewinnung der Rohstoffe bis hin zur Verwertung am Lebensende (siehe Abbildung 7). Phase A umfasst die Herstellung, einschließlich der Rohstoffgewinnung, des Transports und des Einbaus auf der Baustelle. In Phase B steht die Nutzung des Produkts im Fokus, während Phase C den Rückbau, die Demontage oder den Abbruch beschreibt. Phase D berücksichtigt schließlich Gutschriften und Lasten, die durch Wiederverwertung und Rückgewinnung entstehen. Diese werden komplex gegengerechnet, um die Potentiale der Kreislaufwirtschaft präzise zu erfassen und deren ökologische Vorteile zu bewerten (ÖNORM EN 15804, 2022)

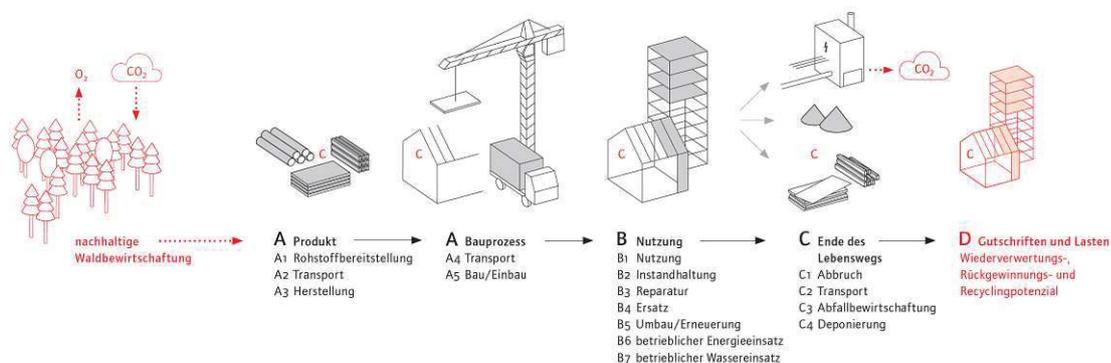


Abbildung 7 Lebenszyklusphasen am Beispiel Holzbau (Dolezal, 2023)

Bei der Auswertung des Re-Use-Potentials in Bezug auf Emissionen (siehe Abschnitt 3.2.4) werden die Lebenszyklusphasen A1 bis A3 herangezogen. Diese Phasen umfassen die Gewinnung und Aufbereitung der Rohstoffe (A1), die Transportprozesse bis zur Produktion (A2) sowie die eigentliche Herstellung der Baumaterialien (A3). Durch die Fokussierung auf diese frühen Lebenszyklusphasen lassen sich die Emissionen analysieren, die direkt mit der Rohstoffaufbereitung und der Produktion von Bauteilen verbunden sind, was eine fundierte Grundlage für die Bewertung des Re-Use-Potentials bietet.

2.5.4 Lebenszyklusanalyse (LCA)

Die Europäische Kommission unterstützt die Umsetzung der Kreislaufwirtschaft im Bausektor, um die Klimaziele zu erreichen. Eine wesentliche Methode zur Bewertung der Umweltwirkungen von Gebäuden ist die Lebenszyklusanalyse (auch Ökobilanz oder Umweltbilanz genannt). Diese berücksichtigt den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks, von der Rohstoffgewinnung über die Nutzung bis hin zur Entsorgung. Der Holzbau bietet in diesem Kontext besondere Vorteile, darunter die Kaskadennutzung von Holz sowie die temporäre Speicherung von Kohlenstoffdioxid. Durch den Einsatz

erneuerbarer Energiequellen kann der Energiebedarf im Bauprozess weitgehend gedeckt werden. Zudem ermöglicht Holz die Zerlegung und Wiederverwendbarkeit von Bauteilen, was die Nachhaltigkeit weiter fördert (Dolezal, 2023).

In den vergangenen Jahren haben sich mehrere Bewertungsschemen für den ökologischen Fußabdruck von verschiedensten Wirtschaftsaktivitäten entwickelt. Dazu wurden internationale Normen verfasst wie zum Beispiel die ISO 14040, in welchen grundlegenden Festlegungen zu Ökobilanzierungen dargestellt werden.

„Die Ökobilanz oder Lebenszyklusanalyse nach DIN EN ISO 14040 bzw. 14044 dient dazu, die potenziellen Umweltauswirkungen eines Produktsystems über den gesamten Lebensweg zu beurteilen. Eine Ökobilanz besteht aus vier Phasen: der Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens, der Sachbilanz, einer Wirkungsabschätzung und der Auswertung.“ (VDI Zentrum Ressourceneffizienz, 2024)

2.6 Rechtsgrundlagen

2.6.1 Geprüfte Aufbauten

Die Plattform *dataholz.eu* (HFA, 2024a) bietet umfassende Informationen zu Baustoffen, Verbindungstechniken und geprüften Bauteilen, die für den Einsatz im Bauwesen geeignet sind. Die Bauteildatenblätter von *dataholz* der für diese Arbeit relevanten Aufbauten finden sich im Anhang B wieder.

Weitere Informationen zu geprüften Aufbauten und Zulassungen sind der Arbeit von Alexander Ladentrog im Kapitel 2.5 zu entnehmen.

2.6.2 EU-Taxonomie

Die EU-Taxonomie-Verordnung definiert Kriterien, um "grüne" oder "nachhaltige" Wirtschaftstätigkeiten innerhalb der EU zu klassifizieren. Zuvor fehlte eine verbindliche Definition für umweltfreundliche oder nachhaltige Aktivitäten (EU Taxonomie Grundlagen, 2024).

In der EU-Taxonomie sind Vorgaben enthalten, die darauf abzielen, den Ressourcenverbrauch im Bauwesen zu minimieren. Dazu gehört zum Beispiel, dass Bau- und Abbruchabfälle zu mindestens 70 % recycelt oder wiederverwendet werden sollen. Zukünftige Bewertungsmaßstäbe sollen auch die Wiederverwendung von Bauteilen und die Reduktion von sogenannten grauen Emissionen (Emissionen, die während der Materialherstellung, des Transports und der Entsorgung entstehen) berücksichtigen. Die Vorgaben wurden und werden in weiterer Folge im Bundesrecht umgesetzt siehe (ÖNORM B 3151, 2022).

Das vierte der sechs Ziele der EU Taxonomie ist der **Übergang zu einer Kreislaufwirtschaft** (EU Taxonomie Grundlagen, 2024). Darüber hinaus sollen etwa die EU-Klimaziele unterstützt und Greenwashing verhindert werden.

2.6.3 Stellung wiederverwendeter Bauteile

Um der Forderung nach mehr Wiederverwendung entsprechen zu können, muss jedoch die Rechtslage angepasst werden, da ein Baustoff oder Bauteil nach dem Abbruch rechtlich Abfall ist (Hafner, 2023). Zum Thema Haftung und Gewährleistung fasst der Leitfaden im Auftrag des Klimaministeriums wie folgt zusammen:

„Aus bautechnischer Sicht behalten Gebäudekomponenten bei unveränderter Funktionalität eine CE-Zertifizierung. Die Produkthaftung verbleibt beim Hersteller, solange die ursprüngliche Funktion erhalten bleibt.“ (Baukarusell et al., 2021, S. 8)

3 METHODEN

In diesem Abschnitt werden die methodischen Schritte erklärt, welche im Zuge dieser Arbeit durchgeführt wurden, um die zu Beginn gestellten Forschungsfragen beantworten zu können.

Das erste Kapitel **Demontage** befasst sich mit dem Rückbau, der Zerlegung von Fertighäusern. Dabei wird gezeigt, welche Schritte notwendig sind, um ein Gebäude aus Bautafeln bis auf die Bodenplatte zu demontieren und auf Sattelzüge zu verladen.

Das zweite Kapitel **Auswertung** erklärt, wie die Bauteile in weiterer Folge auf ihr Re-Use-Potential untersucht werden und mit welchen Vergleichswerten dies vonstattengehen kann.

Im dritten Kapitel **Remontage** werden die verschiedenen Vorgehensweisen dargestellt, wie für den Re-Use geeignete Bauteile erneut verbaut werden können und wie der Re-Use-Anteil am Neubau berechnet und bewertet werden kann.

3.1 Demontage: Perspektiven des Rückbaus

Häufig wird bei der Errichtung von Bauwerken die spätere Demontage nicht ausreichend berücksichtigt. In Zukunft soll sich dies jedoch schrittweise ändern, beispielsweise durch die verpflichtende Beilage von Rückbaukonzepten bei der Bauantragstellung. Aus diesem Grund wird künftig vermehrt Fokus auf die Demontierbarkeit von Gebäuden gelegt werden, was auch verstärkte Forschung und neue Konzepte in diesem Bereich erfordern wird (Luger, 2024).

Bei als Musterhaus konzipierten Fertighäusern wird der spätere Um- oder Rückbau bereits während der Planung und Errichtung berücksichtigt. Aus diesem Grund wird von Beginn an darauf geachtet, die Gebäude möglichst demontagefreundlich zu gestalten. So wird beispielsweise im Obergeschoß häufig Trockenestrich verwendet, um den Rückbau zu erleichtern. Zudem werden in vielen Fällen die Sanitärobjekte im Obergeschoß nicht angeschlossen, was den Rückbauprozess weiter vereinfacht.

Die folgenden Unterkapitel erläutern die notwendigen Schritte und Methoden des Rückbaus, wie sie bei der Demontage des Hauses EH 251 (siehe Kapitel 4.1.1) angewendet wurden.

3.1.1 Erörterung des Re-Use-Potentials

Zur Bewertung des Wiederverwendungspotentials ist zunächst obligatorisch einzuschätzen, welche Bauteile innerhalb eines wirtschaftlich vertretbaren

Zeitrahmens demontiert werden können und welche Bauteile sinnvollerweise nur durch Zerstörung abgetragen werden können. So könnten beispielsweise Fliesen theoretisch vorsichtig entfernt und von Kleberresten befreit werden, um sie erneut zu verwenden. Der dafür erforderliche Aufwand steht jedoch in keinem sinnvollen Verhältnis zur möglichen Ersparnis, sodass derzeit ein Neukauf der Fliesen wirtschaftlich sinnvoller erscheint.

Ein großer Vorteil beim Rückbau von Bauwerken in Holztafelbauweise liegt in der meist sehr detaillierten Dokumentation. Im Rahmen der CAD-gestützten Werkplanung werden genaue Pläne für alle Holztafeln erstellt. Diese Pläne umfassen nicht nur den Aufbau der Bauteile und die Lage der Pfosten innerhalb der Wände und Decken, sondern auch Befestigungspunkte, Maße sowie die Position von Einbauten, Sanitärleitungen, Leerverrohrungen und Zugdosens.

Ohne diese Dokumentation, insbesondere ohne Kenntnisse darüber, wo die Bauteile miteinander verschraubt sind, wäre ein zerstörungsfreier Rückbau nur unter enormem Aufwand durchführbar. Eine solche Dokumentation ist daher ein wesentlicher Bestandteil jeder Re-Use-Planung.

3.1.2 Vorbereitende Maßnahmen

Vor dem Rückbau der tragenden Bauteile muss das Gebäude vollständig geleert und der Innenausbau demontiert werden. Diese Arbeiten können von einem kleinen Team aus zwei bis drei Arbeitskräften ohne spezielle Fachausbildung durchgeführt werden. In der Regel besteht hierbei kein hoher Zeitdruck, da zwischen der Ankündigung, dem Verkauf und der Demontage eines Musterhauses meist mehrere Monate liegen.

Falls bei der Demontage Zeitdruck vorherrscht, kann die Dauer der Arbeiten durch den Einsatz zusätzlicher oder hochqualifizierter Arbeitskräfte reduziert werden. Dies führt jedoch in der Regel zu höheren Kosten für die Arbeiten. Die Priorisierung von Kosten, Terminen oder Qualität ist letztlich eine Entscheidung des Auftraggebers.

Ausräumen

Werden Musterhäuser zum Verkauf angeboten, sind diese oft mitsamt Möblierung und Küche inseriert, wie in Abbildung 8 zu sehen ist. Daher müssen zunächst erst alle Möbel aus dem Haus gebracht werden und alle Einbaukästen, Leuchten sowie die Küche abgebaut werden. Die Möbel können grundsätzlich verkauft oder wiederverwendet werden.

Dem Käufer obliegt dabei die Entscheidung, ob er diese Arbeiten selbst verrichten möchte, oder er dabei auf Hilfskräfte zurückgreift.



Abbildung 8 Bilder des möblierten Musterhauses zum Verkauf (Anonymisierter Hersteller, 2023)

„Sämtliches Mobiliar ist im Preis beinhaltet. Lediglich unsere Büroausstattung (...) und die Bilder sind nicht enthalten.“ (Anonymisierter Hersteller, 2023)

Abbruch des Ausbaus

Ist das Gebäude vollständig geleert, beginnen die eigentlichen Rückbauarbeiten: Zunächst werden die Innentüren ausgehängt, anschließend die unteren Beplankungen der Decken entfernt sowie der gesamte Bodenbelag und der Trockenstrich aus dem Obergeschoß abgetragen. Der Zementstrich im Erdgeschoß bleibt bis zum Ende der Arbeiten bestehen, allerdings wird entlang der Wände ein 10 cm breiter Streifen entfernt, um die Stellen freizulegen, an denen die Wände auf der Fundamentplatte aufliegen. Auch die Sanitärausstattung und die Haustechnik werden schrittweise zurückgebaut.

Im Außenbereich werden die Terrassenbeläge und Geländer demontiert sowie die Perimeterdämmung entfernt, um von außen Zugang zu den Schwellenanschlüssen der Wände zu erhalten. Die Fügestellen der Wände werden ebenfalls an der Außenseite freigelegt. Nach der Entfernung von Kies und Flachdachbelägen werden die Gefälledämmplatten der Terrassen und des Kaltdaches rückgebaut.

Für einige Arbeiten wird dabei bereits ein Gerüst benötigt. Daher wird das Gebäude ein bis zwei Wochen vor Beginn der Demontage der Bautafeln eingerüstet.

Nach Abschluss dieser Arbeiten bleibt gemäß ÖNORM B 2310 ein Ausbauhaus zurück (ÖNORM B 2310, 2022).

3.1.3 Demontage der Tafelbauelemente

Ab diesem Arbeitsschritt steigen sowohl die qualitativen Anforderungen an die Arbeitskräfte als auch der Zeitdruck für die Arbeiten, da Stehzeiten für Arbeiter und Geräte mitunter hohe Kosten verursachen können.

Grundsätzlich steht es dem Käufer eines Musterhauses frei, den Rückbau selbst oder mit Helfern seiner Wahl durchzuführen, was jedoch mangels Qualifikation und Erfahrung wenig empfehlenswert ist.

Idealerweise werden Rückbau und Transport gemeinsam an die verkaufende Fertighausfirma vergeben. Diese verfügt nicht nur über die erforderlichen Arbeitskräfte, Werkzeuge und Geräte, sondern auch über die passenden Logistik-Partner für ein solches Vorhaben. Zudem besitzen die Zimmerer einer Fertighausfirma das notwendige Know-how über die ursprüngliche Montage der Elemente, was eine effiziente und fachgerechte Demontage ermöglicht. Abbildung 9 zeigt die Zimmerer einer Fertighausfirma bei der Demontage von vorgefertigten Holztafeldecken. Selbst für Laien ist auf den ersten Blick erkennbar, dass Profis am Werk sind, da jeder Handgriff präzise ausgeführt wird.



Abbildung 9 Zimmerer beim Rückbau von Deckenelementen (eigene Abbildung)

Die Demontage eines zweigeschossigen Fertigteilhauses dauert in der Regel etwa vier bis fünf Werktage, abhängig von der Witterung und der Leichtigkeit, mit der sich die Bauteilfugungen trennen lassen. Bei Regen kann das Dach nicht abgedeckt werden, und gegebenenfalls müssen Geschossdecken mit Planen geschützt werden, um die Durchfeuchtung wichtiger Bauteile zu vermeiden.

Bei einem Steildach muss die Dacheindeckung entfernt werden, wobei die Unterdeckbahn erhalten bleibt, um den Dachstuhl trocken zu halten.

Am ersten Tag verschaffen sich die Zimmerer einen Überblick über das Gebäude und legen die Schraubverbindungen der Bauteile sowie die Hebelaschen für die Befestigung am Kranhaken frei. Am zweiten Tag beginnt mit dem Aufstellen des Krans die eigentliche Demontage der Tafelbauelemente.

Attikaelemente / Dachstuhl

Bei einem Flachdach werden die miteinander verklebten Bitumenbahnen abgezogen und so das Dach abgedeckt. Anschließend werden die Schraubverbindungen zwischen den Dachelementen sowie zu den Geschossdecken gelöst. Währenddessen ist der Kran bereits aufgestellt, sodass die ersten Bautafeln vom Dach auf den jeweiligen Sattelaufleger gehoben werden können.

Bei einem Steildach wird der Dachstuhl anstelle der Attikaelemente demontiert.

Decken

Sobald alle Bauteile von der Decke entfernt wurden, kann mit dem Lösen der Deckenverbindungen begonnen werden. Diese sind häufig nicht genagelt, sondern mit Schrauben an den Wänden befestigt.

Nachdem die Decken vollständig von ihren Befestigungen gelöst wurden, werden sie vom Bestand getrennt und an den dafür vorgesehenen Hebelaschen, ähnlich wie die Attikaelemente, nacheinander auf den Auflieger des Sattelzugs verhoben.

Wände

Sind alle Decken einer Ebene demontiert worden, werden die Verbindungen der Wände darunter gelöst. Dabei bleiben einige Schraubverbindungen bestehen, bis das jeweilige Element am Kranhaken hängt, um ein unkontrolliertes Umfallen der Wände aufgrund einer kräftigen Windböe zu verhindern.

Der Rückbau beginnt mit den Außenwänden, damit eine Seite des Gebäudes offenbleibt und der Kranführer nach Möglichkeit ins Haus sehen kann. Danach werden die Innenwände und anschließend die Außenwände, meist in der entgegengesetzten Reihenfolge der Montagereihenfolge, auf den Sattelzug verladen, wie Abbildung 10 zeigt.



Abbildung 10 Wandelement wird auf den Sattelzug verladen (eigene Abbildung)

Sobald alle Wände einer Ebene demontiert sind, wird mit den Deckenelementen des darunter liegenden Geschosses fortgefahren, bis nur noch die Bodenplatte (oder ein Massivbaugeschoss) bestehen bleibt.

Auf diese Weise wird ein Fertighaus systematisch zerlegt.

3.1.4 Transport

Der Transport der Tafelbauelemente erfolgt wie beim Transport vom Werk zur Baustelle mit einem Sattelkraftfahrzeug. Die Auflieger sind mit Schiebepflanzen oben, links und rechts ausgestattet, die das Einheben der Bauteile von oben ermöglichen und dem Kranführer eine freie Sicht auf die Ladefläche bieten. Zur Stabilisierung und Ladungssicherung der Bautafeln befinden sich Stahlstangen an den Seiten und in der Mitte der Ladefläche.

Wie bei der werksseitigen Verladung muss auch bei der Demontage die Reihenfolge der Beladung sorgfältig geplant werden. Für die Bauteile eines zweigeschossigen Einfamilienhauses werden in der Regel vier bis fünf Sattelzüge benötigt (J. Hahn & M. Schandl, persönliche Kommunikation, 24. April 2024). Das Eintreffen der Sattelschlepper sollte ebenfalls gut koordiniert werden, um lange Standzeiten der Fahrer zu vermeiden und beengten Platzverhältnissen vorzubeugen.

3.2 Auswertung: Berechnung des Re-Use-Potentials

Um die Sinnhaftigkeit, den Nutzen und die potenzielle Ersparnis durch die Wiederverwendung von Bauteilen zu beurteilen, ist es notwendig, verschiedene Szenarien miteinander zu vergleichen. Das IBO (Institut für Bauen und Ökologie) erläutert dazu wie folgt:

„Soll die Wirtschaftlichkeit einer Konstruktion (beispielsweise eine Dämm-Maßnahme in der Sanierung) beurteilt werden, ist eine zentrale Frage, ob und ab wann sich die Maßnahme amortisiert. Für die Bewertung der ökonomischen Qualität einer Konstruktion sind quantifizierbare ökonomische Aspekte und Auswirkungen auf der Grundlage der Lebenszykluskosten und des Kapitalwertes zu berücksichtigen.“ (IBO, 2024)

Auch ökologische Ansätze im Zeichen des Umwelt- und Klimaschutzes werden von Gesetzgebern auf verschiedenen Ebenen häufig durch finanzielle Anreize oder Sanktionen bei Nichterfüllung vorangetrieben. Insbesondere Unternehmen und Konzerne orientieren sich primär an wirtschaftlichen Entscheidungsgrundlagen. Werden jedoch, wie beschrieben, monetäre Anreize geschaffen, zeigen viele Unternehmen eine höhere Bereitschaft, sich aktiv am Klimaschutz zu beteiligen.

Daher können, CO₂-Emissionen oder Ressourcenschonung auch unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten messbar werden, wie etwa durch die Bepreisung des CO₂-Ausstoßes. Kritische Gedanken lassen vermuten, dass viele Unternehmen ihre Umwelt- und Klimaziele schnell aus den Augen verlieren würden, sollten regulatorische Vorgaben oder finanzielle Strafzahlungen entfallen.

In diesem Zusammenhang ist die Frage naheliegend, welche Mengen an Ressourcen (Bauteilmasse), Kosten oder CO₂-Emissionen durch den Einsatz wiederverwendeter Bauteile eingespart werden können.

Ein Gebäude, das vollständig aus neuen Bauteilen errichtet wird, verbraucht eine größere Menge an Ressourcen im Vergleich zu jenem, bei welchem Teile aus wiederverwendeten Bauteilen bestehen. Durch den Einsatz solcher Re-Use-Bauteile können erhebliche Einsparungen erzielt werden – gleichermaßen in Bezug auf den Ressourcenverbrauch, die Kosten oder die CO₂-Emissionen. Dieser Vergleich soll die Einsparungen an Kosten und Ressourcen durch die Wiederverwendung von Bauteilen aufzeigen. Die Ergebnisse dieses Vergleichs sind die Basis, um im Kapitel 4.2 die zweite Forschungsfrage nach dem Re-Use-Potential von Holztafelbauwerken zu beantworten.

In weiterer Folge wird der nachstehend beschriebene Vergleichsprozess des Re-Use-Potentials an einem Beispielgebäude durchgeführt. Als Referenzprojekt wird das Musterhaus herangezogen, dessen Demontage im Kapitel 4.1.1 dokumentiert wird.

Vergleichsparameter

Diese Rechnung wird anhand dreier Vergleichswerte durchgeführt. Zuerst wird als Referenzmenge die Bauteilmasse herangezogen (3.2.2). Anhand dieses Vergleichswertes wird erstmals ermittelt, welcher Anteil einer Menge wiederverwendet werden kann.

Aussagen über potenzielle wirtschaftliche oder ökologische Vorteile durch Wiederverwendung können jedoch erst durch den Vergleich der Kosten (3.2.3) sowie der CO₂-Einsparungen (3.2.4) getroffen werden, wobei letzteres am *Global Warming Potential* verglichen wird. Beim Vergleich dieser beiden Parameter müssen zahlreiche Faktoren mitberücksichtigt werden, wohingegen die Massenauswertung vergleichsweise trivial ist.

Die Massen und Kosten einzelner Bauteile können mithilfe von Referenzwerten verhältnismäßig genau ermittelt werden. Für das Einsparungspotential des GWP wurde die Reduktion in kg CO₂-Äquivalenten berechnet, jedoch nicht in Relation zur Gesamtmenge gesetzt. Dies liegt unter anderem daran, dass die Qualität und Herstellung vieler nicht wiederverwendbarer Bauteile im Rahmen dieser Arbeit ohne erheblichen Aufwand und viele Unsicherheiten nicht vollständig untersucht werden konnten.

Bewertung der Ergebnisse

Für die Vergleichskategorien kann ein spezifisches Re-Use-Potential als Anteil der jeweiligen Gesamtmenge ermittelt werden. Ein einzelner Re-Use-Faktor liefert jedoch nur eingeschränkte Aussagekraft, da die Ergebnisse in den Kategorien Masse, Kosten und Ökologie für ein Bauelement stark variieren können:

Zementestrich ist als Bauelement beispielsweise relativ schwer, kostengünstig in der Herstellung, aber mit einem hohen CO₂-Ausstoß verbunden. Im Gegensatz dazu ist Gefälledämmung aus EPS leicht, teuer und wenig ökologisch im Herstellungsprozess. Ein signifikanter ökologischer Vorteil kann die Sinnhaftigkeit von Re-Use, selbst bei fehlender wirtschaftlicher Rentabilität, rechtfertigen.

Daher sollten die ökonomischen und ökologischen Aspekte niemals isoliert betrachtet oder bewertet werden. Ökologischer Mehrwert ist oft mit Investitionen verbunden.

3.2.1 Bestandsaufnahme und Gliederung

Die Grundlage für die Ermittlung des Re-Use-Potentials bildet die Dokumentation und Kategorisierung aller Bauteile des Bestands. Im Beispielfall wurden die Bauteile des Musterhauses aus der Blauen Lagune, einer Musterhaussiedlung in Wiener Neudorf, sowohl vorab anhand der Pläne als auch während der Demontage erfasst. Diese Daten wurden anschließend in eine Tabelle der vorhandenen Bauteile eingetragen, die als Grundlage für die Berechnung des Re-Use-Faktors dient. Ergänzend wird für die Bauteile angegeben, welcher Ausbaustufe gemäß ÖNORM B 2310 (ÖNORM B 2310, 2022) und welchen Kostenbereichen laut ÖNORM B 1801-1 (ÖNORM B 1801-1, 2022) diese entsprechen.

Zustandsbewertung und Potential

Für die Bewertung der möglichen Wiederverwendung muss zunächst festgestellt werden, welche Bauteile grundsätzlich für die De- und Remontage geeignet sind. Darüber hinaus spielt die Zustandsbewertung der Bauteile, ähnlich wie in der Bauteil-Datenbank, eine zentrale Rolle. Diese Bewertung wird mit einem Re-Use-Faktor durchgeführt und beschreibt den potentiellen Anteil der Wiederverwendung.

Zur leichteren Zuordnung stehen für den Re-Use-Faktor sechs Stufen in 20%-Schritten von 0% bis 100% zur Verfügung. Wenn Bauteile grundsätzlich geeignet, aber im Bestandsgebäude in schlechtem Zustand sind, liegt das Potential bei etwa 40% statt 100%, da realistisch gesehen nur rund 2/5 der Teile wiederverwendet werden können, während die restlichen 60% lediglich recycelt werden können.

Mengenermittlung

Bevor das Einsparungspotential berechnet werden kann, müssen zunächst die Bauteilmassen erfasst werden. Dazu wurde eine Aufstellung der wesentlichen Bauteile und Baustoffe erstellt, die anschließend um die entsprechenden Mengenangaben ergänzt wurde. Die Maße, Flächen und Volumen basieren größtenteils auf den Planunterlagen des Musterhauses. Nicht vorhandene Maße wurden direkt vor Ort aufgenommen.

Die Bauteile wurden auf der dritten Ebene der Baugliederung erfasst. Dabei wurden sowohl die Kostenbereiche als auch die Baugliederung den erfassten Bauteilen zugeordnet, um nach bestimmten Gruppen filtern zu können.

3.2.2 Massenauswertung

Die Referenzgröße der ersten Auswertung ist die Bauteilmasse. Diese Auswertung soll aufzeigen, welcher Anteil der Gesamtmasse eines Holz Fertigteilhauses wiederverwendet werden kann. Dies kann am Volumen oder an der Masse/des Gewichts der Bauteile erfolgen, wie in Tabelle 3 beispielhaft ausgeführt wird.

Das spezifische Gewicht (die Wichte) der Konstruktion ist im Holzrahmenbau im Vergleich zum Massivbau deutlich geringer. Daher wurde entschieden, die Masse in Kilogramm und nicht das Volumen als Referenzgröße zu wählen.

Die zuvor ermittelten Mengen werden mit dem Gewicht pro Einheit (m, m², m³) multipliziert, um die Gesamtmasse des jeweiligen Bauteils zu berechnen. In der nächsten Spalte wird der *Re-Use-Faktor* des jeweiligen Bauteils angegeben. Die Einsparung in der Massenauswertung ergibt sich aus der Multiplikation der Gesamtmasse mit dem möglichen *Re-Use-Faktor*.

Tabelle 3 Vorgehensweise Massenauswertung

Baugliederung 1.-3- Ebene	Ausbau Elemente	Bauteil Stufe	Bauteil Bezeichnung	Menge	Gewicht	Masse (kg)	Reuse	Ersparnis	
				EH	kg/EH	kg	Faktor (%)	Masse (kg)	Anteil
2 Rohbau	2C.03	-	Fundamentplatte	191 m ²	500	95 500	0%	0	0
2 Rohbau	2D.01	1 A	Decken	320 m ²	62	19 840	100%	19 840	44,50%
2 Rohbau	2D.02	3 S	Stiege	1 Stk.	400	400	80%	320	0,72%

Am Ende der Auswertung werden die Gesamtmassen der Bauteile sowie die Gesamtsumme der Einsparungen, jede für sich, addiert. Durch die Division der Einsparungssumme durch die Gesamtmasse wird das *Re-Use-Potential* der Massenauswertung als prozentualer Anteil der Gesamtmasse ermittelt.

Im Zuge der Berechnungen wurde entschieden, Fundamentplatten und Kellergeschosse nicht in die Auswertung einzubeziehen, da diese die Ergebnisse stark verfälschen könnten. So macht beispielsweise die Fundamentplatte des Musterhauses etwa die Hälfte der Gesamtmasse aus und ist nicht wiederverwendbar.

Ebenso wäre das Re-Use-Potential von Gebäuden mit Fundamentplatte sonst nicht mit Gebäuden mit Unterkellerung vergleichbar. Fundamente und Kellergeschosse bestehen zumeist aus Stahlbeton, welcher eine enorme Wichte aufweist und nicht mit dem Holzbau vergleichbar ist. Daher werden in die Berechnung nur Bauteile oberhalb der Fundamentplatte bzw. der Kellerdecke einbezogen.

3.2.3 Kostenauswertung

Die zweite analysierte Größe ist der ökonomische Faktor, nämlich die Baukosten. Es wird abgeschätzt, wie groß die Kostenersparnis im Vergleich zu einem Neubau ohne wiederverwendete Bauteile ist.

Die meisten Menschen, einschließlich vieler Fachleute, haben wenig Erfahrung mit der Ermittlung und Bewertung der Masse von Bauteilen oder Bauwerken. Der Geldwert hingegen ist weitaus präsenter und für viele deutlich besser einschätzbar. Durch den Kostenvergleich wird das Re-Use-Potential nun erstmals auf eine leichter nachvollziehbare Größe bezogen. Dadurch kann die Sinnhaftigkeit des Re-Use-Prozesses nicht nur abgeschätzt, sondern auch anhand konkreter Zahlen bewertet werden. Als Ergebnis wird ein Kostenwert ermittelt, der die Ersparnis in Euro angibt und in weiterer Folge als Anteil an den Gesamtbaukosten des Neubaus in Relation gesetzt wird.

Viele Menschen fühlen sich motiviert oder sogar zum Kauf angeregt, wenn ihnen die potenziellen Einsparungen deutlich vor Augen geführt werden – ähnlich wie bei Rabattcodes, Sonderangeboten oder Preisnachlässen.

Da im Rahmen des Re-Use-Anteils lediglich die Bauwerkskosten für den Wiederverwendungsanteil verglichen werden sollen, wurden nur die Kostengruppen 2, 3 und 4 gemäß ÖNORM B 1801-1 in die Kalkulation aufgenommen (ÖNORM B 1801-1, 2022). Mithilfe von Summenformeln kann auch das Re-Use-Potential der einzelnen Kostenbereiche ermittelt und dargestellt werden.

Konstruktive Bauteile eignen sich eher für die Wiederverwendung, während Ausbauteile tendenziell weniger geeignet sind. Daher wird eine ungleiche Verteilung des Re-Use-Potentials in Bezug auf die Kostenbereiche der Bauwerkskosten erwartet. Die Verteilung des Re-Use-Potential wird vom Autor dieser Arbeit wie folgt abgeschätzt:

Die Kostengruppe 2 (*Bauwerk-Rohbau*) beinhaltet die konstruktiven Bauteile der Gebäude, also Außenwände, Innenwände, Geschoßdecken und das Dach. Von den genannten Elementen werden voraussichtlich 80-100% der Bauteile wiederverwendet werden können. Folgt man den üblichen Baukostenberechnungen, entfallen etwa 40 % der Baukosten auf die Kostengruppe 2. Rechnet man die Lieferung und Montage der Holztafelelemente hinzu, sollte ein vergleichbarer Anteil auch beim Musterhaus zu beobachten sein.

Die Kostengruppe 3 (*Bauwerk-Technik*) bildet die Kosten der Haustechnik, wie etwa Elektroarbeiten, HKLS-Gewerke sowie Informations- und Medientechnik ab. Strom-

und Wasserleitungen in Wänden und Decken können zum Großteil mit dem Bauteil wiederverwendet werden. Ebenso auch große Haustechnikanlagen wie Elektro-Verteiler, Wärmepumpen oder Photovoltaik-Speicher, sofern diese nicht aufgrund ihres Alters unbrauchbar geworden sind. Die Heizschlangen in den Estrichen, alte Geräte und Leitungen, können nur mehr entsorgt, allenfalls recycelt, jedoch nicht wiederverwendet werden. In der Kostengruppe 3 wird der *Re-Use-Faktor* voraussichtlich weniger als 40 % betragen. Lediglich die Wärmepumpe, die 1:1 wiederverwendet wurde und einen vergleichsweise hohen Wert aufweist, wird den Anteil etwas erhöhen.

Zur Kostengruppe 4 (*Bauwerk-Ausbau*) zählen insbesondere Aufbauten, Bekleidungen, Türen und Fenster sowie Bodenbeläge. Von diesen Elementen wurden lediglich die Eingangstür, die Fenster und die Terrassentüren wiederverwendet, wobei auch hier aufgrund des Alters von etwa 15 Jahren die Sinnhaftigkeit der Wiederverwendung hinterfragt werden kann.

Alle anderen Ausbau-Elemente eignen sich tendenziell nicht für eine Wiederverwendung. Dies liegt einerseits daran, dass viele dieser Bauteile nicht zerstörungsfrei rückgebaut werden können, wie beispielsweise Estriche oder Maler- und Spachtelarbeiten. Andererseits besitzen Bauteile wie Boden- und Wandbeläge sowie Innentüren eine vergleichsweise kurze Nutzungsdauer. Insgesamt wird daher für den Ausbau ein sehr geringer Wiederverwendungsfaktor angenommen, der jedoch durch die Wiederverwendung von Fenstern, Außentür und Sonnenschutz leicht erhöht wird.

Einheitspreise über Kennwerte berechnen

Für viele Gebäudetypen können die Einheitspreise für Bauleistungen im Baukostenindex (BKI) recherchiert werden. Allerdings sind Fertighäuser in Holztafelbauweise nicht im BKI berücksichtigt. Daher wurde im Rahmen dieser Arbeit zunächst eine Kostenermittlung für den Neubau des Musterhauses durchgeführt.

Anschließend erfolgte eine Aufteilung der Bauwerkskosten auf die Kennwerte der dritten Ebene mithilfe des BKI. Die Ergebnisse dieser Berechnung wurde der Kalkulationsabteilung der Firma ELK und einem Vertreter des Fertighausverbandes zur Plausibilitätsprüfung vorgelegt. Die errechneten Kostenkennwerte wurden als plausibel bewertet, wobei hinsichtlich unterschiedlicher Qualitäten und Ausstattungen eine Schwankungsbreite von $\pm 20\%$ eingeräumt wurde.

Ermittlung der Bauwerkskosten

Die Bauwerkskosten wurden auf zwei unterschiedliche Arten kalkuliert, um eine möglichst zuverlässige Grundlage für die Analyse zu schaffen. Anschließend wurde aus den Ergebnissen der beiden Kalkulationsmethoden der Mittelwert gebildet, welcher als Referenzwert für die weitere Auswertung verwendet wurde.

- Die Firma Elk gibt auf Ihrer Homepage ab-Preise der Fertigteilhäuser in vergleichbarer Art an. Heute findet man jedoch kaum geplante Musterhäuser mit so großer Wohnnutzfläche wie sie das Haus D bietet. Als größtes Haus mit Flachdach, wurde das Haus ELK 174 mit einer Wohnnutzfläche von 172,76 m² als vergleichbares Referenzprojekt (Abbildung 11) ausgewählt.

Fakten	
Grundstück ab	525,00 m ²
Bebaute Fläche	105,53 m ²
Nettogrundfläche	172,76 m ²
Erdgeschoss	86,82 m ²
Obergeschoss	85,94 m ²
Zimmer	5
Bezugsfertig ab ^①	€ 518.461



Abbildung 11 Referenzprojekt ELK 174 (Elk GmbH, 2024)

Das Fertighaus kostet schlüsselfertig und ohne Küche 502 461 € brutto in der einfachsten Ausführung. Das entspricht einem brutto Quadratmeterpreis von etwa 2 910 €. Auf 251 m² Wohnnutzfläche des Musterhauses hochgerechnet, kostet das Gebäude den Konsumenten etwa 720 000 € mit mittlerem Ausstattungs-Standard.

- Der zweiten Art der Berechnung liegen Baukosten-Kennwerte des Baukosteninformationszentrums Deutscher Architektenkammern (BKl) zugrunde. In diesem deutschen Nachschlagewerk werden Kostenkennwerte für Baukosten vieler Bauwerkskategorien angegeben. In der Kategorie *Ein- und Zweifamilienhäuser, Holzbauweise, nicht unterkellert* werden die Bauwerkskosten von 31 Holzbauwerken nach Kostengruppen gegliedert und verglichen. Als Ergebnis präsentiert das Werk Kostenkennwerte für Brutto-Rauminhalt (BRI), Brutto-Geschoßfläche (BGF) sowie Nutzfläche (NUF) und Wohnfläche (NE) im Mittelwert und in der Verteilung gelistet (siehe Abbildung 12).

Die Kennwerte werden auf die jeweilige Referenzmenge des Musterhauses hochgerechnet und vom 1. Quartal 2022, dem Erscheinungsquartal des BKI, mittels Baukostenindex auf das 2. Quartal 2024 indiziert.

Erfahrungsgemäß sind die Kostenkennwerte für Gebäude des BKI für ost-österreichische Verhältnisse um etwa 20% zu niedrig angesetzt. Daher wurden die deutschen Bruttowerte (inkl. 19% dt. MwSt.) als netto Kennwerte angenommen (Simlinger, 2022, S. 303 ff.).



Abbildung 12 Kostenkennwerte Ein- und Zweifamilienhäuser, Holzbauweise (BKI, 2022)

Die Berechnungen führen zu einem Kennwert von 2800 €/m² und Bauwerkskosten von etwa 700 000 € netto.

Aufteilung auf Kostenstellen

Im nächsten Schritt wurden die Bauwerkskosten unter Zuhilfenahme des Baukostenindex 2024 auf die einzelnen Kostenstellen aufgeteilt. Ergänzend dazu wurde dankenswerterweise eine schematische Aufstellung der Kostenverteilung von einer Fertighausfirma zur Plausibilisierung der Werte bereitgestellt.

Mit Hilfe dieser Aufstellung sowie der Einheitspreise aus dem BKI für Neubaukostenelemente wurden spezifische Einheitspreise für die vorhandenen Kostenstellen gebildet. Diese Methode erlaubte es, die Kostenstruktur realitätsnah abzubilden und eine fundierte Basis für die weitere Berechnung des Re-Use-Potentials in Bezug auf Kosteneinsparungen zu schaffen.

Ablauf der Kostenauswertung

Die Berechnung der kostenseitigen Einsparungen erfolgt grundsätzlich analog zur Massenauswertung und in der Tabelle 4 beispielhaft dargelegt. Dabei werden die Mengen aus der Massenermittlung mit den jeweiligen Einheitspreisen multipliziert, um die Nettokosten der einzelnen Elemente zu ermitteln. Anschließend werden diese Kosten pro Element mit dem jeweiligen Re-Use-Faktor multipliziert, wodurch sich die potenzielle Kosteneinsparung ergibt.

Tabelle 4 Vorgehensweise Kostenauswertung

Baugliederung 1.-3- Ebene				Menge	Einheits-	Kosten	Reuse	Ersparnis	
Kostenbereich	Elemente	Stufe	Bezeichnung	EH	preis (€)	€ (netto)	Faktor (%)	Kosten (€)	Anteil
2 Rohbau	2C.03	-	Fundamentplatte	191 m ²	270	51 570	0%	0	0
2 Rohbau	2D.01	1 A	Deckenelemente	320 m ²	200	64 000	100%	64 000	20,43%
2 Rohbau	2D.02	3 S	Stiege	1 Stk.	10 000	10 000	80%	8 000	2,55%

Nach der Summenbildung erhält man die Gesamtkosten des Bauwerks sowie die Summe der möglichen Einsparungen. Durch Division der Einsparungen der Kostenstelle durch die Gesamtersparnis lässt sich der Anteil der Kosteneinsparung am Gesamtbauwerk ermitteln.

3.2.4 Emissionsauswertung

In Hinblick auf die Zukunft im Zeichen des Klimawandels ist längst klar, dass es kaum mehr möglich ist, Themen rein ökonomisch zu betrachten, sondern dass diese auch ökologisch abgewogen werden müssen. Gerade deshalb muss das Re-Use-Potential der Bauteile auch ökologisch betrachtet werden. Dafür wird das GWP als Vergleichsbasis herangezogen.

Herangehensweise

Für die Berechnung der Einsparungen in Bezug auf CO₂-Emissionen wurde kein Anteil an einem Gesamtaufwand des Global Warming Potentials (GWP, siehe auch Kapitel 2.5.2) ermittelt. Der Grund dafür liegt an der Tatsache, dass viele Elemente in Herkunft, Herstellungsprozess und Art nicht eindeutig bestimmbar waren. Dies machte es unmöglich, für diese Bauteile ein aussagekräftiges GWP zu untersuchen.

Stattdessen wurde aufgezeigt, wie viele Kilogramm CO₂-Äquivalent eingespart werden könnten, wenn lediglich die konstruktiven Elemente zu 100 % wiederverwendet würden. Dabei wurden je das GWP_{Fossil}, das GWP_{Biogen} und das GWP_{Gesamt} ermittelt.

Die Gegenüberstellung dieser Werte ermöglicht es, die potenziellen Einsparungen im Rahmen der Wiederverwendung zu quantifizieren und deren Bedeutung im Kontext der Kreislaufwirtschaft hervorzuheben.

Ablauf der GWP-Auswertung

Die Auswertung der CO₂-Äquivalente verlief ähnlich wie die der vorherigen Auswertungen: Die Mengen der Bauteile wurden mit dem Global Warming Potential (GWP) für 1 m² Wandfläche multipliziert, um den gesamten GWP für jedes Bauteil zu berechnen. Durch die Summierung dieser Werte wurde der eingesparte CO₂-Äquivalentanteil an fossilen Emissionen sowie der GWP total (unter Berücksichtigung von gebundenem CO₂) ermittelt. Die Tabelle 5 stellt diese Vorgangsweise exemplarisch dar.

Die Daten für diese ökologische Bewertung wurden aus den Bauteildatenblättern von *Dataholz* (HFA, 2024a) entnommen, welche sich im Anhang B dieser Arbeit wiederfinden. Für die in *Dataholz* erfassten Bauteile ließ die *Holzforschung Austria* detaillierte ökologische Bewertungen durchführen, um eine präzise und fundierte Einschätzung der Umweltauswirkungen der verwendeten Materialien zu erhalten.

Tabelle 5 Vorgehensweise Emissionsauswertung

Baugliederung 1.-3- Ebene	Ausbau Elemente	Bauteil Stufe	Bauteil Bezeichnung	Menge EH	GWP Fossil		GWP Biogen		GWP Total	
					1 EH	Gesamt	1 EH	Gesamt	1 EH	Gesamt
Kostenbereich					[kg CO ₂ Äqv.]					
2 Rohbau	2D.01	1 A	Geschossdecken	320 m ²	40,37	12 917	-42,63	-13 641	-2,26	-724
2 Rohbau	2E.01	1 A	Außenwände + Attika	310 m ²	29,53	9 153	-16,86	-5 227	12,67	3 926

Die ökologische Betrachtung des Re-Use-Potentials vergleicht zwar nicht direkt die Einsparung mit dem Gesamtausstoß, gibt jedoch wertvolle Hinweise auf die Potentiale zur Reduktion von Treibhausgasemissionen durch die Wiederverwendung von Bauteilen. Sie zeigt auf, wie durch den gezielten Einsatz wiederverwendeter Bauteile die Emissionen reduziert werden können, insbesondere in Bezug auf fossile Brennstoffe und den damit verbundenen CO₂-Ausstoß.

Dies soll die Relevanz von Kreislaufwirtschaft-Ansätzen im Bauwesen unterstreichen, die nicht nur Ressourcen schonen, sondern damit auch einen direkten Beitrag zur Eindämmung des Klimawandels leisten.

3.3 Remontage: Re-Use-Anteil am Neubau

Neben der Auswertung des Anteils der Bauteile eines Bestandsgebäudes, die für die Wiederverwendung geeignet sind (vgl. Kapitel 3.2) kann auch für einen Neubau analysiert werden, welcher Anteil wiederverwendeter Bauteile eingesetzt wird.

Der Re-Use-Anteil bezieht sich auf die Wiederverwendung der oberirdischen, konstruktiven Bauteile bei einem neuen Bauwerk. Verglichen wird somit der Anteil der wiederverwendeten Bauteilflächen der Kostengruppe 2 (Bauwerk-Rohbau) gemäß ÖNORM B 1801-1 (ÖNORM B 1801-1, 2022) an der Gesamtsumme aller oberirdischer, konstruktiver Bauteilflächen. Kellergeschosse und Fundamentplatten bestehen meist aus Stahlbeton und sind in den seltensten Fällen wiederverwendbar. Aus diesem Grund werden diese Bauteile nicht in die Berechnung des Re-Use-Anteils einbezogen. Würden sie berücksichtigt werden, hätte ein Haus mit Keller automatisch einen niedrigeren Re-Use-Anteil gegenüber einem Haus mit Fundamentplatte, was die Vergleichbarkeit verschiedener Projekte erheblich erschweren würde.

Im Falle der De- und Remontage des Musterhauses beträgt der Re-Use-Anteil 100%, da sämtliche konstruktiven Bauteile ohne nennenswerte Anpassungen wiederverwendet wurden. Dadurch setzt das Musterhaus einen Maßstab und dient als *Benchmark* für die Wiederverwendung 1:1. Ein höherer Re-Use-Anteil ist in der gegenständlichen Betrachtungsweise nicht möglich, da das Gebäude unverändert an einem anderen Standort mit denselben Bauteilen wieder aufgebaut wurde.

Die Höhe des Re-Use-Anteils ist außerdem nicht zwangsläufig proportional zur Einsparung von Kosten, Massen oder Emissionen. Auch wenn alle Bauteile eines Gebäudes aus wiederverwendeten Elementen stammen, können erhebliche Anpassungen oder Aufbereitungsmaßnahmen erforderlich sein, um diese für den neuen Einsatz geeignet zu machen. In solchen Fällen können die zusätzlichen Kosten und Emissionen, die durch die Adaption entstehen, die potenziellen Einsparungen übersteigen. Daher ist es entscheidend, nicht nur den Re-Use-Anteil, sondern auch die Art und den Aufwand der Wiederverwendung in die Bewertung von Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit einzubeziehen.

Im Folgenden werden die unterschiedlichen Formen der Wiederverwendung beschrieben und miteinander verglichen. Für einen Neubau sind die Umstände der Wiederverwendung entscheidend. Die Effizienz der Wiederverwendung – sowohl im ökologischen als auch im ökonomischen Sinne – hängt maßgeblich davon ab, ob ein Bauteil ohne weitere Bearbeitung wiedereingebaut werden kann oder ob aufwendige Bearbeitungsschritte erforderlich sind.

3.3.1 Wiederverwendung 1:1

Die Wiederverwendung 1:1 stellt die optimalste Form des Re-Use dar. Dabei werden Bauteile vollständig demontiert, gegebenenfalls zwischengelagert und schließlich unverändert in einem anderen Gebäude wieder eingebaut. Da keine Anpassungen oder Bearbeitungen erforderlich sind, entstehen weder zusätzliche Kosten noch Emissionen, wodurch die Einsparungen maximal ausfallen. Kosten für Transport und Montage sind ausgenommen, denn diese würden auch bei einem Haus aus neuen Bauteilen anfallen.

Ein hoher Re-Use-Anteil dieser Art ist jedoch nur realistisch, wenn ein Gebäude an einem anderen Standort exakt in derselben Form wieder aufgebaut wird. In allen anderen Fällen ist diese Form der Wiederverwendung mit kleinen oder größeren Herausforderungen verbunden. Dies liegt daran, dass die Bauteile exakt die benötigten Abmessungen, Schichtaufbauten und Aussparungen aufweisen müssen, die für den neuen Entwurf erforderlich sind.

Ein alternativer Entwurfsansatz könnte darin bestehen, den Planungsprozess umzukehren: Der Entwurf wird auf Basis der verfügbaren Bauteile ausgerichtet. Dieser Ansatz setzt jedoch eine sehr umfangreiche Bauteildatenbank voraus, um die benötigten Elemente in ausreichender Vielfalt bereitzustellen. Ohne solche immensen Bauteilressourcen ist es schwierig, über einen gewissen Punkt hinaus ausschließlich mit Bauteilen ohne Anpassung zu bauen.

3.3.2 Wiederverwendung angepasster Bauteile

Die nächst-niederschwellige Form der Wiederverwendung ist, wenn konstruktive Elemente ausgetauscht oder ein Bauteil zugeschnitten wird. Dabei wird das Bauteil an die neue Verwendung angepasst, indem beispielsweise ein Pfosten ersetzt oder statisch ergänzt wird. Der Schichtaufbau und die bauphysikalischen Eigenschaften des Bauteils bleiben jedoch weitgehend unverändert. Der Bearbeitungsaufwand bleibt überschaubar und fällt unter grundlegende Bautischlerarbeiten.

Nach dem Zuschnitt muss allerdings die dampfdichte Ebene erneut hergestellt oder ergänzt werden. Dies ist oftmals auch beim Re-Use 1:1 notwendig, da die Dampfbremsbahnen, die bei der Erstmontage verklebt oder verschweißt wurden, in vielen Fällen nicht zerstörungsfrei gelöst werden können. Da sich der Aufwand für die Anpassung in Grenzen hält, bleiben auch die Kosten und Emissionen, die durch die Änderungen entstehen, relativ gering. Die Wiederverwendung eines Bauteils in seiner ursprünglichen oder einer gleichwertigen Funktion ist in jedem Fall von hohem Wert, selbst wenn dafür Anpassungen erforderlich sind.

3.3.3 Wiederverwendung ertüchtigter Bauteile

Abhängig von der Qualität und dem Alter der wiederverwendeten Bauteile kann es erforderlich sein, diese nicht nur in den Abmessungen anzupassen, sondern auch bauphysikalisch zu ertüchtigen, um heutigen Anforderungen an Brand-, Wärme- und Schallschutz zu genügen. Insbesondere durch die Einführung der OIB-Richtlinien (OIB, 2024) wurden die bauphysikalischen Vorgaben in den vergangenen 20 Jahren deutlich verschärft.

Um diese Vorgaben zu erfüllen, können Teilschichten der Holzbautafeln ergänzt oder ausgetauscht werden. Ebenso könnten Türen und Fenster erneuert oder auch ein außenliegender Sonnenschutz ergänzt werden. Diese Ertüchtigungen sind im Vergleich zu einfacheren Wiederverwendungen aufwändiger und mit höheren Kosten sowie herstellungsbedingt zusätzlichen Emissionen verbunden.

Es zeigt sich jedoch, dass die Herstellung einer neuen Wand durch die Wiederverwendung zum Teil eingespart wird. Ob ein neues Fenster in eine wiederverwendete oder in eine neu hergestellte Wand eingebaut wird, ist für die Bauteilkosten und das GWP irrelevant. Die Einsparungen durch den Erhalt und die Verbesserung bestehender Bauteile übersteigen in den meisten Fällen die zusätzlich anfallenden Kosten und Emissionen der Bearbeitung.

3.3.4 Beispiele zur Evaluierung des Re-Use-Anteils

Um verschiedene Entwürfe vergleichen und die Ergebnisse besser einordnen zu können, wird der Re-Use-Anteil der oberirdischen konstruktiven Bauteile als Vergleichswert herangezogen. Diese Methode wurde im Rahmen des Sommer-Entwerfens *shuffle - Neuer Lebensabschnitt für Fertighaus-Elemente* angewendet, um die sieben abgegebenen Entwürfe miteinander zu vergleichen. In dieser Arbeit werden die Ergebnisse des Re-Use-Anteils aus dem Sommer-Entwerfen mit den Entwürfen der beiden Diplomarbeiten des Projekts *Re-Use Woodhouse* sowie dem Musterhaus aus dem Fertighauspark Blaue Lagune verglichen. Nachfolgend werden die einzelnen Projekte kurz vorgestellt:

Musterhaus EH 251

Als erstes Beispiel wurde das Musterhaus aus der Blauen Lagune (Anonymisierter Hersteller, 2023) gewählt, dessen Demontage im Zuge dieses Projektes dokumentiert wurde.

Das Haus ist ein Einfamilienhaus mit zwei oberirdischen Geschossen und einer Nutzfläche von 251 m². Es hat eine große Wohnküche und insgesamt 5 Zimmer.

Abgaben des Sommer-Entwerfens „Shuffle“

Die Aufgabenstellung für die Studierenden des Sommer-Entwerfens *"Shuffle – Neuer Lebensabschnitt für Fertigteilhaus-Elemente"* an der TU Wien im Sommer/Herbst 2024 bestand darin, Entwürfe für ein vorgegebenes Grundstück zu entwickeln und den Re-Use-Anteil an wiederverwendeten Holzbauteilen zu ermitteln.

Die Herausforderung bestand darin, die im Rahmen der parallel verfassten Diplomarbeit von Alexander Ladentrog erstellte Datenbank erfassten Bauteile als Grundlage für die Planung zu nutzen (Ladentrog, 2024). Dabei war eine Vorgabe, Bauteile von mindestens zwei unterschiedlichen Herstellern einzubeziehen.

Besonderes Augenmerk lag auf der Modularität der geplanten Gebäudestruktur sowie auf der bauphysikalischen Ertüchtigung der Bauteile. Darüber hinaus sollten auch Überlegungen zum Ertüchtigungsprozess der Fertigteile angestellt werden, da eine Optimierung der Wiederverwendbarkeit ein Umdenken in der Planung und Produktion seitens der Hersteller erfordert.

Im Folgenden werden die sieben abgegebenen Entwürfe unter Nennung der beteiligten Studierenden kurz vorgestellt.

1. Mehrgenerationenhaus

Yoan Avramov und Mihaela Bratoeva

Dieser Entwurf sieht zwei separate Baukörper vor, die durch einen gemeinsamen Erschließungskern verbunden sind (siehe Abbildung 13). Auf der einen Seite befindet sich ein klassisches Einfamilienhaus mit zwei Ebenen, während auf der anderen Seite zwei übereinanderliegende Einliegerwohnungen angeordnet wurden, beispielsweise für pflegebedürftige Personen und das dazugehörige Pflegepersonal. Die Verbindung der beiden Baukörper erfolgt über ein gemeinschaftlich genutztes Stiegenhaus.



Abbildung 13 Rendering Entwurf 1 (Avramov und Bratoeva, 2024)

2. Zweifamilienhaus oder EFH mit Yogastudio

Leopold Günther und Miguel Kettern

Für diesen Entwurf wurden Bauteile von zwei unterschiedlichen Holzfertighäusern verwendet: Die Bauteile eines Gebäudes dienen als Grundlage für das untere Geschoss, während die Bauteile des anderen Gebäudes im oberen Geschoss eingesetzt wurden. Dadurch konnten komplexe Stoßverbindungen innerhalb der Geschosse vermieden werden, ohne die Umsetzung einer ansprechenden und zeitgenössischen Formensprache zu beeinträchtigen wie die Abbildung 14 zeigt.



Abbildung 14 Rendering Entwurf 2 (Günther und Kettern, 2024)

3. Wohnen und Arbeiten

Leonard Elze und Lukas Hofmanninger

Der 3. Entwurf macht sich die Gelände- und Grundstücksmorphologie zunutze, um einen straßenseitigen, eher öffentlichen Bereich und einen gartenseitigen, privateren Wohnbereich zu schaffen (Abbildung 15). Diese Aufteilung ermöglicht die flexible Kombination von Wohnen und Arbeiten, letzteres auch mit externen Personen.



Abbildung 15 Rendering Entwurf 3 (Elze und Hofmanninger, 2024)

4. 2D Bauteile zu 3D Raummodule

Thomas Buchsteiner und Michael Krammer

Entwurf 4 schlug einen anderen Weg ein als die übrigen Vorschläge: Die 2D-Bauteile der Holzfertighäuser wurden in einem Zwischenschritt werkseitig zu dreidimensionalen Raumzellen zusammengesetzt, die anschließend für eine schnelle Montage auf der Baustelle vorbereitet wurden. Dieser unkonventionelle Ansatz, mit all seinen Vor- und Nachteilen, führte zu einem Entwurf mit einer klaren und reduzierten Formensprache, wie der Abbildung 16 entnommen werden kann.



Abbildung 16 Rendering Entwurf 4 (Buchsteiner und Krammer, 2024)

5. Wienerwald Terrassen

Clemens Cavallar und Benjamin Musalek

Entwurf 5 nutzte die starke Hanglage des Grundstücks, um eine gestaffelte Architektur zu entwickeln. Dadurch entstanden auf der einen Seite mehrere Außenterrassen (Abbildung 17), während die unterschiedlichen Ebenen auf der anderen Seite einen abwechslungsreichen und dynamischen Innenraum schufen.



Abbildung 17 Rendering Entwurf 5 (Cavallar und Musalek, 2024)

6. Zweifamilienhaus / Einfamilienhaus mit abgetrennten Büroräumen

Nina Gsöllpointner, Luisa Moser und Jennifer Schnabl

In Entwurf 6 wurden Bauteile von zwei Fertighäusern geschickt kombiniert, sodass wahlweise zwei getrennte Wohneinheiten oder eine Wohneinheit mit einer vollständig abtrennbaren Büroeinheit entstehen können. Ein zentrales Thema des Entwurfs war das Tragwerk: Es umfasst sowohl geneigte Stützen als auch ein integriertes, stählernes Dachtragwerk in Form eines Rahmenwerks. Dieses ermöglicht einen großzügigen und gut belichteten Dachraum, der den Wohnräumen eine besondere Qualität verleiht. Abbildung 18 veranschaulicht das Projekt.



Abbildung 18 Rendering Entwurf 6 (Gsöllpointner, Moser und Schnabl, 2024)

7. Wohnen und Retreat

Diana Boborodea und Leutrim Kajtazi

Der in Abbildung 19 dargestellte Entwurf sieht zwei voneinander getrennte Baukörper vor, die den Durchgang von der Straße zum Bach ermöglichen. Die Studierenden setzten sich selbst die Herausforderung, eine Health-Care/Wellness-Facility in den größeren Baukörper zu integrieren. Im kleineren Baukörper wurde ein Split-Level-Einfamilienhaus realisiert, das eine interessante räumliche Aufteilung bietet.



Abbildung 19 Rendering Entwurf 7 (Boborodea und Kajtazi, 2024)

Entwurf eines mehrgeschossigen Wohnbaus

Im Rahmen der Diplomarbeit von Alexander Ladentrog wurde ein mehrgeschossiger Wohnbau entworfen. Dieser Entwurf wurde in die Untersuchung einbezogen, um den Re-Use-Anteil auch mit einem anderen Gebäudetypus zu vergleichen.

Der Entwurf für das Gebäude in der Baulücke am Währinger Gürtel ist ein mehrgeschossiger Wohnbau mit insgesamt acht Ebenen: einem Kellergeschoss unter der Erde und sieben Geschossen darüber. Diese umfassen ein Erdgeschoss, fünf Regelgeschosse und ein Dachgeschoss, das gemeinschaftlich genutzt wird. Das Gebäude bietet eine Nutzfläche von etwa 1.400 m², die sich auf Allgemeinflächen, einen Einzelhandelsbereich, zehn Wohnungen, Lagerräume und Gemeinschaftsbereiche verteilt (Ladentrog, 2024).



Abbildung 20 Rendering mehrgeschoßiger Wohnbau (Ladentrog, 2024)

Entwurf eines Kleingartenhauses

Der vom Autor dieser These entwickelte Entwurf für das Kleingartenhaus wurde ebenfalls in die Auswertung des Re-Use-Anteils einbezogen. Da dieser Entwurf im zweiten Teil der Arbeit ausführlich beschrieben wird, erfolgt an dieser Stelle keine detaillierte Erläuterung. Die Ergebnisse des Entwurfs sind im Kapitel 6 nachzulesen.

4 ERGEBNISSE UND DISKUSSION

Dieser Abschnitt präsentiert die im Rahmen dieser Diplomarbeit erzielten Ergebnisse als Antwort auf die formulierten Forschungsfragen.

Die zugrunde liegende Methodik jedes Kapitels im Ergebnisabschnitt ist in Abschnitt 3 mit der entsprechenden Nummer des Unterkapitels beschrieben. So führt die Methodik aus Kapitel 3.1 zum Ergebnis in Kapitel 4.1.

4.1 Demontage: Rückbau des Hauses EH 251

Nachdem im Kapitel 3.1 die grundlegenden Vorgehensweisen bei der Demontage eines Fertighauses dargestellt wurden, widmet sich dieses Kapitel der detaillierten Dokumentation des Rückbaus des Hauses EH 251 in der Blauen Lagune, welches in Abbildung 21 vor der Demontage zu sehen ist.



Abbildung 21 Musterhaus vor der Demontage (eigene Abbildung)

Zunächst wird die Demontage des Hauses im Detail beschrieben und mit Fotografien ergänzt. Im Anschluss wird analysiert, welche Bauteile für den Wiederaufbau am neuen Standort des Hauses erneut verwendet wurden und welche Bauelemente entweder entsorgt oder recycelt wurden.

4.1.1 Dokumentation der Demontage

Zuerst wurden alle Möbel und Einbauten aus dem Haus entfernt. Etwa sechs Wochen vor Beginn der Demontage des Musterhauses wurde die erste Kippmulde aufgestellt, und der Abbruch des Ausbaus wurde begonnen.

Rückbau des Ausbaus

Zunächst wurden die Beläge der Terrassenflächen entfernt und die Verkleidung der Decken (Abbildung 22) abgenommen, wodurch im Obergeschoss teilweise die Dampfbremse beschädigt wurde. An den Löchern der vormaligen Schrauben war die Dampfbremse der Decken des Obergeschoßes ebenfalls perforiert.



Abbildung 22 Entfernen der Deckenbeplankung (eigene Abbildung)

Um die Bauteile voneinander zu trennen, musste die Dampfbremse der Wände, die mit der Dampfbremse der Decke verklebt war, aufgeschnitten werden. Bereits zu diesem Zeitpunkt wurden erste Hebelaschen der Bauteile sichtbar, wie in Abbildung 23 ersichtlich ist.



Abbildung 23 Aufgeschnittene Dampfbremse und Hebelasche (eigene Abbildung)

Im nächsten Schritt erfolgte die Demontage der Sanitärelemente sowie der Rückbau der Elektroverkabelung aus den Wänden und Decken. Anschließend wurde mit dem Entfernen des Trockenestrichs im Obergeschoss und dem Aufschneiden des Heizestrichs im Erdgeschoss begonnen. Wie die Abbildung 24 zeigt, wurden die Randstreifen des Estrichs freigelegt, um die Verbindung von Wand und Bodenplatte zugänglich zu machen. Parallel dazu wurde der Kies von den Flachdächern gesaugt.



Abbildung 24 Freigelegter Bauteilanschluss unter dem Estrich (eigene Abbildung)

Der Rückbau des Ausbaus erstreckte sich über etwa drei Wochen, wobei nicht an allen Tagen gearbeitet wurde, da die Arbeiten ohne Zeitdruck durchgeführt werden konnten. Etwa zwei Wochen vor Beginn der Rückbauarbeiten der konstruktiven Elemente wurde das Haus eingerüstet (Abbildung 25), um den Arbeitern eine optimale Bewegungsfreiheit rund ums Haus und Zugang zu allen Bereichen zu ermöglichen.



Abbildung 25 Eingerüstetes Musterhaus (eigene Abbildung)

Rückbau der konstruktiven Elemente

In der Woche der Demontage begann ein sechsköpfiges Team erfahrener Bautischler und Zimmerer mit den Vorbereitungen. Zunächst wurden die Bauteilanschlüsse freigelegt, über den Schraubverbindungen montierte Wärmedämmungen entfernt (siehe Abbildung 26) und Gipskartonwände aufgeschnitten, um die Fügstellen der Elemente zugänglich zu machen.



Abbildung 26 Sockelanschluss - freigelegte Ecke (eigene Abbildung)

Die Bauteile waren miteinander verschraubt, weshalb die Schrauben gezielt lokalisiert und gelöst werden mussten. Ebenso wurden Unterzüge freigelegt (Abbildung 27) und teilweise bereits die Schraubverbindungen der Bauteile gelöst.



Abbildung 27 Freigelegter Unterzug (eigene Abbildung)

Am zweiten Tag der Demontage traf früh morgens der Kran ein, gefolgt vom ersten Sattelzug für den Bauteiltransport. Nach dem Öffnen des Daches und der Seitenplanen des Aufliegers hatte der Kranführer freie Sicht auf die Ladefläche. Abbildung 28 zeigt wie der Kran bereits Aufstellung bezogen hat – im Hintergrund rechts ist die abgedeckte Ladefläche des Aufliegers des Sattelzuges zu sehen.



Abbildung 28 Aufstellen des Krans (eigene Abbildung)

Während der Kran aufgestellt und stabilisiert wurde, bereiteten die Zimmerer die Attikaelemente vor, indem sie die freigelegten Schraubverbindungen (siehe Abbildung 29) zwischen den Elementen sowie zur Decke lösten. Da das Musterhaus bereits im Hinblick auf einen späteren Rückbau konzipiert worden war, waren die Hebelaschen der Bauteile noch angebracht, was die Demontage der Holztafeln immens erleichterte.



Abbildung 29 Freigelegte Schraubverbindung einer Innenwand (eigene Abbildung)

Nach dem Verheben und verladen der Attikaelemente (Abbildung 30) setzte starker Regen ein, weshalb das Dach mit Planen abgedeckt wurde, um ein Durchfeuchten der Deckenelemente zu verhindern.



Abbildung 30 Attika-Element wird vom Dach gehoben (eigene Abbildung)

Nach Abklingen des Regens wurde die Abdeckung entfernt, und die Deckenverbindungen wurden gelöst. Besonders das Lösen des ersten Deckenelementes war aufwendig, da alle anderen Elemente noch fest miteinander verbunden waren. Nach einmaligem Anreißen des Krans ließ sich das Element schließlich anheben, wie die Abbildung 31 zeigt.



Abbildung 31 Erstes Deckenelement wird angehoben (eigene Abbildung)

Sobald das erste Element gelöst war, ging der Rückbau der weiteren Deckenelemente (Abbildung 32) deutlich schneller vonstatten. Der erste Sattelzug war bald vollständig beladen, jedoch wartete der nächste bereits vor Ort, um den beladenen LKW nahtlos abzulösen.



Abbildung 32 Ein Deckenelement wird auf den Sattelzug verladen (eigene Abbildung)

Nach einer Mittagspause begannen die Arbeiter, die Wände des Obergeschosses zu demontieren und zu verladen. Abbildung 33 zeigt, dass das Anheben der Holztafelelemente zwischen montierten Wänden, Gerüst und den arbeitenden Zimmermännern höchste Präzision des Kranführers erfordert. Mit der Demontage des Obergeschoßes endete der zweite Tag des Rückbaus.



Abbildung 33 Ein gelöstes Wandelement wird angehoben (eigene Abbildung)

Am dritten Tag wurden die Decken des Erdgeschosses (siehe Abbildung 34) sowie weitere Flachdachelemente demontiert. Da das Gebäude EH 251 eine große Grundfläche hatte, zog sich diese Arbeit über den gesamten Tag.



Abbildung 34 Die Decken des EG werden verhooben (eigene Abbildung)

Am vierten Tag wurden die Wände des Erdgeschosses demontiert und verladen, sodass nur die Bodenplatte sowie der übrige Heizestrich verbleiben (Abbildung 35). Der verbliebene Estrich wurde zusammen mit der Bodenplatte von einem Abbruchunternehmen abgetragen und fachgerecht entsorgt.



Abbildung 35 Überreste des Estrichs (eigene Abbildung)

Wiederaufbau

Bereits in der darauffolgenden Woche begann die Wiedererrichtung des Hauses an einem anderen Standort. Der neuerliche Ausbau des Hauses wurde mit etwa 8–12 Wochen angesetzt, was vor allem durch die notwendigen Trocknungszeiten des Heizestrichs bedingt war.

4.1.2 Wiederverwendete Bauteile

Beim Wiederaufbau des Musterhauses EH 251 aus der Blauen Lagune wurden insbesondere die konstruktiven Bauteile erfolgreich wiederverwendet. Die Bauteilelemente konnten vollständig (zu 100%) erneut eingesetzt werden. Im Folgenden ist eine Auflistung aller Bauteile enthalten, die wiederverwendet wurden:

- ◆ **Außenwandelemente:**
Vollständig wiederverwendet, einschließlich Fenster- und Türelementen, Dämmung und Dampfbremse.
- ◆ **Innenwandelemente:**
In unveränderter Form erneut eingesetzt.
- ◆ **Geschossdecken:**
Re-Use aller Geschoßdecken, nicht aber der Fundamentplatte.
- ◆ **Dachaufbauten:**
Die Gefälledämmung sowie die Attika-Bauteile wurden 1:1 wiederverwendet.
- ◆ **Wärmepumpe:**
Die Wärmepumpe war in bestem Zustand, da sie wenig zum Einsatz kam.
- ◆ **Leitungen und Leerverrohrungen:**
Alle in die Wände und Vorsatzschalen verbauten Leitungen und Leerverrohrungen blieben bestehen.
- ◆ **Sanitärelemente:**
Die Sanitärkeramik (Waschbecken und WC-Schalen) und Badewannen wurden ausgebaut und beim neuen Haus erneut eingebaut.

Das positive Ergebnis der Umsiedelung des Hauses aus der Blauen Lagune ist unter anderem darauf zurückzuführen, dass dieses im Jahr 2010 errichtet wurde und sich die grundlegenden Anforderungen an Gebäude seither nicht wesentlich verändert haben. Die Anforderungen an den U-Wert haben sich seit der ersten Edition der OIB RL 6 vom Juli 2007 nicht verändert (OIB-Richtlinie 6, 2023).

Die Fenster, die mit außenliegendem Sonnenschutz ausgestattet sind, befinden sich trotz eines Alters von 14 Jahren weiterhin in einem guten Zustand und obwohl sie etwa 75 % ihrer Nutzungsdauer erreicht haben. Auch in Bezug auf die Wärmedämmung sind keine Nachbesserungen erforderlich, da ausreichend Dämmmaterial außen angebracht wurde. Da beide Geschosse einen neuen Fußbodenaufbau erhalten, kann insbesondere der Trittschallschutz beim erneuten Ausbau gezielt verbessert werden.

4.1.3 Entsorgte und recycelte Bauteile

Im Folgenden werden alle Bauteile aufgelistet, die im Rahmen des Wiederaufbaus des Musterhauses EH 251 aus der Blauen Lagune nicht wiederverwendet werden konnten:

- ◆ **Fundamentplatte:**

Diese ist weder demontierbar noch transportierbar und muss auf das Grundstück und die Bodenbeschaffenheit angepasst werden.

- ◆ **Schwarzdeckung/Abdichtungsbahnen:**

Die Bitumenbahnen sind gut recyclebar aber nicht Re-Use-fähig.

- ◆ **Sanitärinstallationen und Heizschleifen:**

Im Zementestrich verlegte Rohre und Leitungen sind nicht gut rückbaubar.

- ◆ **Dachdeckung:**

Die Kiesdeckung des Flachdachs kann grundsätzlich 1:1 wiederverwendet werden, wird jedoch lokal neu beschafft, um den Transport von 15 Tonnen Kies über eine Distanz von 250 Kilometern zu vermeiden.

Verkleidungen/Bepankungen:

Die Bepankungen der Decken und Vorsatzschalen aus Gipsfaserplatten werden aus optischen und wirtschaftlichen Gründen neu hergestellt.

- ◆ **Innentüren:**

Die Innentüren und Umfassungszargen wurden nicht wiederverwendet.

- ◆ **Beläge:**

Boden- und Wandbeläge aus Parkett oder Fliesen sind grundsätzlich nicht für den Rück- und neuerlichen Einbau geeignet. Fliesen und Bodenbeläge müssen für den Transport der Fertigbauteile jedenfalls entfernt werden.

Diese Bauteile waren am Ende ihrer Lebensdauer, nicht zerstörungsfrei demontierbar oder hätten im wieder montierten Zustand nicht den Anforderungen an Sicherheit und Funktionalität entsprochen. Sie wurden daher nicht wiederverwendet, sondern im Rahmen des Rückbaus dem Recycling zugeführt oder entsorgt.

Vorrangig bestand der Abfall in den Mulden aus Gipsfaserplatten, Holzstaffeln, Bauschutt wie Fliesen und Zementestrichbruch, Bitumenbahnen und Verblechungen.

Vor allem beim Abbruch des Trockenbaus fielen Unmengen an Schrauben als Abfall an. Diese Schrauben wären zwar einwandfrei und theoretisch wiederverwendbar, neue Schrauben sind jedoch günstiger als die Arbeitsstunde des Arbeiters, der diese aufheben und sortieren würde. Ein ernüchterndes Beispiel für Wirtschaftlichkeit zu Lasten der Umwelt.

4.2 Auswertung: Re-Use-Potential des Hauses D

In den folgenden Unterkapitel werden die Ergebnisse der Auswertung des Re-Use-Potentials beschrieben und diskutiert.

4.2.1 Zustandsbewertung

Die Bauteile des Musterhauses EH 251 befanden sich insgesamt in einem sehr guten Zustand. Die Dachabdichtung erwies sich als intakt, und die darunter liegenden Spanplatten waren vollständig trocken und ohne Verfärbungen. Auch die Sockelanschlüsse wiesen keine nennenswerten Mängel auf. Lediglich an drei kleinen Stellen im Eingangsbereich war eine Sanierung des Untergurts aufgrund von Fäulnis erforderlich. Die geringe Anzahl an Schäden unterstreicht die Qualität der Bauteile, was ihre Wiederverwendbarkeit hervorhebt.

Anzumerken ist, dass das, im Vergleich zu seiner Lebensdauer, geringe Alter des Musterhauses sowie die marginale Nutzung über die Jahre gewiss maßgeblich zur positiven Zustandsbewertung beigetragen haben.

4.2.2 Ergebnis der Massenauswertung

Die Massenermittlung ergab eine Gesamtmasse von etwa 91 Tonnen ohne Berücksichtigung der Bodenplatte. Durch die Wiederverwendung der Außenwände, Innenwände sowie der Rohdecken kann eine Einsparung von 41,6 Tonnen an Baumaterial erzielt werden, wie die Tabelle 6 zeigt. Dies entspricht etwa 49% der Bauteilmassen exklusive der Bodenplatte, welche das Ergebnis aufgrund ihrer hohen Wichte im Vergleich zu den Holztafelelementen stark verfälscht hätte.

Tabelle 6 Re-Use-Potential Massenauswertung

Baugliederung 1.-3- Ebene	Ausbau Elemente	Bauteil Stufe	Bauteil Bezeichnung	Menge	Gewicht	Masse (kg)	Reuse	Ersparnis	
				EH	kg/EH	kg	Faktor (%)	Masse (kg)	Anteil
2 Rohbau	2C.03	-	Fundamentplatte	191 m ²	500	95 500	0%	0	0
2 Rohbau	2D.01	1 A	Decken	320 m ²	62	19 840	100%	19 840	44,50%
2 Rohbau	2D.02	3 S	Stiege	1 Stk.	400	400	80%	320	0,72%
2 Rohbau	2E.01	1 A	Außenwände + Attika	310 m ²	51	15 810	100%	15 810	35,46%
2 Rohbau	2E.02	1 A	Innenwände	215 m ²	25	5 375	100%	5 375	12,06%
3 Technik	3C.01	2 B	Wärmepumpe	1 Stk.	300	300	100%	300	0,67%
3 Technik	3C.02	2 B	Fußbodenheizung	250 m ²	10	2 500	0%	0	0
3 Technik	3D.01	2 B	Abluftanlagen	2 Stk.	5	10	0%	0	0
3 Technik	3E.01	2 B	Sanitärrohrinstallation	40 m	10	400	20%	80	0,18%
3 Technik	3E.02	3 S	Sanitärelemente	1 -	400	400	60%	240	0,54%
3 Technik	3F.04	1 A	Strom - Niederspannung	250 m ²	1	250	40%	100	0,22%
3 Technik	3F.05	3 S	Beleuchtung (Spots)	50 m ²	1	50	0%	0	0
3 Technik	3F.06	3 S	Blitzschutz	1 -	250	250	0%	0	0
4 Ausbau	4B.01	1 A	Dachabdichtung	220 m ²	5	1 100	0%	0	0
4 Ausbau	4B.01	1 A	Flachdach Kiesschüttung	180 m ²	85	15 300	0%	0	0,00%
4 Ausbau	4B.01	1 A	Spenglerarbeiten/Attikablech	85 m	7	595	0%	0	0
4 Ausbau	4B.03	3 S	Terrassenbeläge	22 m ²	25	550	0%	0	0
4 Ausbau	4C.02	1 A	Eingangstüre	1 Stk.	65	65	100%	65	0,15%
4 Ausbau	4C.02	1 A	Fenster/Terrassentüren	70 m ²	30	2 100	100%	2 100	4,71%
4 Ausbau	4C.03	1 A	Sonnenschutz	70 m ²	5	350	100%	350	0,79%
4 Ausbau	4D.01	2 B	Fußbodenaufbau Nassestrich	170 m ²	75	12 750	0%	0	0
4 Ausbau	4D.01	2 B	Fußbodenaufbau Trockenestrich	80 m ²	23	1 840	0%	0	0
4 Ausbau	4D.01	3 S	Parkett	135 m ²	10	1 350	0%	0	0
4 Ausbau	4D.01	3 S	Fliesen	190 m ²	30	5 700	0%	0	0
4 Ausbau	4D.02	3 S	Innenwandbekleidung	800 m ²	4	3 200	0%	0	0
4 Ausbau	4D.04	3 S	Innentüren	11 Stk.	40	440	0%	0	0
		1 A	Transport und Montage	1 Stk.			0%		0
		1 A	Werkplanung	-			0%		0
Summe						186 425		44 580	23,91%
ohne Bodenplatte						90 925		44 580	49,03%

Über 90 % der Bauteilmassen mit Reuse-Potential entfallen auf die konstruktiven Bauteile, auf die Fenster entfallen auf die Fenster etwa 5%. Werden also alle konstruktiven Bauteile und die Fenster vollständig und 1:1 wiederverwendet, erreicht man also 95% des möglichen Re-Use Potentials für Bauteile oberhalb der Bodenplatte.

4.2.3 Ergebnis der Kostenauswertung

Die Kostenauswertung in Tabelle 7 zeigt eine mögliche Einsparung von 313.250 € bei prognostizierten Bauwerkskosten von rund 700.000 €, was einer Ersparnis von etwa 45 % entspricht. Dabei entfallen 93.000 € auf die Außenwände, 25.800 € auf die Innenwände und 64.000 € auf die Decken.

Der Spalte am rechten Rand der Tabelle kann man entnehmen, welchen Anteil die Wiederverwendung des jeweiligen Bauteils zur Gesamteinsparung aufweist.

Diese Prognose verdeutlicht das Potential der Wiederverwendung von Bauteilen und zeigt eine potentielle Einsparung von 45% bezogen auf ein Einfamilienhaus aus vorgefertigten Holztafelelementen.

Tabelle 7 Re-Use-Potential Kostenauswertung

Baugliederung 1.-3- Ebene		Ausbau	Bauteil	Menge	Einheits-	Kosten	Reuse	Ersparnis	
Kostenbereich	Elemente	Stufe	Bezeichnung	EH	preis (€)	€ (netto)	Faktor (%)	Kosten (€)	Anteil
2 Rohbau	2C.03	-	Fundamentplatte	191 m ²	270	51 570	0%	0	0
2 Rohbau	2D.01	1 A	Deckenelemente	320 m ²	200	64 000	100%	64 000	20,43%
2 Rohbau	2D.02	3 S	Stiege	1 Stk.	10 000	10 000	80%	8 000	2,55%
2 Rohbau	2E.01	1 A	Außenwände + Attika	310 m ²	300	93 000	100%	93 000	29,69%
2 Rohbau	2E.02	1 A	Innenwände	215 m ²	120	25 800	100%	25 800	8,24%
3 Technik	3C.01	2 B	Wärmepumpe	1 Stk.	25 000	25 000	100%	25 000	7,98%
3 Technik	3C.02	2 B	Fußbodenheizung	250 m ²	50	12 500	0%	0	0
3 Technik	3D.01	2 B	Abluftanlagen	2 Stk.	800	1 600	0%	0	0
3 Technik	3E.01	2 B	Sanitärrohinstallation	40 m	350	14 000	20%	2 800	0,89%
3 Technik	3E.02	3 S	Sanitärelemente	1 -	15 000	15 000	60%	9 000	2,87%
3 Technik	3F.04	1 A	Strom - Niederspannung	250 m ²	85	21 250	40%	8 500	2,71%
3 Technik	3F.05	3 S	Beleuchtung (Spots)	50 m ²	25	1 250	0%	0	0
3 Technik	3F.06	3 S	Blitzschutz	1 -	3 500	3 500	0%	0	0
4 Ausbau	4B.01	1 A	Dachabdichtung	220 m ²	115	25 300	0%	0	0
4 Ausbau	4B.01	1 A	Flachdach Kiesschüttung	180 m ²	20	3 600	0%	0	0,00%
4 Ausbau	4B.01	1 A	Spenglerarbeiten/Attikablech	85 m	55	4 675	0%	0	0
4 Ausbau	4B.03	3 S	Terrassenbeläge	22 m ²	115	2 530	0%	0	0
4 Ausbau	4C.02	1 A	Eingangstüre	1 Stk.	4 000	4 000	100%	4 000	1,28%
4 Ausbau	4C.02	1 A	Fenster/Terrassentüren	70 m ²	700	49 000	100%	49 000	15,64%
4 Ausbau	4C.03	1 A	Sonnenschutz	70 m ²	345	24 150	100%	24 150	7,71%
4 Ausbau	4D.01	2 B	Fußbodenaufbau Nassestrich	170 m ²	85	14 450	0%	0	0
4 Ausbau	4D.01	2 B	Fußbodenaufbau Trockenstrich	80 m ²	60	4 800	0%	0	0
4 Ausbau	4D.01	3 S	Parkett	135 m ²	140	18 900	0%	0	0
4 Ausbau	4D.01	3 S	Fliesen	190 m ²	120	22 800	0%	0	0
4 Ausbau	4D.02	3 S	Innenwandbekleidungen	800 m ²	70	56 000	0%	0	0
4 Ausbau	4D.04	3 S	Innentüren	11 Stk.	600	6 600	0%	0	0
		1 A	Transport und Montage	1 Stk.	90 000	90 000	0%	0	0
		1 A	Werkplanung	1 Stk.	30 000	30 000	0%	0	0
			Summe			695 275		313 250	45,05%
			Prognose			700 000			

alle Angaben netto

4.2.4 Ergebnis der Emissionsauswertung

Die ökologische Auswertung des Re-Use-Potential zeigt, wie die Wiederverwendung von Bauteilen Treibhausgasemissionen, insbesondere aus fossilen Brennstoffen, senken kann. Die Tabelle 8 offenbart dabei eine Einsparung von 24 Tonnen CO₂ Äquivalent nach Auswertung des GWP_{Fossil}. Die Auswertung des GWP_{Biogen} zeigt, dass allein durch den Re-Use der konstruktiven Bauteile 22,6 Tonnen in den zugehörigen Baustoffen gespeichertes CO₂ Äquivalent weiterhin in Form von Rohstoffen gespeichert bleiben. Die Summe des GWP_{Total} zeigt, dass bei der Herstellung der konstruktiven Elemente 3.500 kg mehr CO₂-Äquivalente ausgestoßen wurden, als in den Bauteilen gespeichert sind. Dieser Wert spielt eine zentrale Rolle bei der Berechnung des Oekoindex OI3.

Tabelle 8 Re-Use-Potential Emissionsauswertung

Baugliederung 1.-3- Ebene	Ausbau Elemente	Bauteil Stufe	Bauteil Bezeichnung	Menge EH	GWP Fossil		GWP Biogen		GWP Total	
					1 EH	Gesamt	1 EH	Gesamt	1 EH	Gesamt
Kostenbereich					[kg CO ₂ Äqv.]					
2 Rohbau	2D.01	1 A	Geschossdecken	320 m ²	40,37	12 917	-42,63	-13 641	-2,26	-724
2 Rohbau	2E.01	1 A	Außenwände + Attika	310 m ²	29,53	9 153	-16,86	-5 227	12,67	3 926
2 Rohbau	2E.02	1 A	Innenwände	215 m ²	9,51	2 044	-8,16	-1 755	1,35	290
Summe der Einsparungen				845 m²		24 114		-20 622		3 493

100% Reuse

Die im Sommer 2024 umgesetzte Wiederverwendung der Bauteile sparte etwa 24 Tonnen CO₂ ein und leistete zudem einen Beitrag zur Verringerung des Ressourcenverbrauchs. Die Auswertung der Treibhausgasemissionen am Indikator GWP verdeutlicht die Bedeutung von Kreislaufwirtschaft im Bauwesen, die Ressourcen schont und aktiv zur Klimaschutz beitragen kann.

Ein durchschnittliches Einfamilienhaus in Holzbauweise verbaut etwa 40 m³ Holz, was dazu führt, dass rund 40 Tonnen CO₂ gebunden werden (proHolz Austria, 2024).

Zum Vergleich, im Jahr 2022 betrug der durchschnittliche CO₂-Ausstoß in Österreich pro Kopf rund 7,5 Tonnen (Anderl et al., 2023, S. 102).

4.2.5 Zusammenfassung

Zusammenfassend konnten 49% der Bauteilmassen, 45% der Kosten und 24 Tonnen CO₂-Äquivalente eingespart werden. Dies, sowie die absoluten Einsparungen können der Tabelle 9 entnommen werden.

Um auch die Emissionsauswertung anteilig am Bauwerk darzustellen, wurde das Re-Use-Potential der Treibhausgasemissionen anteilig an der Bauteilfläche berechnet. Dabei zeigt sich, dass beim Musterhaus aus der Blauen Lagune etwa 28,5 kg CO₂-Äquivalente pro m² wiederverwendeter Bauteilfläche gespart werden können.

Tabelle 9 Re-Use-Potential Zusammenfassung

Bereich	Neubau	Wiederverwendet	Re-Use-Potential	
	Menge EH	Menge EH	Anteilig	Anmerkung
Massenauswertung	90 925 kg	44 580 kg	49,03%	ab Bodenplatte
Kostenauswertung	695 275 €	313 250 €	45,05%	Bauwerkskosten
Emissionsauswertung	- kg CO ₂ Äqv.	24 114 kg CO ₂ Äqv.	28,54	kg/m ² Bauteilfläche

Da die konstruktiven Bauteile im Wesentlichen die Kostengruppe 2 (Bauwerk-Rohbau) repräsentieren, welche etwa 40 % der Bauwerkskosten ausmacht, schätzte der Autor dieser Arbeit im Vorfeld einen maximalen Reuse-Anteil von 40 % bei der 1:1-Wiederverwendung. Im Rahmen der Berechnungen konnte dieser erwartete Wert sogar übertroffen werden.

Ebenso ist anzumerken, dass die besonders guten Ergebnisse des Musterhauses auch darauf zurückzuführen sind, dass die 14 Jahre alten, aber noch gut erhaltenen Fenster nicht ausgetauscht wurden.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass das prognostizierte Re-Use-Potential des Musterhauses EH 251 von den Projektbeteiligten als positiv gesehen wird.

4.3 Remontage: Re-Use Anteil im Vergleich

Die Ergebnisse der Evaluierung ausgewählter Entwürfe werden in diesem Abschnitt einzeln erläutert, bevor diese abschließend miteinander verglichen werden.

4.3.1 Benchmark Musterhaus

Da das Musterhaus 1:1 wieder aufgebaut wurde, konnten je 100% der Außenwände, Innenwände und Decken wiederverwendet werden. Diese konstruktiven Bauteile betragen ziemlich genau die Hälfte der Bauwerksmasse ab der Bodenplatte. Die andere Hälfte setzt sich aus Trockenbauelementen, Estrich, Sanitärelementen und Belägen zusammen, wie in Kapitel 4.2.2 beschrieben wird.

Für die Berechnung des Re-Use Anteils werden ausschließlich die konstruktiven Bauteile herangezogen. Die Ergebnisse der Auswertung des Musterhauses stellen somit den maximal erreichbaren Re-Use Anteil für die Wiederverwendung von Bauteilen dar, da alle konstruktiven Teile ohne nennenswerte Anpassungen wiederverwendet wurden. Ein höherer Anteil ist nicht erreichbar, da das gesamte Gebäude an einem anderen Standort exakt so wieder aufgebaut wurde, wie es ursprünglich errichtet war.

Da beim Musterhaus 100% der konstruktiven Bauteile wiederverwendet wurden, kann diese Auswertung als Benchmark für die Wiederverwendung von vorgefertigten Holztafelbauten gesehen werden.

4.3.2 Re-Use Anteil Entwürfe Studierender

Die Entwürfe aus dem Sommerentwerfen „Shuffle“ zeigen eine große Bandbreite an Ergebnissen bezüglich des Re-Use-Anteils der konstruktiven Elemente, wie in Tabelle 10 ersichtlich ist. Dieser variiert zwischen 47 % und 84 %. Dabei ist zu beachten, dass nicht ausschließlich die direkte Wiederverwendung (1:1) der Bauteile berücksichtigt wurde. Ein bedeutender Anteil entfällt auf adaptierte und ertüchtigte Bauteile, die ebenfalls zur Wiederverwendung gezählt werden.

Tabelle 10 Re-Use Auswertung "Shuffle"

	Mittelwert	Entwurf 1	Entwurf 2	Entwurf 3	Entwurf 4	Entwurf 5	Entwurf 6	Entwurf 7
Wohnnutzfläche (m ²)	261,21	411,31	242,65	349,87	219,81	276,92	171,94	156,00
Summe verwendete Bauteile (m ²)	858,50	952,42	1141,55	827,13	688,30	914,00	950,88	535,22
Verhältnis Bauteilfl./Nutzfl.	3,54	2,32	4,70	2,36	3,13	3,30	5,53	3,43
Bauteile Reuse	67,93%	77,35%	59,19%	75,53%	82,96%	83,99%	47,20%	49,31%
Bauteile Neu	32,07%	22,65%	40,81%	24,47%	17,04%	16,01%	52,80%	50,69%
Verschnitt	13,85%	-	11,45%	9,22%	28,32%	13,27%	11,56%	9,25%

Der Mittelwert des Re-Use-Anteils (Abbildung 36) liegt dennoch bei einem vergleichsweise sehr guten Wert von 67,9 %. Der Verschnitt infolge der Anpassungen der wiederverwendeten Bauteilflächen beträgt 13,9 %.

Der Anteil der 1:1 wiederverwendeten Bauteile ist hingegen mit lediglich 4,32 % sehr gering, was aber nicht sonderlich überrascht, da in der Datenbank Bauteile aus mehreren Jahrzehnten und einiger verschiedener Hersteller waren. Re-Use 1:1 funktioniert am besten mit vielen verschiedenen Bauteilen *eines* Herstellers. Zudem standen für die meisten Studierenden die architektonische Qualität sowie ein sinnvolles Raumprogramm im Vordergrund. Erst in weiterer Folge wurde versucht, diese Entwürfe mit den Bauteilen aus der Datenbank umzusetzen.

Re-Use Anteil Sommer-Entwerfen "Shuffle"

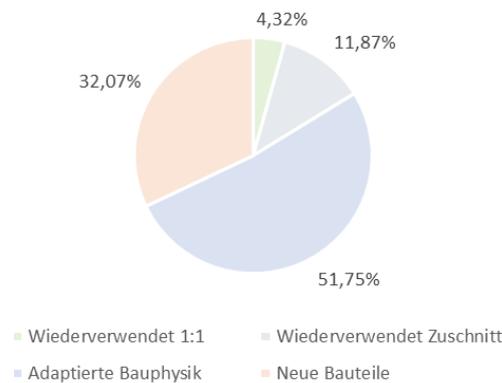


Abbildung 36 Re-Use Anteil Sommer-Entwerfen (eigene Abbildung)

Bauteile, die lediglich zugeschnitten werden mussten, machen 11,9% aus, jene, die zusätzlich bauphysikalisch ergänzt werden mussten, erreichen einen Anteil von 51,8%. Diese Ergänzungen betreffen vor allem den Wärme-, Schall- und Brandschutz. Es zeigte sich, dass ältere Bauteile häufiger Anpassungen erfordern. Darüber hinaus mussten Geometrieunterschiede (Länge, Höhe, etc.) zwischen den Bauteilen durch Ergänzungen ausgeglichen werden.

Im Durchschnitt mussten 32,1 % der Bauteile neu hergestellt werden.

4.3.3 Re-Use Anteil mehrgeschossiger Wohnbau

Die Auswertung des Re-Use Anteils für den mehrgeschoßigen Wohnbau von Alexander Ladentrog ergibt einen Reuse Anteil von etwa 27,5%.

Der Abbildung 37 kann weiters entnommen werden, dass knapp 5% der Bauteile 1:1 wiederverwendet werden konnten. Der Anteil der zugeschnittenen Bauteilflächen beträgt 13,3% und die bauphysikalisch ertüchtigten Bauteile machen 9,4% aus.

Re-Use Anteil mehrgeschoßiger Wohnbau

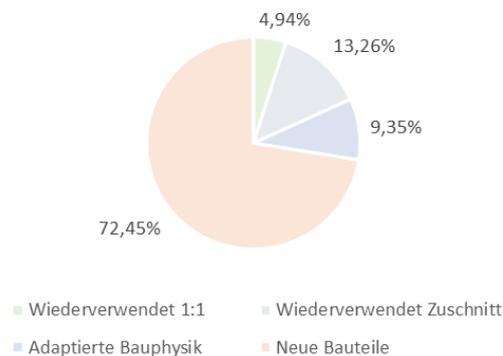


Abbildung 37 Re-Use Anteil mehrgeschossiger Wohnbau (eigene Abbildung)

Der mit 72,5 % vergleichsweise hohe Anteil an neuen Bauteilen ist den Anforderungen an Tragfähigkeit und baulichen Brandschutz im mehrgeschoßigen (Gebäudeklasse 5) geschuldet. Daher mussten insbesondere die unteren Geschosse aus Holz-Massivbauteilen gefertigt werden. In den oberen Geschossen hingegen konnte der Anteil an wiederverwendeten Holztafelelementen deutlich gesteigert werden (Ladentrog, 2024).

4.3.4 Re-Use Anteil Kleingartenwohnhaus

Das Ergebnis der Auswertung des Kleingarten-Entwurfes (Abbildung 38) befindet sich etwa zwischen dem Anteil der Entwürfe Studierender und dem des mehrgeschoßigen Wohnbaus.

Da die Außenwände des Kleingartenwohnhauses aus aufbereiteten Innenwänden der Datenbank errichtet werden sollen, gibt es viele Bauteile die stark adaptiert werden müssten. Diese machen etwa 47,7 % der verbauten Bauteilflächen ab der Bodenplatte aus. Eine Innenwand konnte zugeschnitten und wiederverwendet werden, diese beläuft sich auf 4,3 % der Flächen.

Re-Use Anteil Kleingartenwohnhaus

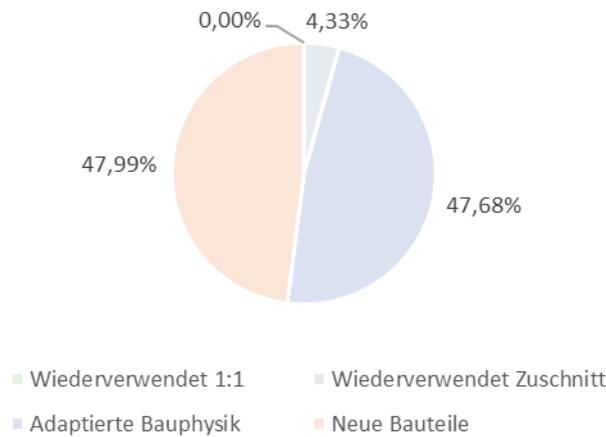


Abbildung 38 Re-Use Anteil Kleingartenwohnhaus (eigenen Abbildung)

Der Anteil von etwa 48 % neuer Bauteilflächen ist darauf zurückzuführen, dass die Deckenelemente der Datenbank für die Errichtung eines Kleingartenhauses deutlich überdimensioniert sind. Daher wurden neue Deckenelemente aus Brettspertholz gewählt, deren geringere Höhe den Höhenvorgaben im Kleingarten entgegenkommt.

4.3.5 Gegenüberstellung des Re-Use Anteils

Der Vergleich der Ergebnisse zum Re-Use-Anteil (Abbildung 39) verdeutlicht, wie unterschiedlich gut Bauteile je nach Entwurfsaufgabe wiederverwenden lassen.

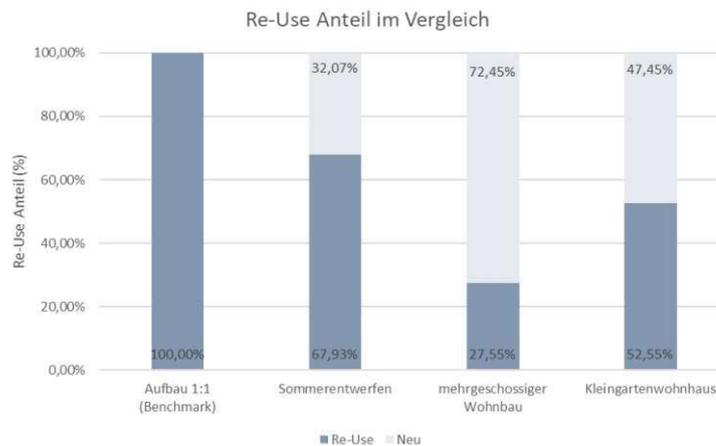


Abbildung 39 Re-Use Anteil im Vergleich (eigene Abbildung)

Vor allem bei den Entwürfen im Zuge der Masterthesen zeigte sich, dass es auch sinnvoll wäre, für bestimmte Anforderungen massive Holzbauteile in einer Bauteildatenbank zur Verfügung zu haben.

TEIL 2 | ENTWURF

MIT WIEDERVERWENDETEN HOLZTAFELELEMENTEN

5 ENTWURFSGRUNDLAGEN

In diesem Kapitel werden die dem Entwurf eines Kleingartenwohnhauses zugrundeliegenden Rahmenbedingungen, architektonischen Ziele sowie die rechtlichen Vorgaben erläutert.

5.1 Bauplatz

Der Bauplatz des erarbeiteten Beispielprojektes befindet sich am Rande der Stadt Wien, im 14. Bezirk, Penzing. Nahe des Wienerwaldes befinden sich unzählige Kleingärten, welche in Kleingartenvereinen (KGV) organisiert sind. Der Bauplatz für den im Zuge dieser Arbeit entwickelten Holztafelbau aus wiederverwendeten Bauteilen befindet sich im *KGV-Knödelhütte*, Weg A, Parzelle 30.

Die Abbildung 40 zeigt den Auszug aus dem Flächenwidmungs- und Bebauungsplan für die nähere Umgebung des Bauplatzes. Die Parzelle ist mit einem blauen Pfeil markiert. Die Widmung *Eklw* bedeutet „Erholungsgebiet - Kleingartengebiete für ganzjähriges Wohnen“ (Stadt Wien, 2024). Der Flächenwidmungsplan des Gebietes und die zugehörige Legende finden sich im Anhang C wieder.

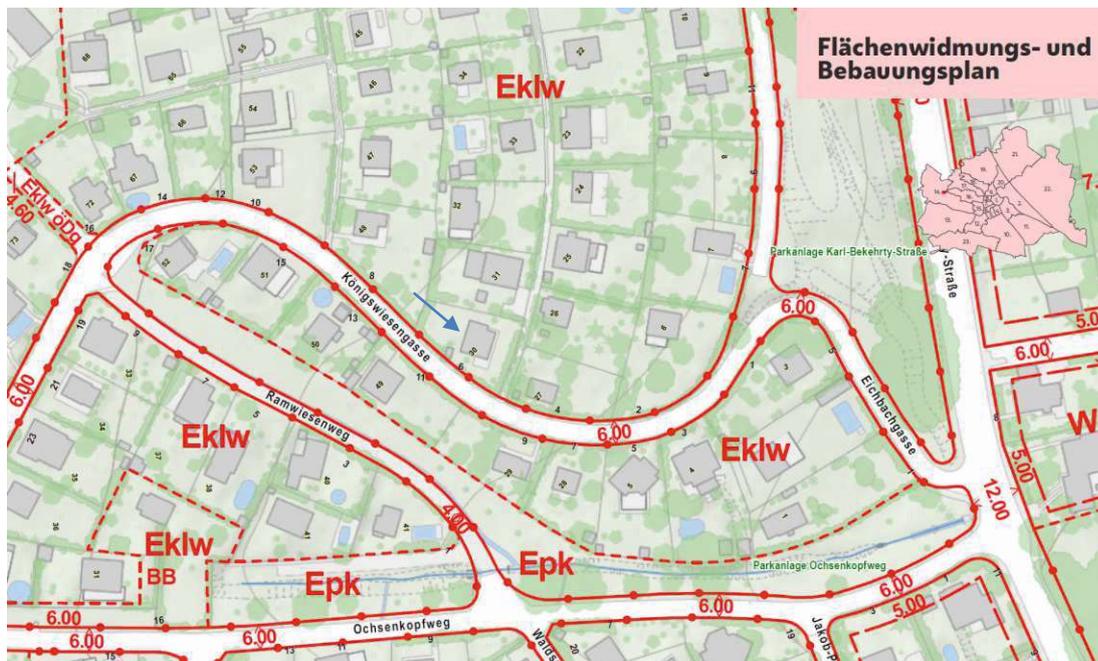


Abbildung 40 Flächenwidmungsplan des Bauplatzes (Stadt Wien, 2024)

Die Lage des Grundstücks an einer öffentlichen Straße ermöglicht den Einsatz großformatiger Holzelemente in Tafelbauweise. In Kleingartenanlagen mit schmalen Erschließungswegen ist dies hingegen unüblich, da mehrere Meter lange Wand- und Deckenelemente dort schwer zum Bauplatz transportiert und montiert werden können. Auch das Aufstellen eines Krans ist in solchen Bereichen oft nicht realisierbar. Wenn Holzfertigteile in Kleingärten ohne direkten Straßenzugang eingesetzt werden sollen, wird stattdessen auf kleinere Einzelemente in Kleintafelbauweise zurückgegriffen (T. Weiss, persönliche Kommunikation, 24. April 2024).

5.2 Nutzung und Raumprogramm

5.2.1 Nutzung

Der neue Entwurf soll die flexible Nutzung in unterschiedlichen Lebenssituationen ermöglichen. Das Kleingartenwohnhaus soll nicht als Sommer- oder Ferienhaus, sondern als Wohngebäude zur ganzjährigen Nutzung fungieren.

Vorgesehen ist grundsätzlich eine Wohneinheit, wobei ein Teil des Kellers als eigene, separat Wohneinheit, mit eigenem Zugang, genutzt werden kann. In erster Linie wäre dies für einen Teenager oder jungen Erwachsenen relevant, oder für eine etwaige Pflegebetreuung, die im Haus wohnen soll.

5.2.2 Raumprogramm

Grundlage für den Entwurf war ein vom Autor dieser Arbeit beschlossenes Raumprogramm:

Eingangsbereich / Vorraum

Der Eingangsbereich soll einer Garderobe Platz und im besten Fall ein naheliegendes Gäste-WC bieten.

Kochen und Essen

Der Wohn- Essbereich soll viel Licht bekommen und dem Wohnbereich als „Puffer“ dienen. Darüber hinaus soll diesem eine Terrasse vorgelagert sein.

Wohnbereich

Auch der Wohnbereich soll offen gestaltet sein und den Zugang zum Garten bieten.

Schlafen

Im Obergeschoß soll ein großzügiges Zimmer entstehen, welches neben einem Doppelbett auch Kleiderschränke oder einen Schreibtisch beinhaltet.

Sanitärräume

Neben der Toilette im Erdgeschoß soll im Obergeschoß und Keller jeweils ein Bad mit WC entstehen.

Kellernutzung

Der Keller sollte die haustechnischen Anlagen beherbergen und ebenso Lagermöglichkeiten bieten.

Wohnen im Untergeschoss

Das Untergeschoß sollte vielseitig nutzbar sein. Dort soll beispielsweise die Nutzung als Einliegerwohnung mit eigenem Bad oder als Hobbyraum, Werkstatt oder Wellnessbereich (Dampfbad/Saune) einrichtbar sein. Besonders wichtig ist dabei, dass auch das Untergeschoß zu Teilen natürlich belichtet wird.

5.3 Bauen im Kleingarten

Die Rechtsgrundlagen für das Bauen in Wiener Kleingärten stehen im Wiener Kleingartengesetz geschrieben (Wiener Kleingartengesetz, 1996).

Die wichtigsten beiden Paragraphen werden in weiterer Folge zitiert. Zusätzlich gibt es von der MA 37 - Baupolizei der Stadt Wien ein *Informationsblatt für Bauvorhaben im Kleingartengebiet* (Stadt Wien - MA37, 2024) welches die Gesetzesvorgaben prägnant zusammenfasst und dieser Arbeit im Anhang C beigelegt ist.

5.3.1 Ausnutzbarkeit des Kleingartens

Die Vorgaben zur möglichen Bebauung einer Kleingartenparzelle sind im Wiener Kleingartengesetz sehr genau beschrieben:

„(1) Das Ausmaß der bebauten Fläche gemäß § 80 Abs. 1 der Bauordnung für Wien darf [...] im „Grünland - Erholungsgebiet - Kleingartengebiet für ganzjähriges Wohnen“ nicht mehr als 50 m² betragen. Die bebaute Fläche darf 25 vH der Fläche des Kleingartens nicht überschreiten.“ (Wiener Kleingartengesetz, 1996, § 12.)

Weiters heißt es:

„(5) Vordächer und Dachvorsprünge bis zu einer Ausladung von höchstens 70 cm, Lichtschächte in der Größe der unmittelbar vorhandenen Fensteröffnungen und höchstens 1,0 m vor die Kelleraußenwand ragend, Balkone bis zu einer Ausladung von höchstens 1,20 m und Kellerabgänge bis zu einer Breite von höchstens 1,20 m werden der bebauten Fläche des Kleingartens nicht zugerechnet; Überdachungen von Kellerabgängen sind bis zu einer Ausladung von höchstens 1,20 m sowie auf einer Fläche von bis zu 7 m² zulässig und werden der bebauten Fläche des Kleingartens dann nicht zugerechnet, wenn sie höchstens zur Hälfte ihres Umfanges von Wänden umschlossen sind. Werden diese Maße überschritten, sind diese Bauteile im Ausmaß der Überschreitung der bebauten Fläche des Kleingartens zuzurechnen. Erker sind der bebauten Fläche zuzurechnen.“, (Wiener Kleingartengesetz, 1996, § 12.)

5.3.2 Gebäudegröße

Auch die maximalen Gebäudeabmessungen reglementiert das Kleingartengesetz:

„(2) Kleingartenwohnhäuser dürfen eine Gesamtkubatur von höchstens 265 m³ über dem anschließenden Gelände haben, wobei der oberste Abschluss des Kleingartenwohnhauses nicht mehr als 5,50 m über dem verglichenen Gelände liegen darf. [...]

(4) Bei Gebäuden auf Gemeinschaftsflächen darf die Summe der Flächeninhalte aller Gebäudefronten nicht größer als das Produkt aus der Summe der Längen aller Gebäudefronten und der zulässigen Gebäudehöhe von 5,50 m sein; hiebei darf die Gebäudehöhe an keiner Stelle mehr als 7,50 m über dem tiefsten Punkt des anschließenden Geländes liegen. Der oberste Abschluss der Gemeinschaftsanlagen darf nicht höher als 1,50 m über der tatsächlichen Gebäudehöhe liegen.“ (Wiener Kleingartengesetz, 1996§ 13.)

6 ENTWURF

„Form follows availability. Kreislauffähiges Entwerfen heißt Bauen mit dem, was besteht.“ (Müller, 2023)

Unabhängig davon, ob der Entwurf an die vorhandenen Bauteile angepasst wird oder die Bauteile in ihren Maßen modifiziert werden, ist das Bauen mit Re-Use-Bauteilen stets von der Verfügbarkeit einer ausreichenden Menge geeigneter Bauteile abhängig.

In diesem Kapitel werden der im Rahmen dieser Masterarbeit entwickelte Entwurf vorgestellt, die verwendeten Bauteilaufbauten detailliert erläutert und der Anteil an wiederverwendeten konstruktiven Bauteilen berechnet.

6.1 Entwurfsbeschreibung

Das Gebäude ist so positioniert, dass es an die nördliche Baulinie (2 m Abstand zur Grundgrenze) angrenzt und ansonsten mittig auf dem Bauplatz liegt. Dem Kleingartenwohnhaus wird die leichte Hanglage des Grundstücks zunutze gemacht: Vom Eingang im Osten her wird das leicht ansteigende Zugangsniveau (Abbildung 41 linke Seite) aufgenommen, während der westliche Bereich durch ein Plateau-Geschoß des Gebäudes an den 80 cm höher gelegenen oberen Garten anschließt.

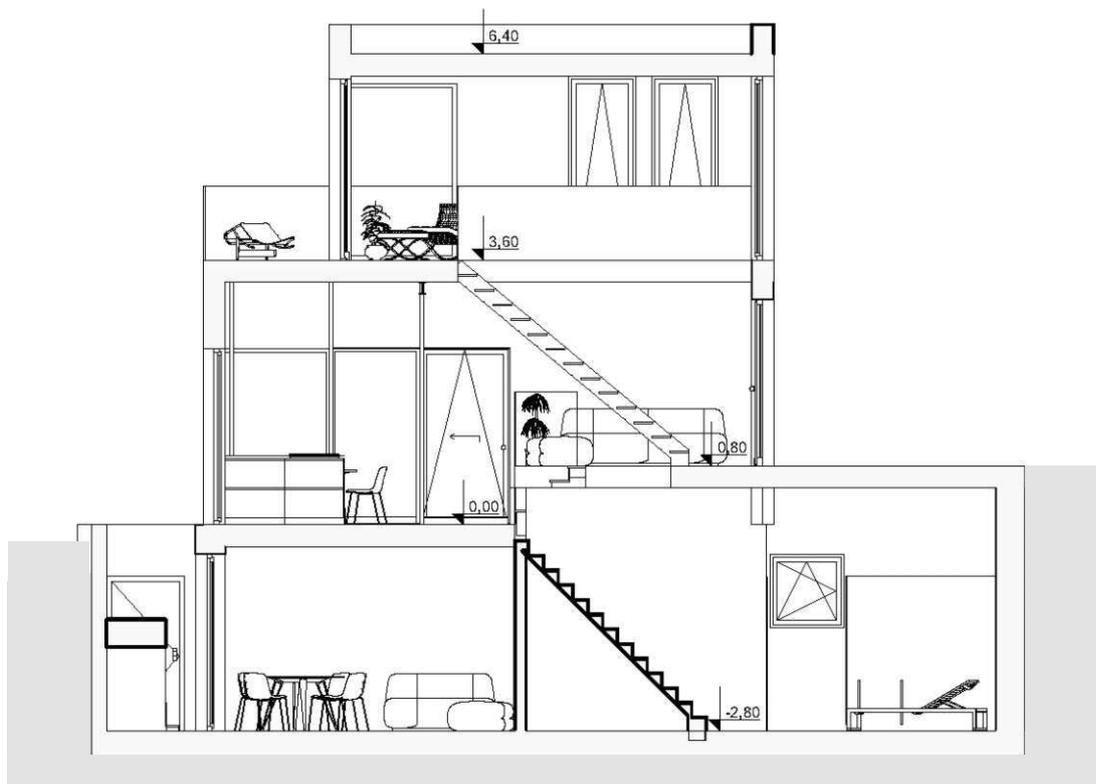


Abbildung 41 Schnitt durch das Kleingartenhaus 1:100 (eigene Abbildung)

Durch diese Hanglage entstehen im Erdgeschoss untypisch hohe Räume für ein Kleingartenhaus, ohne dabei die maximal zulässige Gebäudehöhe zu überschreiten.

Beim Betreten des Gebäudes von der östlichen Seite gelangt man zunächst in einen Vorraum. Von hier aus eröffnet sich der Blick durch ein raumhohes Fenster mit einer Parapethöhe von 80 cm, die dem Niveauunterschied des Zwischengeschosses entspricht, hinaus in den oberen Garten. Im Eingangsbereich befinden sich die Garderobe und die Gästetoilette (Abbildung 42).

Aus dem Vorraum betritt man die 3,30 m hohe Wohnküche, an deren Decke ein sichtbarer Stahlträger (IPE), der als Unterzug für die Lastabtragung des Obergeschoßes dient, sichtbar ist. Vom Vorraum aus führt der direkte Weg durch die angrenzende Küche hindurch und durch eine Schiebetüre auf die südliche Terrasse.

Vier Stufen führen vom Koch-Ess-Bereich auf das 80 cm erhöhte Plateau, auf dem sich der Wohnraum befindet. Da die Decke des Erdgeschosses durchläuft, beträgt die Raumhöhe im Wohnbereich nur noch 2,50 m. Von diesem Wohnraum gelangt man ebenerdig auf die westliche Terrasse, wo optional auch ein Pool realisiert werden kann.

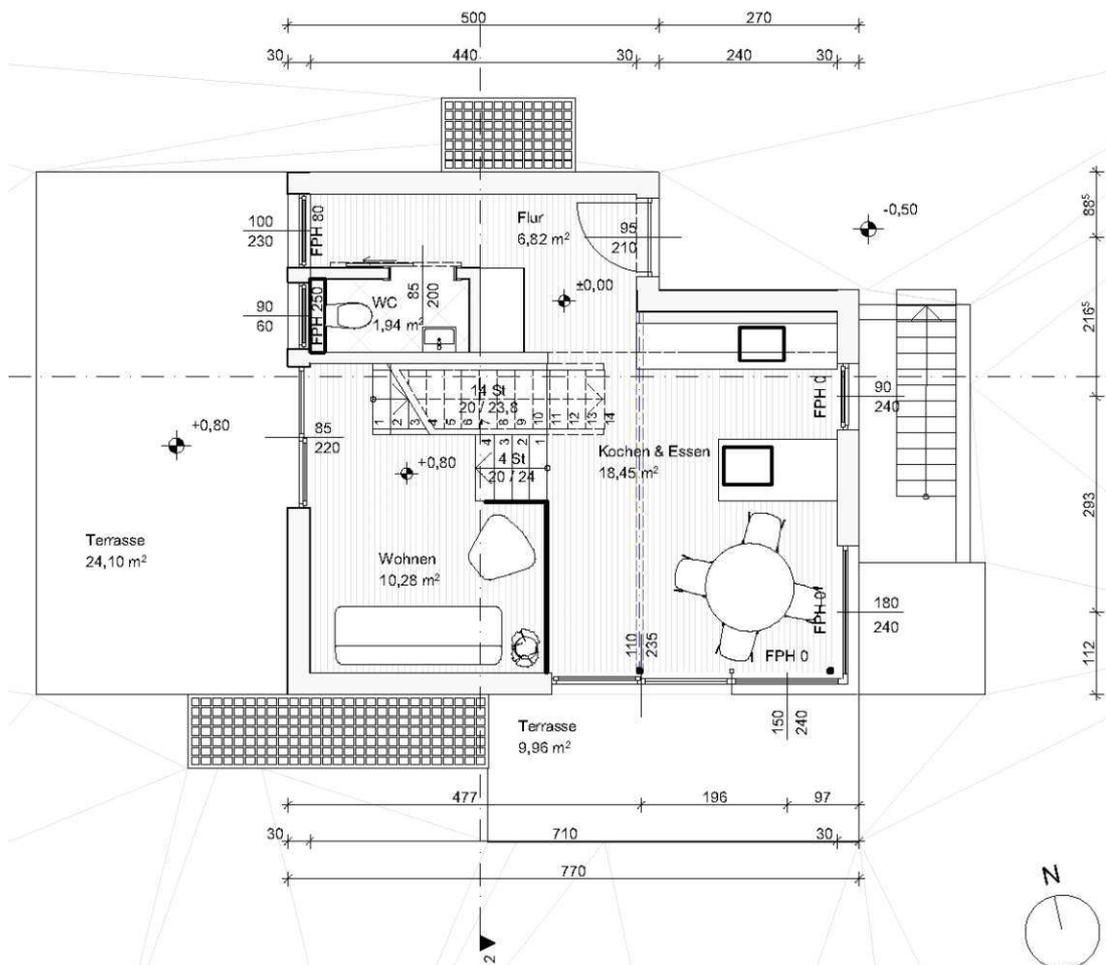


Abbildung 42 Grundriss Erdgeschoß 1:100 (eigene Abbildung)

Zudem gelangt man von der erhöhten Wohnebene über eine Holzterrasse ins Obergeschoss (Abbildung 43). Mehrere Terrassentüren eröffnen den uneingeschränkten Ausblick auf den gegenüberliegenden Satzberg und die Jubiläumswarte und versorgen das gesamte Geschoß mit Tageslicht.

Im südlichen Bereich des Obergeschosses befindet sich ein großzügiger Raum, der sowohl als Schlafzimmer als auch als Arbeitsbereich genutzt werden kann. Links des Treppenauftritts führt ein begehbare Schrankraum in das Badezimmer, welches ebenfalls mit einem WC ausgestattet ist.

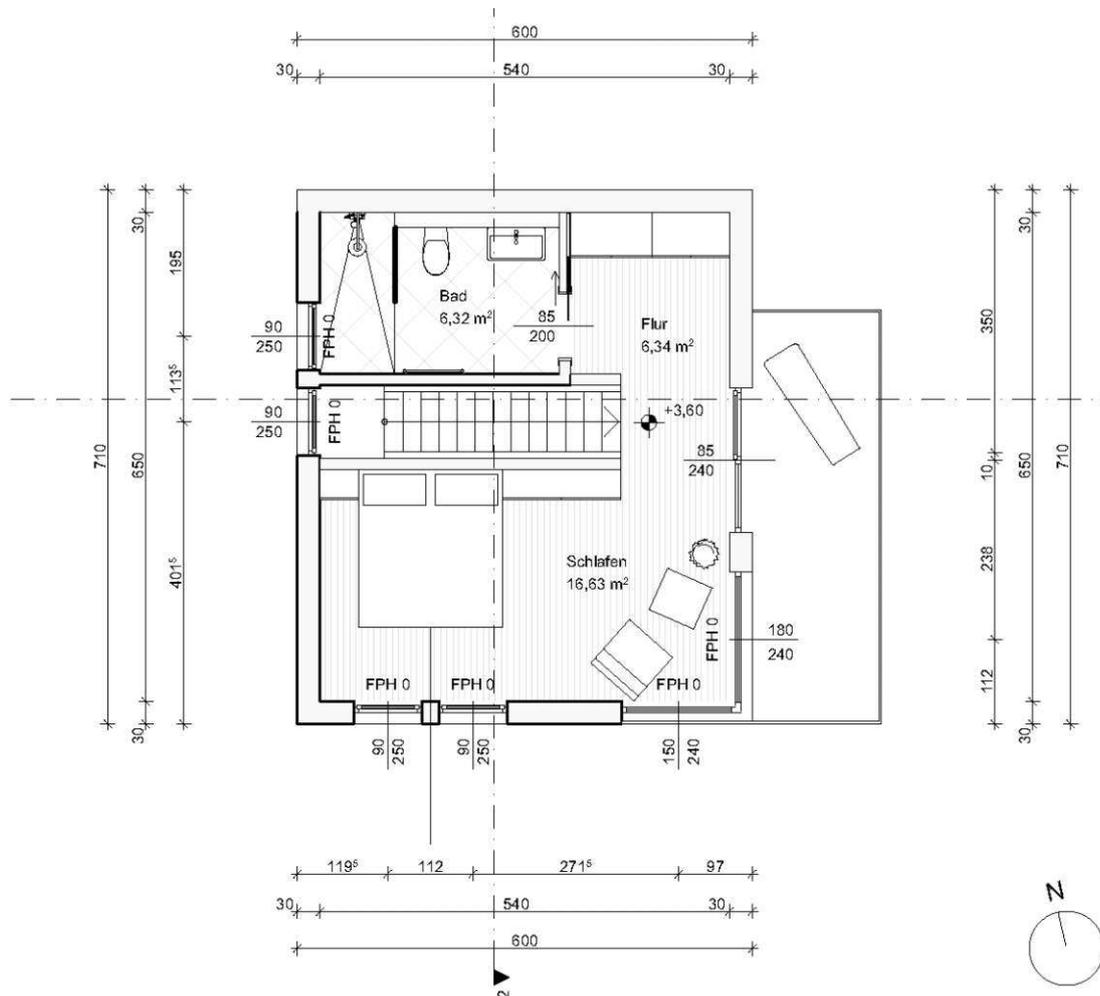


Abbildung 43 Grundriss Obergeschoß 1:100 (eigene Abbildung)

Im Erdgeschoss, gegenüber der Küchenzeile, führt eine Treppe in das aus Stahlbeton errichtete Kellergeschoss. Dieses verfügt über einen Haustechnikraum, der auch als Hauswirtschaftsraum verwendet werden kann. Im Haustechnikraum befindet sich eine Luft-Wasser Wärmepumpe die die Fußbodenheizung versorgt und auch die Warmwasseraufbereitung übernimmt. Zudem gibt es einen Raum, der entweder als Lagerfläche genutzt werden kann oder Platz für eine Sauna/Dampfbad ermöglicht.

Neben der Treppe im Kellergeschoss befindet sich der Zugang zur zweiten Wohneinheit (Abbildung 44). Dieses autarke Apartment eignet sich als Wohnmöglichkeit für ein Familienmitglied oder eine externe Pflegekraft. Sie verfügt über ein eigenes Badezimmer mit WC, das durch einen Lichtschacht mit Tageslicht versorgt wird.

Der große Wohnraum dieser Einheit wird durch den zurückversetzten Kellerabgang an der Ostseite sowie durch Lichtschächte an der Südseite natürlich belichtet. Der außenliegende, zurückversetzte Kellerabgang dient nicht nur der natürlichen Belichtung, sondern ermöglicht auch den separaten Zugang zur unteren Wohneinheit von außen.

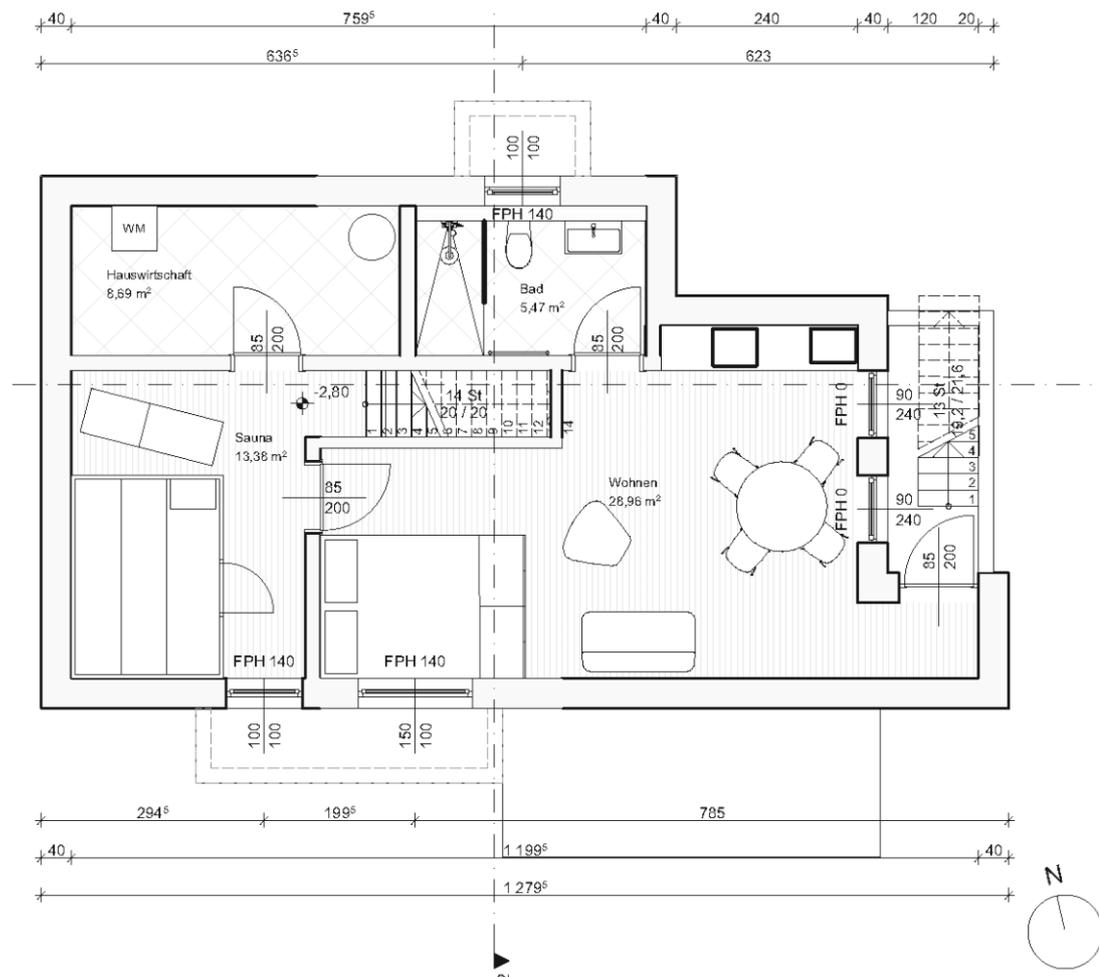


Abbildung 44 Grundriss Untergeschoß 1:100 (eigene Abbildung)

Das Dach des Gebäudes ist als Flachdach ausgeführt.

Die hinterlüftete Lärchenholz-Fassade (Abbildung 45) des Kleingartenwohnhauses wird von teils geschoßübergreifenden Verglasungen eingeschnitten, welche die Innenräume gut belichten. Wenn sich zwei raumhohe Fenster in unterschiedlichen Geschoßen übereinander befinden, werden diese optisch senkrecht durchgezogen (so auch das Küchenfenster im EG und auch die raumhohe Verglasung im Kellerapartment). Gegen sommerliche Überhitzung aufgrund der großzügigen Fensterflächen haben alle Fenster einen außenliegenden Sonnenschutz in Form von Raffstores.



Abbildung 45 Rendering Entwurf Kleingartenwohnhaus (eigene Abbildung)

Einhaltung der gesetzlichen Beschränkungen

Die oberirdisch umbaute Raum beträgt $253,7 \text{ m}^3$ und liegt somit unter dem maximal bebaubaren Volumen von 265 m^3 bei Kleingartenwohnhäusern (Wiener Kleingartengesetz, 1996, § 12).

Die maximal bebaubare Fläche wird mit $51,8 \text{ m}^2$ ($50^2 + 7 \text{ cm Überdämmung}$) allenfalls ausgereizt, entspricht jedoch den Vorgaben des Kleingartengesetzes (Wiener Kleingartengesetz, 1996, § 12).

Bei der höher gelegenen, westlichen Terrasse beträgt die Gebäudehöhe $5,5 \text{ m}$, von der östlichen Wiese beim Kellerabgang beträgt diese etwa $3,6 \text{ m}$. Das Flachdach liegt nicht mehr als $5,5 \text{ m}$ über dem verglichenen anschließenden Gelände.

Die Abstände von mindestens 2 m zu den Grundstücksgrenzen werden eingehalten.

6.2 Wiederverwendung der Bauteile

Die Vorgabe für die (gedankliche) Errichtung des Kleingartenwohnhauses bestand darin, vorrangig wiederverwendete Bauteile aus der Datenbank von Alexander Ladentrog zu benutzen (Ladentrog, 2024).

Dies konnte jedoch nur teilweise umgesetzt werden, da die Bauteile der Datenbank überwiegend aus großformatigen Elementen bestehen. Zudem sind diese Bauteile für deutlich höhere statische Lasten ausgelegt, als sie bei einem Kleingartenhaus erforderlich sind.

In den folgenden beiden Kapiteln wird erläutert, welche Bauteile dennoch für den Entwurf wiederverwendet werden konnten und auf welche Weise dies geschah.

6.2.1 Wände

Da die Wände in der ursprünglichen Datenbank deutlich zu dick und somit überdimensioniert waren, wurden die Außenwände des Kleingartenhauses aus den Innenwänden demontierter Gebäude gefertigt. Die etwa 15 cm starken Innenwände werden auf die erforderliche Länge zugeschnitten und anschließend sowohl innen als auch außen verstärkt.

Auf der Innenseite wird eine Dampfbremse auf die vorhandenen Gipsfaserplatten aufgeklebt (tapeziert), ergänzt durch eine gedämmte Vorsatzschale, die gleichzeitig als Installationsebene dient. An der Außenseite wird eine zusätzliche Dämmebene mit Windbremse angebracht, die durch eine hinterlüftete Holzfassade abgeschlossen wird, wie in Abbildung 46 exemplarisch dargestellt.

Der letztendliche Aufbau der Außenwände beträgt somit, abhängig von der tatsächlichen Dicke der Re-Use Wände, zwischen 25 und 30 cm.

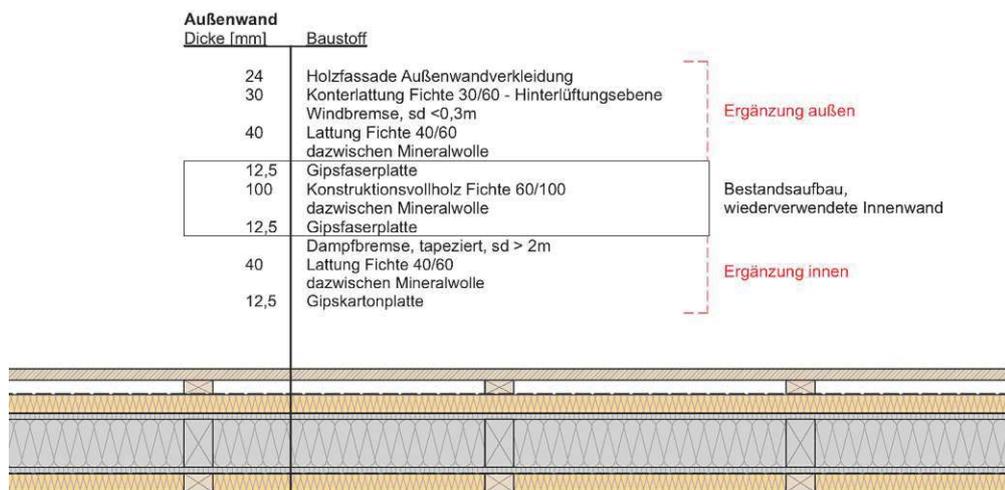


Abbildung 46 Konstruktion der Außenwand (eigene Abbildung)

6.2.2 Decken

Auch die Deckenelemente der Datenbank weisen für den Einsatz im Kleingartenbau eine stark überdimensionierte Aufbauhöhe auf. Aufgrund der strengen Vorschriften zur maximalen Gebäudehöhe wäre es mit diesen Elementen nicht möglich gewesen, zwei Geschosse mit einer angemessenen Raumhöhe übereinander zu realisieren. Daher wurden stattdessen neue Brettspertholzdecken mit einer Aufbauhöhe von nur 16 cm verbaut, was für die im Kleingartenbau erforderlichen Traglasten völlig ausreichend ist.

6.3 Re-Use Anteil

Der Anteil wiederverwendeter Bauteilflächen (Re-Use Anteil) des Kleingartenhauses ist aufgrund der Verwendung neuer Brettspertholzdecken verhältnismäßig gering ausgefallen, wie die Tabelle 11 zeigt. Der Anteil wiederverwendeter Bauteile liegt bei etwa 52 % der Bauteilflächen (Abbildung 47). Eine Innenwand konnte zugeschnitten werden, die anderen wiederverwendeten Innenwände, die als Außenwände fungieren, mussten hingegen innen wie außen bauphysikalisch angepasst werden.

Tabelle 11 Re-Use Anteil Kleingartenwohnhaus

Reuse Vergleich (in m ²)	Außenwand	Innenwand	Decke	Dach	Summe	Anteil
Wiederverwendet 1:1	0	0	0	0	0	0,00%
Wiederverwendet Zuschnitt	0	9,8	0	0	9,8	4,33%
Adaptierte Bauphysik	107,8	0	0	0	107,8	47,68%
Neue Bauteile	14,3	0	94,2	0	108,50	47,99%
Verschnitt	20,7	1,2	0	0	21,90	9,69%

Re-Use Anteil Kleingartenwohnhaus

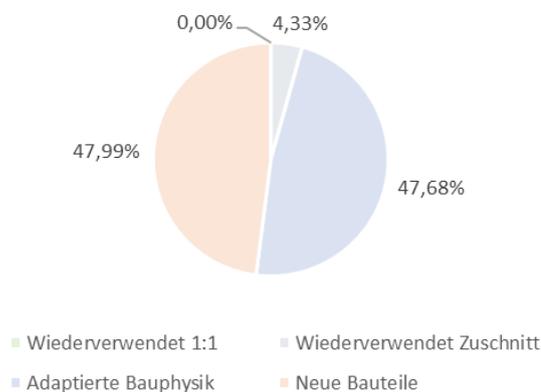


Abbildung 47 Diagramm Re-Use Anteil Entwurf Kleingartenwohnhaus (eigene Abbildung)

Sofern verfügbar, könnten die Brettspertholzdecken ebenfalls der Wiederverwendung entstammen, damit ließe sich der Re-Use Anteil für konstruktive Bauteile auf nahezu 100 % ausbauen.

Die detaillierte Auswertung des Re-Use Anteils befindet sich im Kapitel 4.3.4.

7 SCHLUSSFOLGERUNG

In diesem Kapitel sollen die in Kapitel 1.4 genannten Zielsetzungen und Forschungsfragen nun anhand der in dieser Arbeit angewandten Methoden und Ergebnisse kritisch besprochen werden.

7.1 Perspektiven des Rückbaus

Nachstehend werden die Forschungsfragen einzeln diskutiert, wobei die ersten drei Forschungsfragen in den nachstehenden Unterkapiteln 7.1.1 bis 7.1.3 besprochen werden, während die vierte Forschungsfrage aufgrund ihrer Entwurfsbezogenheit in Sektion 7.2 behandelt wird.

7.1.1 Aspekte des Um- und Rückbau-Potentials

Die erste Forschungsfrage lautete: *„Welche Bauteile eines Fertighauses können im Zuge der Demontage so rückgebaut werden, dass die erneute Verwendung sinnvoll möglich ist?“*

Im Zuge der beiden mit dieser Thematik befassten Masterthesen hat sich gezeigt, dass die konstruktiven Holztafel-Bauteile gut rückgebaut und wiederverwendet werden können. Der darauf errichtete Ausbau ist in der Regel aufgrund der verwendeten Konstruktionsformen (z.B. gegossene Estriche und geklebte Fliesen) nur schwer, beziehungsweise nicht wirtschaftlich wiederzuverwenden.

Wie in Kapitel 4.1.2 dargestellt, können Bauteile recht eindeutig in klar wiederverwendbar, wenig wiederverwendbar und nicht wiederverwendbar kategorisiert werden. Dabei sind die konstruktiven Elemente gut wiederverwendbar (dies wurde sowohl in den Entwurfsarbeiten der Studierenden dargestellt wie auch bei den jeweiligen Entwurfsanwendungen beider Masterthesen), während die Haustechnik und Gewerke des Ausbaus zu den wenig bis nicht-wiederverwendbaren Bauteilen zählen.

Darüber hinaus bleibt anzumerken, dass das Alter der demontierten Bauteile eine bedeutende Rolle in der Wiederverwendung einnimmt. Beispielsweise entsprechen Fenster, deren Nutzungsdauer überschritten ist, nicht annähernd mehr dem heutigen thermischen Standard. Dies hat zum einen mit dem Verlust der Wärmedämmeigenschaften von Isolierglasfenstern zu tun, zum anderen jedoch mit den seit 2007 gestiegenen Anforderungen an U-Werte und Heizwärmebedarfs-Vorgaben. An dieser Stelle soll auch auf den gebräuchlichen Nutzungsdauerkatalog (HSÖ, 2020) unterschiedlicher Baukonstruktionen und Materialien verwiesen werden.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die „Sinnhaftigkeit“ der Weiterverwendung von Teilbauteilen: Es erscheint widersinnig einerseits bestehende „große“ Bauteile für sehr kurze Wandbauteile zu zerschneiden. Andererseits ist fraglich, ob es eigentlich sinnvoll ist sehr kurze Wandelemente (z.B. Erkeraußenwände 80 cm Länge oder weniger) zur Wiederverwendung in der Datenbank zu erfassen.

In den meisten Fällen – sieht man von dem in dieser Arbeit als Referenzfall betrachteten Rück- und Wiederaufbau eines Demonstrationszwecken dienenden Gebäudes der Musterhaussiedlung Blaue Lagune ab – wird es erforderlich sein die entsprechenden Bauteile einer Anpassung an heutige thermische, akustische und brandschutztechnische Erfordernisse zu unterziehen. Dies wurde in der Arbeit von Alexander Ladentrog exemplarisch für eine Reihe von Bauteilen dargestellt (Ladentrog, 2024).

Eine mehrfach auftretende Frage ist, wie viele Zyklen des Umbaus bzw. der Wiederverwendung von verschraubten Bauteilen überhaupt möglich sind. Unbenommen davon, dass dies keine zentrale Kernfrage dieser Arbeit war, soll kurz darüber reflektiert werden: bei den aktuellen Fügungstechniken ist das Öffnen von Verkleidungen zumeist erforderlich um die sachgemäße Demontage durchführen zu können. Dieser Vorgang stellt jedoch jedes Mal eine „Verletzung“ des Bauteils dar. Auch wird naturgemäß ein mehrfaches Verschrauben in Holzwerkstoffen nicht unbedingt dauerhaft die gleichen strukturellen Stabilitäten bedeuten. In anderen Worten: aktuell erscheint die einfache Wiederverwendung problemlos möglich zu sein. Mehrere Verwendungszyklen wären vermutlich mit erheblichem Aufwand verbunden die Bauteile wiederholt für konstruktive Erfordernisse anzupassen und erscheinen daher aus der Sicht des Autors nicht wirtschaftlich zu sein (vergleiche dazu Ausführungen unter zukünftiger Forschung).

7.1.2 Kosten und Nachhaltigkeit im Vergleich

Die zweite Forschungsfrage lautet: „*Welches Einsparungspotential besteht hinsichtlich Baumasse, Kosten und CO₂ durch die Wiederverwendung (Re-Use) von Teilen des Musterhauses?*“

Zusammenfassend konnten 49% der Bauteilmassen, 45% der Kosten und 24 Tonnen CO₂-Äquivalente eingespart werden, wie im Kapitel 4.2 detailliert dargebracht wird.

All diese Ergebnisse beziehen sich auf die direkte 1:1-Wiederverwendung von Bauteilen. Müssen Bauteile jedoch für die erneute Montage angepasst werden, wirken sich auch die dabei entstehenden Kosten auf die Wirtschaftlichkeit aus.

Die Kosten für die wiederverwendeten Bauteile inklusive der Kosten jener für Anpassungen dürften daher nicht höher sein als die Herstellungskosten gleichwertiger neuer Bauteile, damit die Wiederverwendung wirtschaftlich sinnvoll bleibt.

Aus ökologischer Sicht ist jede Einsparung von Treibhausgasemissionen und jede Verlängerung der CO₂-Bindung sinnvoll, auch wenn dafür Anpassungen der Bauteile erforderlich sind.

Allerdings stellt sich die Frage, wie der anfallende Verschnitt im Zuge der Bearbeitung von Bauteilen in die ökologische und ökonomische Bewertung des Wiederverwendungspotentials einbezogen werden sollte.

Trotz aller Herausforderungen birgt die Wiederverwendung von Holztafelbauteilen ein großes Potential für Ressourcenschonung und das Erreichen von Klimazielen. In der Bauwirtschaft findet dieses Potential jedoch bisher nur selten praktische Anwendung.

7.1.3 Re-Use Anteil unterschiedlicher Entwurfsansätze

Die dritte Forschungsfrage lautet: *„Wie quantifiziert sich der Re-Use-Anteil unterschiedlicher Architekturentwürfe, die unter Verwendung eines Datenrepositoriums von Holztafelelementen und Zielsetzung eines hohen Wiederverwendungsgrades durchgeführt wurden?“*

Die Auswertung des Re-Use-Anteils ist im Kapitel 4.3 zu finden und hängt sehr von Typologie des Entwurfes ab.

Grundsätzlich konnten in jedem Entwurf Bauteile wiederverwendet werden. Es wurde festgestellt, dass der Re-Use-Anteil tendenziell höher ist, wenn die Typologie einem Ein- oder Zweifamilienhaus ähnelt. Dies liegt vor allem daran, dass die Datenbank überwiegend Bauteile aus größeren Einfamilienhäusern enthält.

Ein weiterer entscheidender Faktor ist, ob der Entwurf stärker an die vorhandenen Bauteile angepasst wurde oder ob die Bauteile für den Entwurf zugeschnitten werden mussten. Besonders Bauteile mit spezifischen Abmessungen sind schwer zu finden und begrenzen somit die Wiederverwendungsmöglichkeiten.

Mit hoher Wahrscheinlichkeit lässt sich sagen, dass der Re-Use-Anteil durch eine größere Datenbank oder eine spezialisierte Datenbank für Holzbauteile in Massivbauweise erheblich gesteigert werden könnte.

Vor allem die beiden Entwürfe, die im Rahmen der Diplomarbeiten entstanden sind, hätten erheblich vom Zugriff auf wiederverwendete Massivbauteile profitiert. Diese Möglichkeit hätte ihren Re-Use-Anteil deutlich steigern können.

7.2 Anwendbarkeit auf kleine Systembauten

Die Forschungsfrage in Bezug auf den Entwurf lautet: „*Welche Erkenntnisse entwickelt man beim Entwurfsprozess eines Kleingartenwohnhauses mit wiederverwendeten Elementen in Holzrahmenbauweise?*“

In dieser Arbeit wurde als Entwurf absichtlich ein kleines Bauwerk (Kleingartenwohnhaus) als Aufgabenstellung gewählt. Dies bedingt, dass die angestrebte Hüllfläche, ebenso die angestrebte Bruttogeschossfläche sowie das Bruttovolumen vergleichsweise klein gehalten werden muss. Als Konsequenz ergibt sich, dass somit ein zusätzlicher Komplexitätsgrad in der Wiederverwendung von Bauteilen sich auftritt: diese müssen nämlich entsprechend zugeschnitten werden. Je kleiner das Bauwerk, desto schwieriger erscheint die Verwendung von Bestandsbauteilen zu sein, da sowohl der relative Aufwand der Bearbeitung im Vergleich zu größeren Bauwerken ansteigt und damit die Wirtschaftlichkeit durchaus zu hinterfragen ist. Je weniger Teile aktiv verwendet werden, desto schwieriger ist dies sowohl gegenüber externen Ausführenden als auch Auftraggebern zu argumentieren.

Daraus kann abgeleitet werden, dass die Größe der Bauwerke mit wiederverwendeten Bauteilen, sich zumindest rudimentär an der Originalgröße der Abbruchhäuser orientieren sollte, oder – wie es in der Masterthese von Alexander Ladentrog dargestellt ist – die Bauteile bzw. der Re-Use-Ansatz für größere Bauwerke, wie innerstädtische Mehrfamilienhäuser, eventuell besser geeignet oder einfacher applizierbar sind.

In diesem Kontext erscheint auch der Aspekt relevant, dass heutige zeitgenössische Fertighäuser immer größere Dimensionen hinsichtlich der nicht nachhaltigen Steigerung von Flächenanforderungen pro Person einnehmen.

7.3 Ausblick und künftige Forschung

Die Forschungs- und Entwicklungsbemühungen, die in dieser Masterthese beschrieben wurden, haben großes Potential von verschiedenen zukünftigen Stoßrichtungen in der F-&E-Arbeit in der Domäne „Zirkularität von Fertighausbauteilen aus Holz“ aufgezeigt:

- ♦ Es ist denkbar, die aktuell sehr im Trend liegenden Technologien, die unter „Künstliche Intelligenz“ (KI) bzw. „Machine-Learning“ (ML) bekannt sind, für Zwecke der Wiederverwendung von Holzbaufertigteilen heranzuziehen. Dabei wären beispielsweise folgende Zielsetzungen denkbar:

- Die Generation von Grundrissen bzw. ganzen Bauwerken anhand eines „limitierten“ Vorrats an Altbauteilen im Sinne von *Resteverwertung* ist annehmbar.
 - Bei Anpassungsmaßnahmen im Spannungsfeld von hygrothermischen und anderen bauphysikalischen Anforderungen im Bauteilbereich und vergleichbarer Anforderungen im Gesamtgebäudebereich (Stichworte Heizwärmebedarf und Vermeidung sommerlicher Überwärmung) könnte ein parametrisiertes bzw. parametrisierendes Modell von Bauteilen hilfreich sein.
 - Denkbar ist auch bei Bestandsgebäuden KI/ML-Ansätze zur Ableitung von Bauteileintragungen in die Datenbank zu verwenden.
 - Auch teilautomatisierte Zustandsbewertungen via KI/ML könnten anhand von entsprechenden Beispielbauteilen beim Abbau Vorsortierungen treffen.
- ♦ Wie viele Re-Use-Zyklen entsprechende Bauteile verkraften, stellt aus hochbautechnischer, aber auch aus bauphysikalischer Sicht (Luftdichtheit, Folienüberlappungen, Dampfdichtheit) eine spannende Frage dar.
 - ♦ In eine ähnliche Richtung könnten neue Ansätze zur schonenden Demontage (Stichwort verbessertes „Design for Deconstruction“) und einer entsprechenden Wissensbasis für Fachpersonal gehen.
 - ♦ Eine Vergrößerung des Datensamples von Beispielbauwerken (sowohl „Altbauten“ wie auch neu generierte „Wiederverwendungsgebäude“) erscheint wünschenswert, um noch besser belegen zu können, welches Potential hier vorhanden ist.
 - ♦ Die Entwicklung von entsprechenden Geschäftsmodellen und auch Marketingstrategien der jeweiligen Träger der Wiederverwendung erscheint ebenfalls opportun - hier stellen sich Fragen wie „Ist Wohnen vielleicht in Zukunft eine temporäre Dienstleistung?“, „Welche Firmen- / Unternehmensstrukturen sind erforderlich, um eine möglichst hohe Zirkularität zu erzielen?“, „Wie kann die öffentliche Hand bzw. der Gesetzgeber die Wiederverwendung unterstützen bzw. durch Förderungen für Endnutzer attraktiv machen?“. Letztlich stellt sich in diesem Kontext auch die Frage, wie der Besitz oder das Bewohnen eines Bauwerks aus wiederverwendeten Bauteilen als „attraktiv“ oder „Statussymbol“ verstanden werden könnte.

7.4 Limitierungen dieser Studie

Beim Eintauchen in die Domäne „Wiederverwendung von Holz-Fertigbauteilen“ muss eine Selbstbeschränkung vorgenommen werden, um den Fokus auf bestimmte Aspekte im Detail vornehmen zu können. Dies war auch der Grund, warum in der Überthematik zwei Diplomarbeiten konzipiert und verfasst wurden. Nichtsdestotrotz ist bzw. war auch in dieser Dualität eine vollständige Befassung mit allen Belangen, die im Zuge der Bearbeitungsschritte aufkamen, nicht möglich. Das kann allerdings auch so verstanden werden, dass die gegenständliche Masterthese, wie auch die parallel verfasste Masterthese von Alexander Ladentrog als Startpunkte für weitere – im vorhergehenden Kapitel beschriebene – Forschungs- und Entwicklungsbemühungen verstanden werden können.

Allerdings sind auch einige Limitierungen dieser Arbeit zu nennen. Beispielsweise unterliegen die verschiedenen Annäherungen an den ökologischen Fußabdruck (in dieser Arbeit vor allem via *Global Warming Potential* ausgedrückt) naturgemäß Unsicherheiten durch die Verwendung von Default-Werten. Für bestimmte Parameter war es im Rahmen der Masterthese trotz intensiver Recherche nicht möglich detailliertere Eingangsdaten für GWP-Berechnungen zu erhalten. Dies resultierte auch darin, dass verschiedene Einschränkungen bei der Verwendung dieses Indikators in der Arbeit genannt werden mussten, da die Ergebnisse bis zu einem gewissen Grad in eine Beliebigkeit abgleiten würden. Zusätzlich resultiert dies auch darin, dass in der Methode und in den Ergebnissen zum Teil auch andere, vereinfachte Performance-Indikatoren (Masse, Fläche, Volumen) angesetzt wurden.

Die herangezogenen Test-Objekte – sowohl der Entwurf des Autors dieser Arbeit, der Entwurf von Alexander Ladentrog, aber auch die Studierendenarbeiten – applizierten bewusst klassische Methoden des Architekturentwurfs. Es mag sein, dass beim Bauen mit wiederverwendeten Teilen, andere Methoden – die z.B. sich an den „Plattform“-Technologien anderer Technologie-Domänen, wie z.B. dem Fahrzeugbau – zu anderen Ergebnissen führen würden. Hochwertige Architektur, Modularisierung und Wiederverwendung unter einen Hut zu bringen ist grundsätzlich eine Herausforderung.

Trotz dieser Limitierungen bietet diese Arbeit eine gute Perspektive auf das Potential von wiederverwendeten Fertigbauteilen aus einer ökonomischen und ökologischen Sichtweise.

8 ERKLÄRUNG ZUR ZUSAMMENARBEIT

Wie bereits eingangs erläutert, ist diese Arbeit ein Teil zweier Masterthesen, die sich dem gemeinsamen Überthema „Kreislauffähigkeits-Potential von Holzhausbauten“ widmen. Die beteiligten Verfasser haben bei grundlegenden Themen zusammengearbeitet, bevor sie sich jeweils einem spezifischen Bereich innerhalb des Rahmenthemas gewidmet haben.

Die Abgrenzung der Arbeiten voneinander wurde mit Bedacht vorgenommen, dennoch wird in beiden Arbeiten wechselseitig aufeinander Bezug genommen.

9 INDEX

9.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Entwicklung des weltweiten Material-Fußabdrucks von 1900 bis 2016 in Milliarden Tonnen. Die planetare Belastungsgrenze wird auf 50 Milliarden Tonnen geschätzt (BMK, 2022, S.5).....	7
Abbildung 2 Baupreisindex - Basis 2020 (Statistik Austria, 2024).....	9
Abbildung 3 Die 10 Re der Kreislaufwirtschaft (Hafner, 2023)	15
Abbildung 4 Nachwachsende Rohstoffe in der Kreislaufwirtschaft (Hafner, 2023) ..	19
Abbildung 5 Bauteilverbindung mittels HCW Anker von Hilti (Hilti, 2024).....	22
Abbildung 6 Baugliederung - Kostenbereiche 1. Ebene (ÖNORM B 1801-1, 2022, S. 14).....	25
Abbildung 7 Lebenszyklusphasen am Beispiel Holzbau (Dolezal, 2023)	28
Abbildung 8 Bilder des möblierten Musterhauses zum Verkauf (Anonymisierter Hersteller, 2023).....	33
Abbildung 9 Zimmerer beim Rückbau von Deckenelementen (eigene Abbildung) ..	34
Abbildung 10 Wandelement wird auf den Sattelzug verladen (eigene Abbildung)...	36
Abbildung 11 Referenzprojekt ELK 174 (Elk GmbH, 2024).....	43
Abbildung 12 Kostenkennwerte Einfamilienhäuser, Holzbauweise (BKI, 2022)	44
Abbildung 13 Rendering Entwurf 1 (Avramov und Bratoeva, 2024)	50
Abbildung 14 Rendering Entwurf 2 (Günther und Ketter, 2024)	51
Abbildung 15 Rendering Entwurf 3 (Elze und Hofmanninger, 2024)	51
Abbildung 16 Rendering Entwurf 4 (Buchsteiner und Krammer, 2024)	52
Abbildung 17 Rendering Entwurf 5 (Cavallar und Musalek, 2024)	52
Abbildung 18 Rendering Entwurf 6 (Gsöllpointner, Moser und Schnabl, 2024).....	53
Abbildung 19 Rendering Entwurf 7 (Boborodea und Kajtazi, 2024)	53
Abbildung 20 Rendering mehrgeschoßiger Wohnbau (Ladentrog, 2024)	54
Abbildung 21 Musterhaus vor der Demontage (eigene Abbildung)	55
Abbildung 22 Entfernen der Deckenbeplankung (eigene Abbildung)	56
Abbildung 23 Aufgeschnittene Dampfbremse und Hebelasche (eigene Abbildung)	56
Abbildung 24 Freigelegter Bauteilanschluss unter dem Estrich (eigene Abbildung)	57
Abbildung 25 Eingerüstetes Musterhaus (eigene Abbildung).....	57
Abbildung 26 Sockelanschluss - freigelegte Ecke (eigene Abbildung).....	58
Abbildung 27 Freigelegter Unterzug (eigene Abbildung).....	58
Abbildung 28 Aufstellen des Krans (eigene Abbildung)	59

Abbildung 29 Freigelegte Schraubverbindung einer Innenwand (eigene Abbildung)	59
Abbildung 30 Attika-Element wird vom Dach gehoben (eigene Abbildung)	60
Abbildung 31 Erstes Deckenelement wird angehoben (eigene Abbildung)	60
Abbildung 32 Ein Deckenelement wird auf den Sattelzug verladen (eigene Abbildung)	61
Abbildung 33 Ein gelöstes Wandelement wird angehoben (eigene Abbildung)	61
Abbildung 34 Die Decken des EG werden verhooben (eigene Abbildung)	62
Abbildung 35 Überreste des Estrichs (eigene Abbildung)	62
Abbildung 36 Re-Use Anteil Sommer-Entwerfen (eigene Abbildung)	71
Abbildung 37 Re-Use Anteil mehrgeschossiger Wohnbau (eigene Abbildung)	72
Abbildung 38 Re-Use Anteil Kleingartenwohnhaus (eigenen Abbildung)	73
Abbildung 39 Re-Use Anteil im Vergleich (eigene Abbildung)	73
Abbildung 40 Flächenwidmungsplan des Bauplatzes (Stadt Wien, 2024)	74
Abbildung 41 Schnitt durch das Kleingartenhaus 1:100 (eigene Abbildung)	78
Abbildung 42 Grundriss Erdgeschoß 1:100 (eigene Abbildung)	79
Abbildung 43 Grundriss Obergeschoß 1:100 (eigene Abbildung)	80
Abbildung 44 Grundriss Untergeschoß 1:100 (eigene Abbildung)	81
Abbildung 45 Rendering Entwurf Kleingartenwohnhaus (eigene Abbildung)	82
Abbildung 46 Konstruktion der Außenwand (eigene Abbildung)	83
Abbildung 47 Diagramm Re-Use Anteil Entwurf Kleingartenwohnhaus (eigene Abbildung)	84

9.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Maßnahmenbündel und zugehörige Einzelmaßnahmen (BMK, 2022)	6
Tabelle 2 Leitsätze einer Kreislaufwirtschaft (Umweltbundesamt D., 2020, S. 8 f.)	17
Tabelle 3 Vorgehensweise Massenauswertung	40
Tabelle 4 Vorgehensweise Kostenauswertung	45
Tabelle 5 Vorgehensweise Emissionsauswertung	46
Tabelle 6 Re-Use-Potential Massenauswertung	66
Tabelle 7 Re-Use-Potential Kostenauswertung	67
Tabelle 8 Re-Use-Potential Emissionsauswertung	68
Tabelle 9 Re-Use-Potential Zusammenfassung	69
Tabelle 10 Re-Use Auswertung "Shuffle"	70
Tabelle 11 Re-Use Anteil Kleingartenwohnhaus	84

10 LITERATUR

- Anderl, M., Bartel, A., Bürger, J., Gössl, M., Haydn, M., & Heinfellner, H. (2023). *Klimaschutzbericht 2023* (Umweltbundesamt, Hrsg.). Umweltbundesamt.
- Anonymisierter Hersteller. (2023). *Verkaufsexposé—Musterhaus*.
- Atlas Recycling: Gebäude als Materialressource*. (2021). Edition Detail.
- Baukarusell, Meissner, M., Borszki, R., Romm, T., Schanda, I., & Neitsch, M. (2021). *FAQs zum Re-Use von Gebäudekomponenten*.
https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/abfall/Kreislaufwirtschaft/bauwesen/faq.html
- BFW, B. für L. F., Regionen und Wasserwirtschaft. (2016, November). *Praxisinformation Mischwälder – weniger Risiko, höhere Wertschöpfung*.
https://www.bfw.gv.at/wp-content/uploads/BFWPraxisinformation41_Mischwald.pdf
- BKI, B. D. A. (with Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern). (2022). *BKI Baukosten Gebäude Neubau 2022: Statistische Kostenkennwerte*. BKI.
- BMK, B. für K., Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie. (2022). *Die Österreichische Kreislaufwirtschaftsstrategie*.
- Bragança, L., Griffiths, P., Askar, R., Salles, A., Ungureanu, V., Tsikaloudaki, K., Bajare, D., Zsembinszki, G., & Cvetkovska, M. (Hrsg.). (2025). *Circular Economy Design and Management in the Built Environment: A Critical Review of the State of the Art* (1st ed. 2025). Springer Nature Switzerland.
<https://doi.org/10.1007/978-3-031-73490-8>
- BUND, B. für U. und N. D. (2017). *Ein gutes Leben für alle! Eine Einführung in Suffizienz*.
- Circle Economy. (2022). *The Circularity Gap Report 2022*.
<https://www.circularonline.co.uk/wp-content/uploads/2022/01/Circularity-Gap-Report-2022.pdf>

- Circle Economy. (2024, Jänner). *The Circularity Gap Report 2024*.
<https://www.circularonline.co.uk/wp-content/uploads/2022/01/Circularity-Gap-Report-2022.pdf>
- Dolezal, F. (2023). Wald—Holz—Klima, Klima Ökobilanzierung von Holzprodukten bei Reuse und Recycling. *ProHolz Austria - Arbeitsgemeinschaft der Österreichischen Holzwirtschaft [Mitw.]*, *Zuschnitt 88-Reuse und Recycling*(Nr. 88), 30–31.
- Elk GmbH. (2024). *Elk Fertighaus 174*. ELK Fertighaus.
<https://www.elk.at/einfamilienhaus/elkhaus-174/#fakten>
- EU Taxonomie Grundlagen*. (2024, Dezember 3). [Informationswebsite für Nachhaltigkeit]. EU Taxonomie Info. <https://eu-taxonomy.info/de/info/eu-taxonomy-grundlagen#:~:text=Was%20genau%20ist%20die%20EU,gr%C3%BCner%20C%20nachhaltiger%20oder%20umweltfreundlicher%20T%C3%A4tigkeit>.
- FV Holzindustrie, F. der H. Ö. (2024). *Bessere Regeln für Holz und Bauen mit Holz*.
<https://www.holzindustrie.at/unsere-themen/bessere-regeln-fuer-holz-und-bauen-mit-holz/>
- Gunßer, C. (2002). Schnelles Haus – schönes Haus? Vorfertigung und Akzeptanz. *ProHolz Austria - Arbeitsgemeinschaft der Österreichischen Holzwirtschaft [Mitw.]*, *Zuschnitt 6-vor fertig los!*(Nr. 6), 5–7.
- Hafner, A. (2023). Kreislaufnutzung und Holzbau—Eine Annäherung. *ProHolz Austria - Arbeitsgemeinschaft der Österreichischen Holzwirtschaft [Mitw.]*, *Zuschnitt 88-Reuse und Recycling*(Nr. 88), 10–12.
- Hahn, J., & Schandl, M. (2024, April 24). *Fachgespräch Fa. Elk* [Persönliche Kommunikation].
- Hebel, D. E., Heisel, F., & Webster, K. (2022). *Kreislaufgerechtes Bauen und Kreislaufwirtschaft*. Birkhäuser.

- Hebel, D. E., Wappner, L., Calavetta, V., Häberle, L., Hoffmann, P., Holtmann, P., Hoss, H., Lenz, D., & Schneemann, F. (Hrsg.). (2023). *Sortenrein Bauen: Methode, Material, Konstruktion* (Erste Auflage). Detail Business Information GmbH.
- HFA, H. A. – Ö. G. für H. (2024a). *Dataholz.eu*. dataholz.eu.
<https://www.dataholz.eu/index.htm>
- HFA, H. A. – Ö. G. für H. (2024b). *holzforschung.at—Über uns*. holzforschung.at.
<https://www.holzforschung.at/ueber-uns/>
- Hilti. (2024). *Hilti HCW Anchor*.
https://www.hilti.at/c/CLS_FASTENER_7135/CLS_MECHANICAL_ANCHORS_7135/r13911488
- HSÖ, H. der allgemein beeideten und gerichtlich zertifizierten S. Ö., Landesverband Steiermark und Kärnten. (2020). *Nutzungsdauerkatalog baulicher Anlagen und Anlagenteile*. Hauptverband der allgemein beeideten und gerichtlich zertifizierten Sachverständigen Österreichs, Landesverband Steiermark und Kärnten.
- IBO, Ö. I. für B. und Ö. (2023, September). *Leitfaden zur Berechnung des Oekoindex OI3 und des Globalen Erwärmungspotenzials für Bauteile und Gebäude*.
https://www.ibo.at/fileadmin/ibo/materialoekologie/OI-Berechnungsleitfaden_V5_Sept2023.pdf
- IBO, Ö. I. für B. und Ö. (2024). *Ökologie und Wirtschaftlichkeit*. IBO | Ökologisch Bauen Gesund Wohnen. <https://www.ibo.at/bauphysik/baukonstruktionen-baustoffe/oekologie-und-wirtschaftlichkeit>
- Kaufmann, H., Krötsch, S., & Winter, S. (2017). *Atlas Mehrgeschossiger Holzbau* (Erste Auflage). Detail Business Information GmbH.
- Klinge, A., & Roswag-Klinge, E. (2023). Kreislaufgerechtes Bauen—In Planetaren Grenzen. *ProHolz Austria - Arbeitsgemeinschaft der Österreichischen Holzwirtschaft [Mitw.]*, *Zuschnitt 88-Reuse und Recycling*(Nr. 88), 4.

- Ladentrog, A. (2024). *Kreislauffähigkeitspotential von Holzhausbauten in Theorie und Praxis—Bauteilfügung, Datenmodelle und technische Grundlagen (In Erscheinung begriffen)* [Diplomarbeit]. Technische Universität Wien.
- Luger, B. (2024, November 19). *Zirkuläres Wien: Der Wiener Weg zur Kreislaufwirtschaft*.
- Müller, C. (2023). Form follows availability. *ProHolz Austria - Arbeitsgemeinschaft der Österreichischen Holzwirtschaft [Mitw.]*, *Zuschnitt 88-Reuse und Recycling*(Nr. 88), 20–21.
- OIB, Ö. I. für B. (2024). *OIB-Richtlinien*. OIB. <https://www.oib.or.at/de>
- OIB-Richtlinie 6, Pub. L. No. OIB-Richtlinie 6-Energieeinsparung und Wärmeschutz (2023). <https://www.oib.or.at/de/oib-richtlinien/richtlinien/2023/oib-richtlinie-6>
- ÖNORM B 1801-1 (ÖNORM No. B 1801-1). (2022). Austrian Standards International. (Gültig)
- ÖNORM B 2310 (ÖNORM No. B 2310). (2022). Austrian Standards International. (Gültig)
- ÖNORM B 2320 (ÖNORM No. B 2320). (2022). Austrian Standards International. (Gültig)
- ÖNORM B 3151 (ÖNORM No. B 3151). (2022). Austrian Standards International. (Gültig)
- ÖNORM EN 15804 (ÖNORM No. EN 15804). (2022). Austrian Standards International. (Gültig)
- proHolz Austria, A. der Ö. H. [Mitw.]. (2002). *Zuschnitt 6 / proHolz Austria: Zeitschrift über Holz als Werkstoff und Werke in Holz. proHolz Zuschnitt, 6*(ISSN 1608-9642). <https://permalink.catalogplus.tuwien.at/AC03244493>
- proHolz Austria, A. der Ö. H. [Mitw.]. (2009). *Zuschnitt 33 / proHolz Austria: Holz stapelt hoch. Nr. 33*. <https://permalink.catalogplus.tuwien.at/AC03244493>
- proHolz Austria, A. der Ö. H. [Mitw.]. (2011). *Zuschnitt 43 / proHolz Austria: Die Außenwand. Nr. 43*. <https://permalink.catalogplus.tuwien.at/AC03244493>

- proHolz Austria, A. der Ö. H. [Mitw.]. (2013). Zuschnitt 50 / ProHolz Austria: Konfektion in Holz. *proHolz Zuschnitt*, 50(ISSN 1608-9642).
<https://permalink.catalogplus.tuwien.at/AC03244493>
- proHolz Austria, A. der Ö. H. [Mitw.]. (2018). Zuschnitt 70 / proHolz Austria: Planungsprozesse. *proHolz Zuschnitt*, Nr. 70.
<https://permalink.catalogplus.tuwien.at/AC03244493>
- proHolz Austria, A. der Ö. H. [Mitw.]. (2021). Mehrgeschossiger Wohnbau Planen und Bauen / proHolz Fokus. *proHolz Fokus*, 6(ISSN 1608-9642).
https://www.proholz.at/fileadmin/flippingbooks/fokus-mehrgeschossiger-holzbau/proHolz_Fokus-Mehrgeschossiger-Holzbau.pdf
- proHolz Austria, A. der Ö. H. [Mitw.]. (2022, März 18). *Holzbauanteil*. proHolz Austria.
<https://www.proholz.at/wald-holz-klima/wie-viel-wird-in-oesterreich-mit-holz-gebaut>
- proHolz Austria, A. der Ö. H. [Mitw.]. (2023). Zuschnitt 88 / proHolz Austria: Reuse und Recycling. *proHolz Zuschnitt*, 88(ISSN 1608-9642).
<https://permalink.catalogplus.tuwien.at/AC03244493>
- proHolz Austria, A. der Ö. H. [Mitw.]. (2024, September 27). *Alle 40 Sekunden wächst ein Haus nach*. proHolz Austria. <https://www.proholz.at/wald-holz-klima/vom-stab-zur-platte>
- Rechberger, H. (2024). *Anthropogener Stoffhaushalt—Warum ist Kreislaufwirtschaft so schwer?* [Vorlesung]. Ringvorlesung Ökologie an der TU Wien im SS24, Wien.
- Simlinger, B. (2022). *Vorlesung Termin- und Kostenplanung an der TU Wien WS 22/23* [Vorlesung]. Modul Planungs- und Baumanagement, Wien.
- Stadt Wien - MA37, B. (2024, Februar). *Informationsblatt für Bauvorhaben im Kleingartengebiet*.

- Stadt Wien, S. W. (2024, September 27). *Flächenwidmungs- und Bebauungsplan*.
Flächenwidmungs- und Bebauungsplan.
<https://www.wien.gv.at/flaechenwidmung/public/>
- Staub, G., Dörrhöfer, A., & Rosenthal, M. (2008). *Elemente + Systeme: Modulares Bauen ; Entwurf, Konstruktion, neue Technologien* (1. Aufl). Birkhäuser.
- Statistik Austria. (2024, November 8). *Baupreisindex*. Statistik Austria.
<https://www.statistik.at/statistiken/industrie-bau-handel-und-dienstleistungen/konjunktur/baupreisindex>
- The Club of Rome. (2024). *History*. Club of Rome.
<https://www.clubofrome.org/history/>
- Umweltbundesamt Deutschland. (2020, Februar). *Leitsätze einer Kreislaufwirtschaft*.
Umweltbundesamt Wörlitzer Platz 1 06844 Dessau-Roßlau.
https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikation/en/2020_04_27_leitlinie_kreislaufwirtschaft_bf.pdf
- VDI Zentrum Ressourceneffizienz. (2024). *Leitfaden Ressourceneffizienz*. VDI Zentrum Ressourceneffizienz. <https://www.ressource-deutschland.de/leitfaden-re/methoden/oekobilanz-din-en-iso-14040/44/>
- WCED, W. C. on E. and D. (1987). *Brundland Report*.
https://www.ecunet.de/fileadmin/mediapool/gemeinden/E_stiftungoekumene/NGO_Oslo_Brundtland_Report.pdf
- Weigl-Kuska, M., Winter, S., & Plößnig-Weigel, B. (2023, Mai). *Studie Rohstofflager Holzhaus*. Holzforschung Austria.
- Weiss, T. (2024, April 24). *Fachgespräch Fa. Hartl* [Persönliche Kommunikation].
- Wiener Kleingartengesetz, Pub. L. No. B 240-000, 9 (1996).
<https://ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=LrW&Gesetzesnummer=20000061>

11 ANHANG

A. Auswertungstabellen

Nachstehend befinden sich die Auswertungen des Re-Use Anteils aus Kapitel 4.3.

Entwurf 1						
Wohnnutzfläche	411,31 m ²					
Reuse Vergleich (in m ²)	Außenwand	Innenwand	Decke	Dach	Summe	Anteil
Wiederverwendet 1:1	19,26	12,54	111,18	59,64	202,62	21,27%
Wiederverwendet Zuschnitt	37,27	74,03	71,63	0	182,93	19,21%
Adaptierte Bauphysik	187,64	103,83	0	59,64	351,11	36,87%
Neue Bauteile	89,39	48	0	78,37	215,76	22,65%
Verschnitt	0	0	0	0	0	0,00%
Summe neuer Bauteilflächen	952,42 m ²					
Verhältnis Bauteilfl./Nutzfl.	2,32 m ² /m ² NUF					

Entwurf 2						
Wohnnutzfläche	242,65 m ²					
Reuse Vergleich (in m ²)	Außenwand	Innenwand	Decke	Dach	Summe	Anteil
Wiederverwendet 1:1	0	13,09	0	0	13,09	1,15%
Wiederverwendet Zuschnitt	0	62,1	0	0	62,10	5,44%
Adaptierte Bauphysik	176,6	0	423,85	0	600,45	52,60%
Neue Bauteile	118,75	9,6	288	49,56	465,91	40,81%
Verschnitt	11,13	7,02	112,6	0	130,75	11,45%
Summe neuer Bauteilflächen	1141,55 m ²					
Verhältnis Bauteilfl./Nutzfl.	4,70 m ² /m ² NUF					

Entwurf 3						
Wohnnutzfläche	349,87 m ²					
Reuse Vergleich (in m ²)	Außenwand	Innenwand	Decke	Dach	Summe	Anteil
Wiederverwendet 1:1	0	0	0	0	0	0,00%
Wiederverwendet Zuschnitt	0	145,44	0	0	145,44	17,58%
Adaptierte Bauphysik	131,39	0	165,53	182,4	479,32	57,95%
Neue Bauteile	104,6214	0	97,75	0	202,37	24,47%
Verschnitt	20,9611	15,254	19,19	20,87	76,28	9,22%
Summe neuer Bauteilflächen	827,13 m ²					
Verhältnis Bauteilfl./Nutzfl.	2,36 m ² /m ² NUF					

Entwurf 4						
Wohnnutzfläche	219,81 m ²					
Reuse Vergleich (in m ²)	Außenwand	Innenwand	Decke	Dach	Summe	Anteil
Wiederverwendet 1:1	0	0	0	0	0	0,00%
Wiederverwendet Zuschnitt	0	0	0	0	0	0,00%
Adaptierte Bauphysik	108,38	0	281,16	181,48	571,02	82,96%
Neue Bauteile	0	117,28	0	0	117,28	17,04%
Verschnitt	54,84	0	96,95	43,16	194,95	28,32%
Summe neuer Bauteilflächen	688,30 m ²					
Verhältnis Bauteilfl./Nutzfl.	3,13 m ² /m ² NUF					

Entwurf 5							
Wohnnutzfläche	276,92 m ²						
Reuse Vergleich (in m ²)	Außenwand	Innenwand	Decke	Dach	Summe	Anteil	
Wiederverwendet 1:1	0	52,5	18,7	0	71,2	7,79%	
Wiederverwendet Zuschnitt	0	156,19	0	0	156,19	17,09%	
Adaptierte Bauphysik	194,81	0	345,49	0	540,3	59,11%	
Neue Bauteile	25,18	76,73	44,4	0	146,31	16,01%	
Verschnitt	22,83	36,39	62,1	0	121,32	13,27%	
Summe neuer Bauteilflächen	914,00 m ²						
Verhältnis Bauteilfl./Nutzfl.	3,30 m ² /m ² NUF						

Entwurf 6							
Wohnnutzfläche	171,94 m ²						
Reuse Vergleich (in m ²)	Außenwand	Innenwand	Decke	Dach	Summe	Anteil	
Wiederverwendet 1:1	0	0	0	0	0	0,00%	
Wiederverwendet Zuschnitt	0	143,85	81,96	0	225,81	23,75%	
Adaptierte Bauphysik	178,14	0	44,88	0	223,02	23,45%	
Neue Bauteile	89,91	6,3	286,88	118,96	502,05	52,80%	
Verschnitt	24,89	27,38	57,64	0	109,91	11,56%	
Summe neuer Bauteilflächen	950,88 m ²						
Verhältnis Bauteilfl./Nutzfl.	5,53 m ² /m ² NUF						

Entwurf 7							
Wohnnutzfläche	156,00 m ²						
Reuse Vergleich (in m ²)	Außenwand	Innenwand	Decke	Dach	Summe	Anteil	
Wiederverwendet 1:1	0	0	0	0	0	0,00%	
Wiederverwendet Zuschnitt	0	0	0	0	0	0,00%	
Adaptierte Bauphysik	161,19	39,74	63,01	0	263,94	49,31%	
Neue Bauteile	4,91	0	174,71	91,66	271,28	50,69%	
Verschnitt	16,88	9,73	22,9	0	49,51	9,25%	
Summe neuer Bauteilflächen	535,22 m ²						
Verhältnis Bauteilfl./Nutzfl.	3,43 m ² /m ² NUF						

Entwurf Alex Ladentrog							
Nutzfläche	1043,76 m ²						
Reuse Vergleich (in m ²)	Außenwand	Innenwand	Decke	Dach	Summe	Anteil	
Wiederverwendet 1:1	0,00	29,95	110,00	0,00	139,95	4,94%	
Wiederverwendet Zuschnitt	0,00	179,71	196,00	0,00	375,71	13,26%	
Adaptierte Bauphysik	174,93	89,86	0,00	0,00	264,79	9,35%	
Neue Bauteile	817,61	495,20	739,72	0,00	2052,53	72,45%	
Verschnitt	26,24	53,91	58,80	0,00	138,95	4,90%	
Summe neuer Bauteilflächen	2832,98 m ²						
Verhältnis Bauteilfl./Nutzfl.	2,71 m ² /m ² NUF						

Entwurf Philip Gideon Riedel							
Wohnnutzfläche	67,65 m ²						
Reuse Vergleich (in m ²)	Außenwand	Innenwand	Decke	Dach	Summe	Anteil	
Wiederverwendet 1:1	0	0	0	0	0	0,00%	
Wiederverwendet Zuschnitt	0	9,8	0	0	9,8	4,33%	
Adaptierte Bauphysik	107,8	0	0	0	107,8	47,68%	
Neue Bauteile	14,3	0	94,2	0	108,50	47,99%	
Verschnitt	20,7	1,2	0	0	21,90	9,69%	

B. Bauteildatenblätter

Hier befinden sich die Bauteildatenblätter der äquivalenten Aufbauten des Musterhauses in der Blauen Lagune, heruntergeladen von dataholz.eu.

dataholz.eu

Bezeichnung: awropi02a-12
 Stand: 02.08.2023 / #5
 Quelle: Holzforschung Austria
 Bearbeiter: HFA, SP

Aussenwand - awropi02a-12

Aussenwand, Holzrahmen/Holztafel, nicht hinterlüftet, mit Installationsebene, geputzt, andere Oberfläche

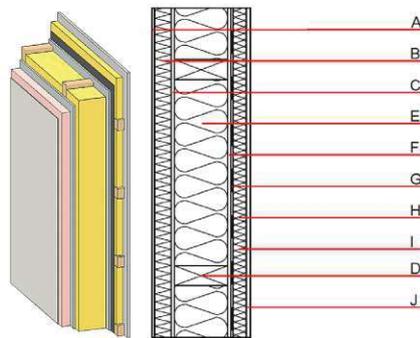
Bauphysikalische Bewertung

Brandschutz	REI von innen	45
	REI von außen	30
max. Wandhöhe = 3 m; max. Last $E_{d,fi} = 32,0 \text{ kN/m}$ Klassifizierung durch HFA		

Wärmeschutz	U	0,12 $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$
	Diffusionsverhalten	geeignet
Um das Verhältnis von 4:1 zwischen inneren und äußeren Bauteilschichten einzuhalten, ist eine Dampfbremse mit einem $s_{d,e}$ -Wert von $\geq 33 \text{ m}$ einzusetzen. Berechnung durch HFA		

Schallschutz	R_w (C,C _{tr})	45(-3;-6) dB
	$L_{n,w}$ (C _i)	
Wird die Lattung der Installationsebene senkrecht ausgeführt und direkt mit dem Riegelholz verschraubt, so ergibt sich $R_w(\text{C,Ctr})=42(-1;-5)$ dB Bewertung durch MA39		

Flächenbezogene Masse	m	52,70 kg/m^2
Berechnet mit GF		



Bemerkung: e=625

Baustoffangaben zur Konstruktion, Schichtaufbau (von außen nach innen, Maße in mm)

	Dicke	Baustoff	Wärmeschutz				Brandverhaltensklasse EN
			λ	μ min - max	ρ	c	
A	4,0	Putzsystem	1,000	10 - 35	2000	1,130	A1
B	160,0	Polystyrol EPS-F [0,040]	0,040	20 - 50	17	1,450	E
C	12,5	Gipsfaserplatte	0,320	21	1000	1,100	A2
D	160,0	Konstruktionsholz (60/...; e=*)	0,120	50	450	1,600	D
E	160,0	Mineralwolle [040; ≥ 16 ; $< 1000^\circ\text{C}$]	0,040	1	16	1,030	A1
F	10,0	Gipsfaserplatte	0,320	21	1000	1,100	A2
G		Dampfbremse $s_d \geq 13 \text{ m}$				1000	
H	40,0	Holz Fichte Querlattung (a=400) bzw. Lattung versetzt	0,120	50	450	1,600	D
I	40,0	Mineralwolle [040; ≥ 16 ; $< 1000^\circ\text{C}$] bzw. Luftschicht bei Variante 02	0,040	1	16	1,030	A1
J	12,5	Gipsplatte Typ DF (GKF) oder	0,250	10	800	1,050	A2
J	12,5	Gipsfaserplatte	0,320	21	1000	1,100	A2

Ökologische Bewertung (pro m^2 Konstruktionsfläche)

Datenbasis ecoinvent			
Verbaute Menge an NAWAROS	kg		11,071
Anteil NAWAROS am Gesamtgewicht	%		21,82
Einsatz an Primärenergie	MJ		528,446
Erneuerbarer Primärenergieanteil	%		8,66
$\Sigma \Delta \text{OI3}$			38,5
Berechnung durch HFA			

dataholz.eu – Katalog bauphysikalisch und ökologisch geprüfter und/oder zugelassener Holz und Holzwerkstoffe, Baustoffe, Bauteile und Bauteilanschlüsse für den Holzbau, freigegeben von akkreditierten Prüfanstalten.
 Die Kennwerte können als Grundlage für Nachweise gegenüber Baubehörden herangezogen werden.

Seite 1



Bezeichnung: awropi02a-12
 Stand: 02.08.2023 / #5
 Quelle: Holzforschung Austria
 Bearbeiter: HFA, SP

Ökologische Bewertung im Detail

Datenbasis Datenbank ecoinvent

Lebenszyklus (Phasen)	GWP _{Fossil} [kg CO ₂ Äqv.]	GWP _{BioGen} [kg CO ₂ Äqv.]	GWP _{Total} [kg CO ₂ Äqv.]	AP [kg SO ₂ Äqv.]	EP [kg PO ₄ Äqv.]	ODP [kg R11 Äqv.]	POCP [kg Ethen Äqv.]
A1 - A3	29,526	-16,860	12,666	0,126	0,047	2,40E-6	0,036

Lebenszyklus (Phasen)	PERE [MJ]	PERM [MJ]	PERT [MJ]	PENRE [MJ]	PENRM [MJ]	PENRT [MJ]
A1 - A3	45,785	166,728	212,513	482,661	104,873	587,534

dataholz.eu – Katalog bauphysikalisch und ökologisch geprüfter und/oder zugelassener Holz und Holzwerkstoffe, Baustoffe, Bauteile und Bauteilanschlüsse für den Holzbau, freigegeben von akkreditierten Prüfanstalten.
 Die Kennwerte können als Grundlage für Nachweise gegenüber Baubehörden herangezogen werden.

Geschossdecke - gdrnxa01 b-00

Geschossdecke, Holzrahmen/Holztafel, mit Abhängung, nass, ohne Schüttung, andere Oberfläche

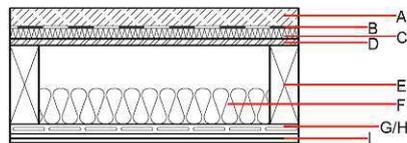
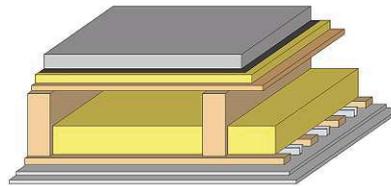
Bauphysikalische Bewertung

Brandschutz REI 60
 max. Spannweite = 5 m; max. Last $E_{d,n} = 3,66 \text{ kN/m}^2$ (ohne Fußbodenaufbau)
 REI 90 bei > 80/220 mm Deckenbalken sowie 3x15 mm GKF- od. GF-Beplankung
 Klassifizierung durch HFA

Wärmeschutz U Diffusionsverhalten 0,26 $\text{W}/(\text{m}^2 \text{K})$ geeignet
 Berechnung durch HFA

Schallschutz $R_w (C; C_{125})$ 66(-1;-6) dB
 $L_{n,w} (C_i)$ 51(0)
 Bewertung durch TGM

Flächenbezogene Masse m 152,40 kg/m^2
 Berechnet mit GF



Bemerkung: e=625

Baustoffangaben zur Konstruktion, Schichtaufbau (von außen nach innen, Maße in mm)

	Dicke	Baustoff	Wärmeschutz				Brandverhaltensklasse EN
			λ	μ min – max	ρ	c	
A	50,0	Anhydritestrich od. Zementestrich	0,700	10	2200	1,300	A1
B		Trennschicht Kunststoff	0,200	100000	1400	1,400	E
C	30,0	Trittschalldämmung MW-T	0,035	1	68	1,030	A1
D	18,0	OSB	0,130	200	600	1,700	D
E	220,0	Konstruktionsholz (80/-; e=*)	0,120	50	450	1,600	D
F	100,0	Mineralwolle [040; ≥ 16 ; $< 1000^\circ\text{C}$]	0,040	1	16	1,030	A1
G	24,0	Holz Fichte Sparschalung (24/100; a=400)	0,120	50	450	1,600	D
H	27,0	Federschiene (zw. Sparschalung angeordnet)	0,156				
I	25,0	Gipsplatte Typ DF (GKF) (2x12,5 mm) oder	0,250	10	800	1,050	A2
I	25,0	Gipsfaserplatte (2x12,5 mm)	0,320	21	1000	1,100	A2

Ökologische Bewertung (pro m^2 Konstruktionsfläche)

Datenbasis ecoinvent

Verbaute Menge an NAWAROS	kg	26,409
Anteil NAWAROS am Gesamtgewicht	%	17,17
Einsatz an Primärenergie	MJ	681,006
Erneuerbarer Primärenergieanteil	%	15,72
$\Sigma \Delta \text{OI3}$		40,4

Berechnung durch HFA

dataholz.eu – Katalog bauphysikalisch und ökologisch geprüfter und/oder zugelassener Holz und Holzwerkstoffe, Baustoffe, Bauteile und Bauteilanschlüsse für den Holzbau, freigegeben von akkreditierten Prüfanstalten.
 Die Kennwerte können als Grundlage für Nachweise gegenüber Baubehörden herangezogen werden.

dataholz.eu

Bezeichnung: gdmxa01b-00
 Stand: 02.08.2023 / #5
 Quelle: Holzforschung Austria
 Bearbeiter: HFA, SP

Ökologische Bewertung im Detail

Datenbasis Datenbank ecoinvent

Lebenszyklus (Phasen)	GWP _{fossil} [kg CO ₂ Äqv.]	GWP _{Biogen} [kg CO ₂ Äqv.]	GWP _{Total} [kg CO ₂ Äqv.]	AP [kg SO ₂ Äqv.]	EP [kg PO ₄ Äqv.]	ODP [kg R11 Äqv.]	POCP [kg Ethen Äqv.]
A1 - A3	40,366	-42,627	-2,261	0,158	0,077	2,89E-6	0,028

Lebenszyklus (Phasen)	PERE [MJ]	PERM [MJ]	PERT [MJ]	PENRE [MJ]	PENRM [MJ]	PENRT [MJ]
A1 - A3	107,044	435,899	542,943	573,962	16,832	590,794

dataholz.eu – Katalog bauphysikalisch und ökologisch geprüfter und/oder zugelassener Holz und Holzwerkstoffe, Baustoffe, Bauteile und Bauteilanschlüsse für den Holzbau, freigegeben von akkreditierten Prüfanstalten.
 Die Kennwerte können als Grundlage für Nachweise gegenüber Baubehörden herangezogen werden.

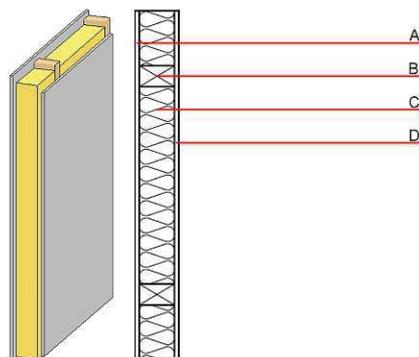
Seite 2

Innenwand - iwrxo01a-00

Innenwand, Holzrahmen/Holztafel, ohne Installationsebene, andere Oberfläche

Bauphysikalische Bewertung

Brandschutz	REI	30
max. Wandhöhe = 3 m; max. Last $E_{d,0}$ = 19,0 kN/m Klassifizierung durch HFA		
Schallschutz	R_w (C_c, C_t) $L_{n,w}$ (C_s)	
Flächenbezogene Masse	m	25,50 kg/m ²
Berechnet mit GF		



Bemerkung: Der Feuerwiderstand gilt beim Einsatz als Trennwand mit einseitiger Beflammung.
 (B=60/100); e=625

Baustoffangaben zur Konstruktion, Schichtaufbau (von außen nach innen, Maße in mm)

	Dicke	Baustoff	Wärmeschutz				Brandverhaltensklasse EN
			λ	μ min – max	ρ	c	
A	12,5	Gipsplatte Typ DF (GKF) oder	0,250	10	800	1,050	A2
A	12,5	Gipsfaserplatte	0,320	21	1000	1,100	A2
B	100,0	Konstruktionsholz (60/100 od. 60/160; e=")	0,120	50	450	1,600	D
C	100,0	Mineralwolle [040; ≥ 16 ; <1000°C]	0,040	1	16	1,030	A1
D	12,5	Gipsplatte Typ DF (GKF) oder	0,250	10	800	1,050	A2
D	12,5	Gipsfaserplatte	0,320	21	1000	1,100	A2

Ökologische Bewertung (pro m² Konstruktionsfläche)

Datenbasis ecoinvent

Verbaute Menge an NAWAROS	kg	5,560
Anteil NAWAROS am Gesamtgewicht	%	21,23
Einsatz an Primärenergie	MJ	188,967
Erneuerbarer Primärenergieanteil	%	11,40
$\Sigma \Delta OI3$		11,2

Berechnung durch HFA

dataholz.eu – Katalog bauphysikalisch und ökologisch geprüfter und/oder zugelassener Holz und Holzwerkstoffe, Baustoffe, Bauteile und Bauteilanschlüsse für den Holzbau, freigegeben von akkreditierten Prüfanstalten.
 Die Kennwerte können als Grundlage für Nachweise gegenüber Baubehörden herangezogen werden.



Bezeichnung: iwxxx01a-00
 Stand: 02.08.2023 / #18
 Quelle: Holzforschung Austria
 Bearbeiter: HFA, PLB

Ökologische Bewertung im Detail

Datenbasis Datenbank ecoinvent

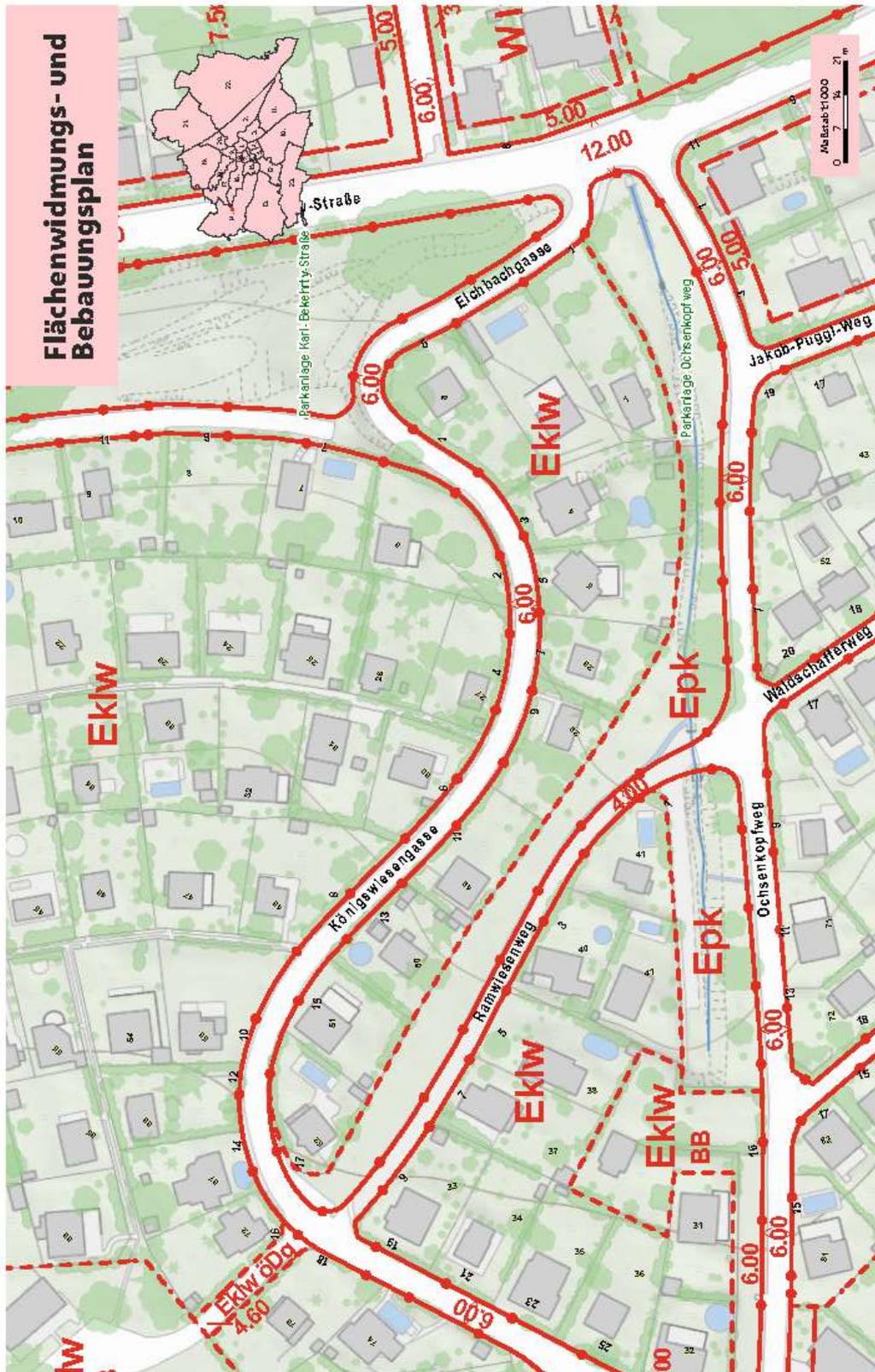
Lebenszyklus (Phasen)	GWP _{fossil} [kg CO ₂ Äqv.]	GWP _{Biogen} [kg CO ₂ Äqv.]	GWP _{Total} [kg CO ₂ Äqv.]	AP [kg SO ₂ Äqv.]	EP [kg PO ₄ Äqv.]	ODP [kg R11 Äqv.]	POCP [kg Ethen Äqv.]
A1 - A3	9,508	-8,161	1,347	0,041	0,019	1,05E-6	0,006

Lebenszyklus (Phasen)	PERE [MJ]	PERM [MJ]	PERT [MJ]	PENRE [MJ]	PENRM [MJ]	PENRT [MJ]
A1 - A3	21,549	78,614	100,164	167,418	0,000	167,418

dataholz.eu – Katalog bauphysikalisch und ökologisch geprüfter und/oder zugelassener Holz und Holzwerkstoffe, Baustoffe, Bauteile und Bauteilanschlüsse für den Holzbau, freigegeben von akkreditierten Prüfanstalten.
 Die Kennwerte können als Grundlage für Nachweise gegenüber Baubehörden herangezogen werden.

C. Bauen im Kleingarten

Anbei befinden sich der Flächenwidmungsplan sowie das Informationsblatt zum Bauen im Kleingarten.



Weiterverwendung nur mit Quellenangabe.
Keine Haftung für Vollständigkeit und Richtigkeit. Kein Rechtsschutz ableitbar.
Quellenangabe: Stadt Wien - Wien.mGIS
Druckdatum: 07.12.2024, 07:59
wien.gv.at/flaechenwidmung/public

Informationsblatt

Für Bauvorhaben im Kleingartengebiet

Neu-, Zu- und Umbauten im Kleingartengebiet bedürfen einer Bewilligung durch die Baubehörde. In Wien ist das die Baupolizei. Zuständig sind die Kleingartenreferate der Bauinspektionen in den Gebietsgruppen. Ein Verzeichnis der Gebietsgruppen der Baupolizei finden Sie auf der letzten Seite. Für Änderungen im Gebäude oder an den Fenstern und Türen, sowie für Einfriedungen, Stützmauern, Wasserbecken, Rankhilfen u. dgl. benötigen Sie keine Baubewilligung. Erkundigen Sie sich allenfalls im Kleingartenreferat in der Bauinspektion der zuständigen Gebietsgruppe. Sie finden aber auch alle Informationen, Rechtsvorschriften, Formulare und Kontaktdaten im Internet unter bauen.wien.at.

Planen

Bei den **Flächenwidmungen**

- Grünland - Erholungsgebiet - Kleingartengebiet **Ekl**
- Grünland - Erholungsgebiet - Kleingartengebiet für ganzjähriges Wohnen **Eklw**

und bei

- vorübergehend kleingärtnerisch genutzten Flächen in anderen Widmungskategorien (werden mit Beschluss der örtlich zuständigen Bezirksvertretung festgelegt)

gelangt das **Wiener Kleingartengesetz 1996 - WKIG 1996** zur Anwendung. Im Folgenden werden die wichtigsten Bestimmungen zusammengefasst:

BAUREIFE - GRUNDABTEILUNG (PARZELLIERUNG)

- **im Kleingartengebiet (Ekl und Eklw)**

Eine bebaubare Grundfläche („Parzelle“) im Kleingartengebiet wird als „Kleingarten“ bezeichnet. Bevor ein Ansuchen um Baubewilligung gestellt werden kann, muss grundsätzlich der Kleingarten als solcher bewilligt, oder zumindest ein Ansuchen bei der Stadt Wien - Bau-, Energie-, Eisenbahn- und Luftfahrtrecht anhängig sein, wobei in diesem Fall Nachbarflächen nicht betroffen sein dürfen. Hierüber ist eine Bestätigung der Stadt Wien - Bau-, Energie-, Eisenbahn- und Luftfahrtrecht vorzulegen. Als „Kleingarten“ genehmigte Grundflächen werden zudem im Grundbuch im A2 - Blatt ersichtlich gemacht.

Besteht der Kleingarten zwar in der Natur, fehlt aber die ausdrückliche Grundabteilungsbewilligung (Parzellierung), wie oben beschrieben, so kann dennoch um Baubewilligung angesucht werden. In diesem Fall gilt die Baubewilligung für das Kleingarten/wohn/haus aber nur nach § 71 der Bauordnung (BO), d.h. auf jederzeitigen Widerruf erteilt.

Kleingärten müssen unmittelbar oder mittelbar über Aufschließungswege oder Parkplätze an eine öffentliche Verkehrsfläche angrenzen und eine solche Gestalt und Größe haben, dass entsprechende Gebäude errichtet werden können. Die Größe eines Kleingartens soll mindestens 250 m² betragen. Die Breite soll mindestens 10 m betragen.

- **auf vorübergehend kleingärtnerisch genutzten Flächen**

Eine Grundabteilung (Parzellierung) auf Kleingärten ist auf vorübergehend kleingärtnerisch genutzten Flächen nicht erforderlich (und auch nicht zulässig). Im Übrigen gelten obige Bestimmungen.

AUFSCHLIESSUNG (WEGE, KANAL, WASSER)

Aufschließungswege müssen mindestens 1,2 m breit sein und mit der öffentlichen Verkehrsfläche unmittelbar verbunden sein. Befahrbare Aufschließungswege müssen mindestens 3 m breit sein und bei Richtungsänderungen einen äußeren Radius von mindestens 10 m zulassen. Die Herstellung, Erhaltung, Beleuchtung und Reinigung der Aufschließungswege obliegt den Nutzungsberechtigten der anliegenden Kleingärten.

Liegt ein Kleingarten direkt an einer öffentlichen Verkehrsfläche, ist es - jedenfalls im Falle eines Neubaus - erforderlich, dass ein Gehsteig hergestellt wird, sofern noch kein trittsicherer vorhanden ist.

**Stadt
Wien** | Baupolizei

Dresdner Straße 73-75, 1200 Wien
01 4000 8037
post@ma37.wien.gv.at
bauen.wien.at
2/2024

Baulichkeiten in Ekl und Eklw müssen an den öffentlichen Kanal angeschlossen werden, wenn die Kleingartenanlage nicht mehr als 30 m von diesem entfernt liegt. Andernfalls sind die Schmutzwässer in einer Senkgrube zu sammeln. Letzteres gilt auch für Baulichkeiten auf vorübergehend kleingärtnerisch genutzten Flächen. Kleingartenwohnhäuser müssen eine frostsichere Trinkwasserleitung haben.

ZULÄSSIGE BAUFÜHRUNGEN (GEBÄUDE TypEN IN ABHÄNGIGKEIT VON DER WIDMUNG)

- In Ekl dürfen ausschließlich **Kleingartenhäuser** und **Nebengebäude** errichtet werden.
- In Eklw dürfen **Kleingartenhäuser**, **Kleingartenwohnhäuser** und **Nebengebäude** errichtet werden.
- Auf **vorübergehend kleingärtnerisch genutzten Flächen** dürfen ausschließlich **Kleingartenhäuser** (mit zusätzlichen Beschränkungen) und **Nebengebäude** errichtet werden.
- Auf **Gemeinschaftsflächen** dürfen ausschließlich Gemeinschaftsanlagen (z.B. Vereinshäuser, Parkplätze) errichtet werden.
- **Kleingartenhaus in Ekl oder Eklw**: max. 160 m³ oberirdischer umbauter Raum, max. 5 m Höhe (oberster Punkt des Daches) über dem verglichenen anschließenden Gelände; in Ekl zudem max. 35 m² bebaute Fläche bzw. 25 % der Kleingartenfläche.
- **Kleingartenwohnhaus (ausschließlich in Eklw)**: max. 265 m³ oberirdischer umbauter Raum, max. 5,5 m Höhe über dem verglichenen anschließenden Gelände; max. 50 m² bebaute Fläche bzw. 25 % der Kleingartenfläche.
- **Kleingartenhaus auf vorübergehend kleingärtnerisch genutzten Flächen**: max. 50 m³ oberirdischer umbauter Raum, max. 4,2 m Höhe über dem verglichenen anschließenden Gelände, max. 16 m² bebaute Fläche bzw. 25 % der Kleingartenfläche.
- **Nebengebäude**: max. 5 m² bebaute Fläche je Nebengebäude, max. 3 m hoch; Nebengebäude sind in die bebaute Fläche einzurechnen.
- **Nebengebäude zum Einstellen v. Fahrrädern, Gartengeräten u. dgl.**: max. 5 m² bebaute Fläche, max. 2,2 m hoch, freistehend, fensterlos; ein derartiges Nebengebäude ist nicht in die maximal bebaubare Fläche einzurechnen.

Es ist jedoch zu beachten, dass diese Maximalwerte im Einzelfall durch **Bestimmungen des Bebauungsplanes** beschränkt sind!

WEITERE BESTIMMUNGEN FÜR KLEINGARTEN / WOHN / HÄUSER

- **Terrassen**: max. 2/3 der bebauten Fläche des Kleingarten/wohn/hauses (Bsp.: 33,33 m² bei einem 50 m² Kleingartenwohnhaus)
- **Terrassenüberdachungen**: max. ¼ der bebauten Fläche des Kleingarten(wohn)hauses (Bsp.: 12,50 m² bei einem 50 m² Kleingartenwohnhaus). Die Terrassenüberdachung darf höchstens bis zum halben Umfang des Daches mit Wänden geschlossen werden.
- **Keller**: unter dem Kleingarten/wohn/haus und unter der Terrasse (Bsp.: 83,33 m² bei einem 50 m² Kleingartenwohnhaus); Keller unter der Terrasse müssen grundsätzlich unterirdisch sein. Nur aufgrund örtlicher Geländeverhältnisse (Hanglage) kann der Keller unter der Terrasse teilweise aus dem Gelände herausragen.
- **Kellerabgänge**: bis zu einer Breite von höchstens 1,20m (Bruttobreite), sie können überdacht werden und zählen nicht zur verbauten Fläche, sofern die Überdachung eine Breite von 1,20 m sowie eine Fläche von 7 m², nicht überschreitet. Der überdachte Bereich darf höchstens bis zum halben Umfang des Daches mit Wänden geschlossen werden.
- **Lichtschächte**: in der Größe der unmittelbar vorhandenen Fensteröffnungen und höchstens 1,0m (Bruttobreite), vor die Kellerwand ragend.
- **Balkon**: nur an einer Front, max. 1,20 m auskragend
- **Vordächer, Dachvorsprünge**: max. 70 cm
- Hocheffiziente alternative Systeme: **Wärmepumpen** müssen zur Anwendung gelangen
- **Raumhöhen, Gangbreiten, Stufenmaße, Türgrößen**: von jeder Regelung ausgenommen
- **Wärmeschutz**: bei Kleingartenwohnhäusern sind die Bestimmungen der BO (bzw. der **OIB-RL 6** einzuhalten >> Nachweis durch **Energieausweis**. Die Wand- und Deckenaufbauten sind samt U-Werten in den Plänen darzustellen.
- **Schallschutz**: bei Kleingartenwohnhäusern sind die Bestimmungen der BO (bzw. der **OIB-RL 5**) einzuhalten >> Nachweis am Plan zu erbringen (Außenlärmpegel, Soll und Ist R-Werte von Dach, Außenwände, Fenster und Außentüren)
- **Brandschutz**: keine besonderen Anforderungen, mit Ausnahme:
 - Außenwand an der Grundgrenze (ohne Öffnungen, feuerhemmend **REI 30**)
 - Dachdeckung flugfeuerbeständig **BRooF t1**
- **Fotovoltaikanlage**: erforderlich, wenn 150m² konditionierte Bruttogrundfläche überschritten wird

BESTIMMUNGEN ÜBER ABSTÄNDE ZU GRUNDGRENZEN

Sofern der Bebauungsplan nichts anderes bestimmt, sind folgende Abstände einzuhalten:

- zu **Nachbargrenzen**
 - ein **Abstand von mindestens 2 m**
 - mit Zustimmung des Nachbarn: Anbauen an eine Grundgrenze in voller Höhe
 - ohne Zustimmung des Nachbarn: Anbauen an eine Grundgrenze bis zu einer maximalen Höhe von 3 m

Sonderregelung für Kleingärten, die weniger als 10 m breit sind: Es darf auch ohne Zustimmung des Nachbarn entweder direkt an eine Grundgrenze angebaut werden, oder es ist ein Abstand von mindestens 1 m einzuhalten.

Jedenfalls darf aber nur an **eine Grundgrenze** angebaut werden

- zu **öffentlichen Verkehrsflächen:** 2 m
- zu **AufschlieBungswegen**
 - befahrbarer Weg: 3,5 m von der Achse (Mitte) des Weges, mindestens aber 1 m
 - nicht befahrbar: 2,5 m von der Achse (Mitte) des Weges, mindestens aber 1 m

BESTIMMUNGEN ZUR GARTENGESTALTUNG

- Mindestens **2/3** des Kleingartens sind **gärtnerisch zu gestalten**, **1/3** des Kleingartens darf **nicht versiegelt** werden und muss als bepflanzte, wasseraufnahmefähige Grünfläche mit direktem Bodenanschluss ausgestaltet sein und erhalten werden
- **Wasserbecken:** max. 25 m²
- **Wege, Stützmauern, Lichtschächte:** nur im unbedingt notwendigen Ausmaß
- **Geländeveränderungen:** nur im unbedingt notwendigen Ausmaß möglich (Anschüttungen \leq Abgrabungen). Der Keller unter der Terrasse darf nicht durch eine Geländeabsenkung „oberirdisch“ werden, es sind aber Lichtschächte und ein Kellerabgang zulässig.
- **Nebeneinfriedungen** (innerhalb einer Kleingartenanlage) dürfen max. 1,5 m hoch sein
- **Haupteinfriedungen** (AuBeneinfriedungen) dürfen max. 2,00 m (mit Spanndraht 2,10 m) hoch sein

KFZ- STELLPLÄTZE

Kfz-Stellplätze dürfen grundsätzlich nur auf Gemeinschaftsanlagen (Parkplätzen) geschaffen werden. Diese dürfen in Eklw – Gebieten auch mit max. 2,5 m hohen Flugdächern überdacht werden.

Nur in Ausnahmefällen, z.B. bei schwerer Gehbehinderung dürfen Stellplätze unter bestimmten Voraussetzungen auch in Kleingärten geschaffen werden (Ausnahmebewilligung erforderlich).

HINWEISE

- Achten Sie besonders darauf, dass das Gebäude in der **richtigen Höhenlage** errichtet wird (Aushub und Kellersohle ausreichend tief). Wird der Keller nicht ausreichend tief errichtet, müssen Sie mit empfindlichen Strafen und einem Abbruchauftrag rechnen!
- Bitte beachten Sie, dass insbesondere bei Bauten in **Hanglage besondere Vorsicht** und Fachkenntnis in Bezug auf die **Baugrubensicherung** gegeben sein muss. Bitte besprechen Sie diesen Punkt mit Ihrer Baufirma!
- Bei Bauführungen im Bereich von **Hochspannungsleitungen** (30m) müssen Sie sich mit der jeweiligen **Leitungsberechtigten** in Verbindung setzen (z.B. Austrian Power Grid AG, ÖBB-Infrastruktur AG, Wiener Netze GmbH).
- Gemäß BundesstraBengesetz ist in einer Entfernung bis 40 m beidseits von **Bundesautobahnen**, sowie 25 m bei deren Zu- und AbfahrtsstraBen eine Ausnahmegenehmigung durch die **ASFINAG** erforderlich
- Im Nahbereich von **Gleisanlagen** (12 m) empfiehlt es sich, mit der **ÖBB** Rücksprache zu halten, ob Arbeitsübereinkommen oder Ausnahmegenehmigungen nach dem Eisenbahngesetz erforderlich sind. siehe: <https://infrastruktur.oebb.at/de/informationen-und-mehr/sie-wollen-bauen>
- Einige Kleingartenanlagen liegen im **Landschaftsschutzgebiet**. Ob ihr Kleingarten betroffen ist, können Sie über die Umweltgutseite der Stadt Wien prüfen: wien.gv.at/umweltgut/public. Gegebenenfalls muss bei der **MA 22** um naturschutzbehördliche Bewilligung angesucht werden.
- Für die Errichtung und den Betrieb einer **Fotovoltaikanlage** ist im Sinne des § 11 Abs. 1 des Wiener Elektrizitätswirtschaftsgesetzes 2005 eine Anzeige (bis 50 kW), ein vereinfachtes Verfahren (mehr als 50 kW) bzw. eine Genehmigung (mehr als 100 kW) erforderlich. Das entsprechende behördliche Verfahren wird durch die **MA 64** durchgeführt.

Einreichung

Die Einreichung erfolgt bei der zuständigen Gebietsgruppe der Baupolizei. Es sind folgende Unterlagen vorzulegen:

BAUANSUCHEN

Baulichkeiten auf städtischen Liegenschaften

Bei städtischen Kleingärten ist vor der Einreichung bei der Baupolizei der Antrag beim Immobilienmanagement der Stadt Wien einzubringen. In diesem Falle liegen entsprechende Formulare bei der grundverwaltenden Dienststelle des Magistrates, **Stadt Wien - Immobilienmanagement**, Wien 8, Lerchenfelder Straße 4, 5. Stock (Sprechstunden: Dienstag und Donnerstag von 8.00 bis 12.00 Uhr) und beim **Zentralverband der Kleingärtner und Siedler Österreichs**, Wien 2, Simon-Wiesenthal-Gasse 2, (Sprechstunden Montag und Mittwoch, 9.00 - 11.30 und 13.30 - 17.00 Uhr) für Sie bereit.

Das **Formular** kann auch über Internet bauen.wien.at abgerufen werden. Weiters muss der Nutzungstitel durch Vorlage einer Bestätigung des Generalpächters (Zentralverband) beim Immobilienmanagement nachgewiesen werden.

Baulichkeiten auf privaten Liegenschaften

Das Bauansuchen für Kleingärten kann unter bauen.wien.at abgerufen und ausgefüllt werden, es können aber auch eigenverfasste Ansuchen verwendet werden.

ZUSTIMMUNG GRUNDEIGENTÜMER

Es ist die Zustimmung des Eigentümers (aller Miteigentümer) vorzulegen, wenn der Bauwerber nicht selbst Eigentümer oder nur Miteigentümer des Kleingartens ist.

BAUPLÄNE

Baupläne sind in **zweifacher** Ausfertigung; von einem/r nach den für die Berufsausübung maßgeblichen Vorschriften hiezu Berechtigten zu verfassen und von diesem/r zu unterfertigen.

Bei städtischen Liegenschaften sind die Pläne dem Immobilienmanagement der Stadt Wien als Grundeigentümerin in **dreifacher** Ausfertigung vorzulegen.

Die Baupläne haben folgende Angaben zu enthalten:

- die Lage und Größe des Kleingartens innerhalb des Widmungsgebietes; ferner die Lage der benachbarten Liegenschaften, deren Einlagezahlen und die Namen und Anschriften der Eigentümer/innen
- die Lage und Größe des Gebäudes unter Angabe der Abmessungen und der Abstände zu den Kleingartengrenzen sowie der Nebengebäude, der Dachvorsprünge, der Balkone, der überdachten Kellerabgänge und der anderen baulichen Anlagen, die der bebauten Fläche des Kleingartens zugerechnet werden
- den Nachweis der Einhaltung des zulässigen obersten Abschlusses des Gebäudes über dem verglichenen Gelände und der zulässigen Gesamtkubatur unter Darstellung der Gebäudehöhen im Wege der Fassadenabwicklung und der Dachform sowie der Höhenlage des anschließenden Geländes einschließlich allfälliger Geländeänderungen (Anschüttung \leq Abgrabung)
- die Angabe über die Art der Beseitigung der Abwässer
- Bei Kleingarten**wohn**häusern einen Nachweis über den Wärme- und Schallschutz (die Wand-, Dach- und Deckenaufbauten sind mit den entsprechenden bauphysikalischen Kennwerten in den Plänen einzutragen)
- Den Nachweis über das Ausmaß der gärtnerisch auszugestaltende und der unversiegelten Fläche (z.B. in Form einer Tabelle mit Auflistung der Flächensummen)
- Die Leistung (kWp) der aufgrund der Bauordnung für Wien verpflichtend zu errichtenden Fotovoltaikanlagen

NACHWEISE

Bei **Neu-, Zu- und Umbauten** von Kleingarten**wohn**häusern ist zusätzlich zu den Unterlagen über Aufforderung der Behörde jeweils im Bereich Online Formulare „Bauphysik-Übermittlung“ hochzuladen oder in elektronischer Form zu übermitteln:

1. den durch einen nach den für die Berufsausübung maßgeblichen Vorschriften berechtigten Sachverständigen für das einschlägige Fachgebiet erbrachten Nachweis über den Wärme- und Schallschutz (**Bauphysik**);
2. den **Nachweis**, dass die technische, ökologische und wirtschaftliche Einsetzbarkeit **hocheffizienter alternativer Systeme** berücksichtigt wird (§ 118 Abs. 3, 3a und 3e der Bauordnung für Wien);
3. eine Erklärung über den **sommerlichen Wärmeschutz**.
4. die Registrierungsbestätigung von einem gültigen Energieausweis (§ 118 Abs. 5 der Bauordnung für Wien)

Erläuterung:

- beim **Neubau** eines Kleingarten**wohn**hauses (auch bei einer nachträglichen Bewilligung)
- beim **Zubau** zu einem Kleingarten**wohn**haus, wenn der Zubau mehr als 50m² Gesamtnutzfläche aufweist
- beim **Umbau** von einem Kleingartenhaus in ein Kleingarten**wohn**haus

Hinweis zur richtigen Einbringung vom Energieausweis:

- **Neubau**
Bei **Neubauten** ist der Energieausweis in **WUKSEA** auf den **neuen Gebäudepunkt** (Gebäude-ID) mit dem **Status „vorgesehen“** einzubringen (unter Neubau ist die Errichtung neuer Gebäude zu verstehen; ein solcher liegt auch vor, wenn nach Abtragung bestehender Bauwerke die Fundamente oder Kellermauern ganz oder teilweise wieder benützt werden).
- **Zubau und Umbau**
Bei **Zu-** oder **Umbauten** ist der Energieausweis in **WUKSEA** auf den **bestehenden Gebäudepunkt** mit dem **Status „definitiv“** einzubringen.

WUKSEAGIS siehe: wien.gv.at/wukseagis/public/

BAUPHYSIK siehe: wien.gv.at/wohnen/baupolizei/planen/richtlinien/rl-bauphysik.html

NUR BEI DER ERRICHTUNG VON KELLERGESCHOSSEN

Bei der Errichtung eines **Kellers** sind zusätzlich eine **statische Vorbemessung** (in manchen Fällen ist ein Geringfügigkeitsgutachten ausreichend), ein **Fundierungskonzept** und ein **Baugrubenumschließungskonzept** erforderlich.

Hinweise zum Thema siehe: wien.gv.at/wohnen/baupolizei/merkblaetter.html

NACHWEIS DER BEWILLIGUNG DES KLEINGARTENS (PARZELLIERUNG)

Ein Nachweis der Bewilligung des Kleingartens ist erforderlich, wenn die erforderliche Abteilungsbewilligung noch nicht grundbücherlich durchgeführt ist. Liegt eine derartige Abteilungsbewilligung vor, gilt die Baubewilligung gemäß § 70 der Bauordnung für Wien (BO) definitiv. Liegt keine Abteilungsbewilligung vor, gilt die Baubewilligung vorerst nur als gemäß § 71 BO auf jederzeitigen Widerruf erteilt.

BEI EINEM ANTRAG UM NACHTRÄGLICHE BAUBEWILLIGUNG

Es ist ein Nachweis den Einreichunterlagen beizulegen, dass die NachbarInnen (das sind die GrundeigentümerInnen der Nachbargrundstücke, sofern diese nicht mehr als 20 m vom Kleingarten(wohn)haus entfernt liegen) von der vorgenommenen Einreichung in Kenntnis gesetzt wurden. Ein Nachweis der **tatsächlichen Kenntnisnahme** könnte z.B. sein, dass der Nachbar direkt am Einreichplan oder auf einem beigelegten Schreiben unterschreibt.

Grundsätzlich müssen auch Kleingartenwohnhäuser, die nachträglich eingereicht werden, den Bestimmungen des Gesetzes (einschließlich Wärme- und Schallschutz) entsprechen.

Baubeginn

Der Bauwerber hat sich zur Ausführung aller bewilligungspflichtigen Arbeiten eines **Bauführers** zu bedienen, der nach den für die Berufsausübung maßgeblichen Vorschriften zur erwerbsmäßigen Vornahme dieser Tätigkeit berechtigt ist. Der Bauwerber hat der **Behörde vor Beginn der Bauführung** schriftlich einen **Bauführer bekanntzugeben** und nachzuweisen, dass **dieser die Baupläne**, die nach diesem Gesetz ausgeführt werden dürfen, **zur Kenntnis genommen hat**.

Nach Vorliegen der vollständigen Unterlagen bei der Baupolizei darf nach **Anzeige des Baubeginns** durch den Bauführer mit dem Bau begonnen werden, wobei zu beachten ist, dass bei Nichtentsprechen des vorgelegten Projektes die Baubehörde innerhalb von drei Monaten die Bauführung zu untersagen hat und der Bau einzustellen ist. Auch im Fall der Zurückziehung der Zustimmung eines/r Eigentümers/in während der 3 Monate hat die Baupolizei die Bauführung zu untersagen. Bauverhandlung findet keine statt. Bis zu drei Monate nach Baubeginn, bei einer nachträglichen Bewilligung bis zu 3 Monate nach Verständigung der NachbarInnen (siehe Pkt 5), haben die AnrainerInnen (GrundeigentümerInnen der Nachbarliegenschaften) die Möglichkeit, ihre Rechte geltend zu machen.

Erfolgt keine rechtskräftige Untersagung oder Versagung der Bauführung, gilt das Bauvorhaben als dem Gesetz entsprechend bewilligt. Es ergeht **kein** Bescheid! Sie bekommen jedoch 3 Monate nach tatsächlichem Baubeginn, bei einer nachträglichen Bewilligung 3 Monate nach Verständigung der NachbarInnen, einen Plan mit amtlichem Sichtvermerk retour.

Liegt Ihr **Kleingarten direkt an einer öffentlichen Verkehrsfläche**, müssen Sie vor Baubeginn die Aussteckung der Straßenfluchtlinie durch eine/n Ingenieurkonsulenten/in für Vermessungswesen oder ein entsprechend befugtes Vermessungsbüro vornehmen lassen. Weiters ist ein Gehsteig nach Anordnung der Baupolizei herzustellen.

Vom Zeitpunkt der vollständigen Vorlage der Unterlagen haben Sie **zwei Jahre** Zeit, mit dem Bau zu **beginnen** und ab tatsächlichem Baubeginn **zwei Jahre**, den Bau zu **vollenden**.

Fertigstellung

Nach **Fertigstellung** des Neu-, Zu- oder Umbaues ist der Baupolizei **vom Bauwerber** oder von einem Eigentümer der Baulichkeit unter Vorlage einer **Erklärung vom Bauführer**, dass der Bau entsprechend der Baubewilligung und den Bauvorschriften ausgeführt worden ist, eines positiven **Kanal- bzw. Senkgrubebefundes** sowie gegebenenfalls eines positiven **Abgasfangbefundes**, eine **Fertigstellungsanzeige** zu erstatten. **Vorher darf das Gebäude nicht benützt werden!**

ABGABEN UND GEBÜHREN

Für das Ansuchen und die Beilagen sind Bundesgebühren und Verwaltungsabgaben zu entrichten. Sie erhalten eine gesonderte Vorschreibung.

Ansuchen:	EUR 14,30	Bundesgebühr, EUR 28,00	Verwaltungsabgabe
Beilagen:	EUR 3,90	Bundesgebühr je Beilage (je vier A4 – Seiten fortlaufender Text)	
Pläne:	EUR 3,90	Bundesgebühr (Plangröße bis maximal 2-mal A4)	
	EUR 7,80	Bundesgebühr (Plangröße größer als 2-mal A4)	
Fertigstellungsanzeige:	EUR 22,00	Verwaltungsabgabe	

KONTAKTDATEN

Für die Bezirke:

2, 20, 21 und 22 Stadt Wien - Baupolizei GEBIETSGRUPPE OST Dresdner Straße 82, 1200 Wien Telefon: 01 4000 37300 Mail: ost@ma37.wien.gv.at	3, 10, 11 und 23 Stadt Wien - Baupolizei GEBIETSGRUPPE SÜD Favoritenstraße 211, 1100 Wien Telefon: 01 4000 37500 Mail: sued@ma37.wien.gv.at	12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 und 19 Stadt Wien - Baupolizei GEBIETSGRUPPE WEST Spetterbrücke 4, 1160 Wien Telefon: 01 4000 37700 Mail: west@ma37.wien.gv.at
---	---	---

WEITERE KONTAKTE

Stadt Wien – Immobilienmanagement
Lerchenfelder Straße 4, 1082 Wien
wien.gv.at/verwaltung/grundstuecke/index.html
Telefon 01 4000 69719

Stadt Wien - Technische Stadterneuerung
wien.gv.at/wohnen/wohnbautechnik/
Telefon 01 4000 DW 25225 oder 25227

Stadt Wien – Wohnbauförderung
wien.gv.at/wohnen/wohnbaufoerderung/index.html
Telefon 01 4000 74810

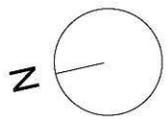
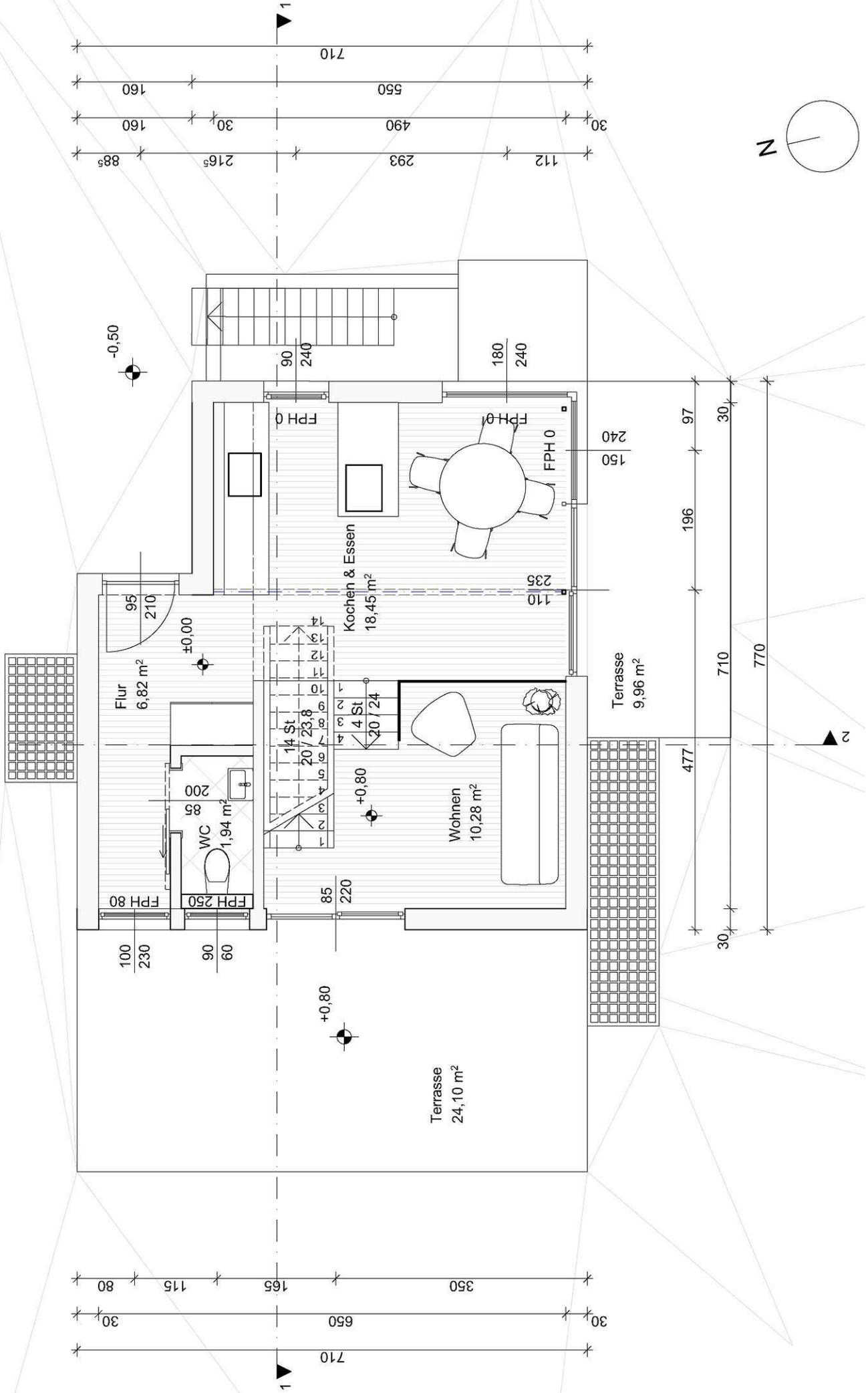
Zentralverband der Kleingärtner und Siedler Österreichs
Simon-Wiesenthal-Gasse 2, 1020 Wien
www.kleingaertner.at/
Telefon 01 587 07 85



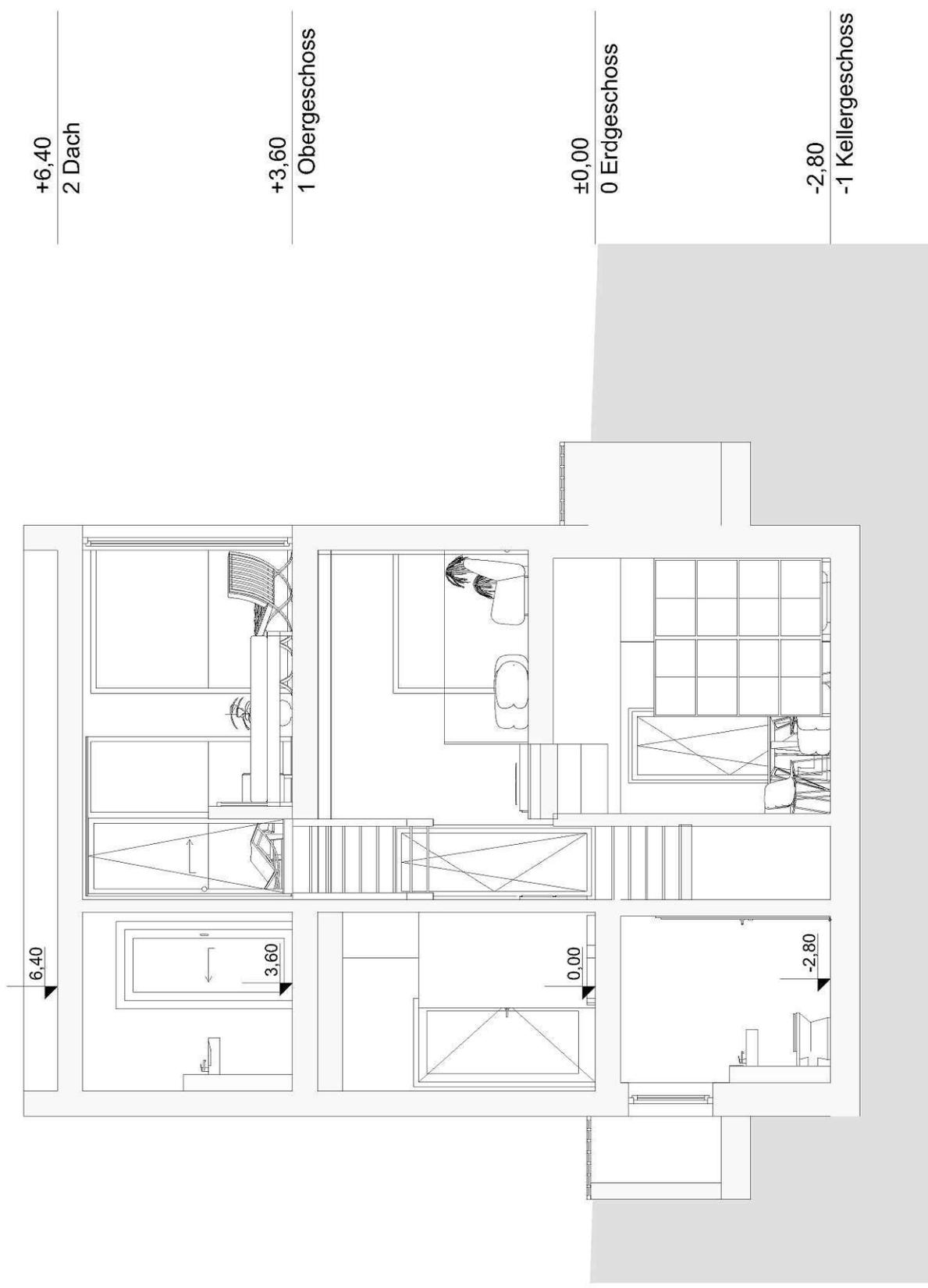
D. Pläne

Auf den folgenden Seiten befinden sich die Pläne des Kleingartenwohnhauses im Maßstab 1:50.

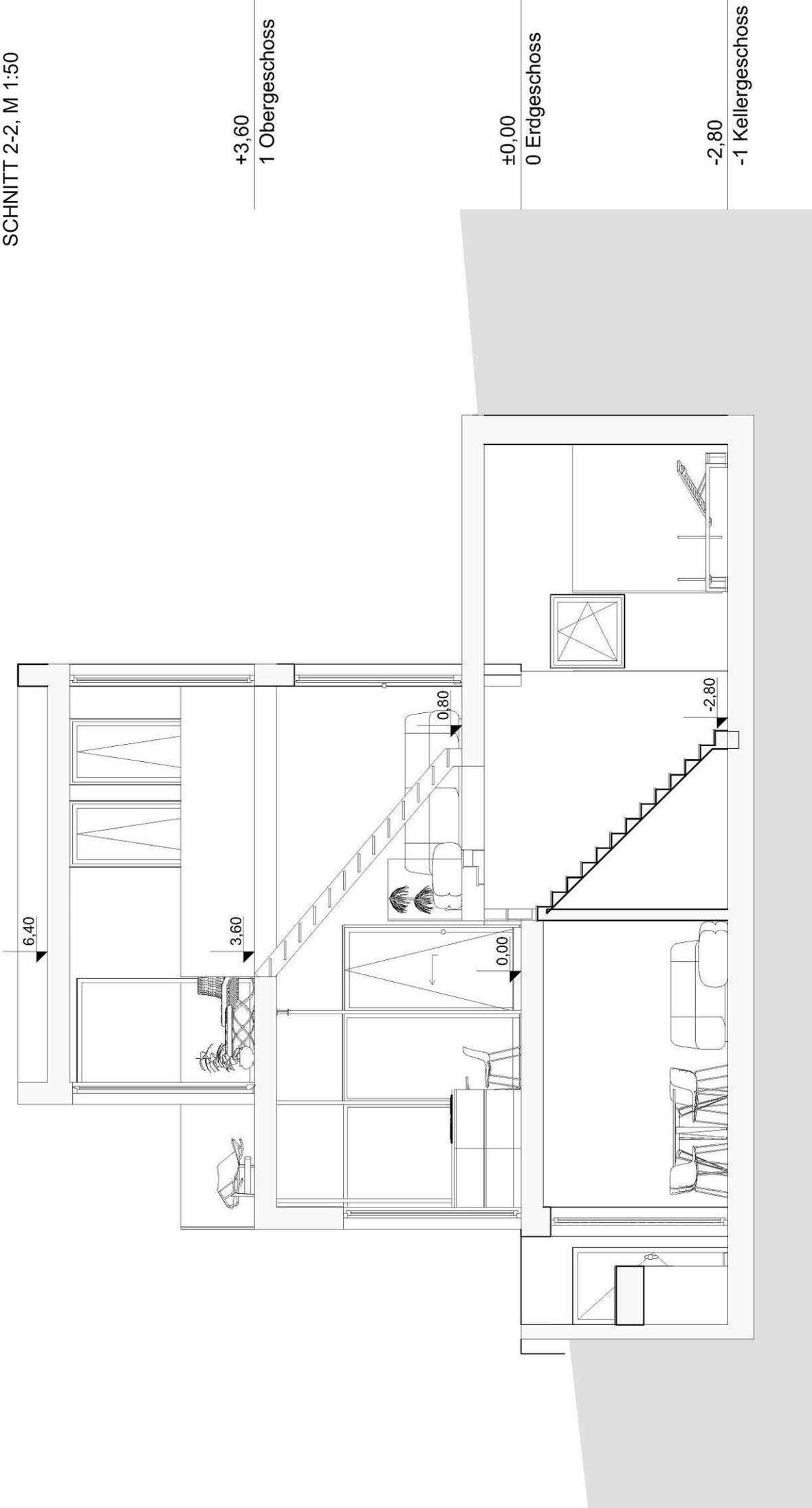
GRUNDRISS EG, M 1:50



SCHNITT 1-1, M 1:50



SCHNITT 2-2, M 1:50



ANSICHT OST, M 1:50



+6,40
2 Dach

+3,60
1 Obergeschoss

±0,00
0 Erdgeschoss

-2,80
-1 Kellergeschoss

ANSICHT SÜD, M 1:50



ANSICHT WEST, M 1:50

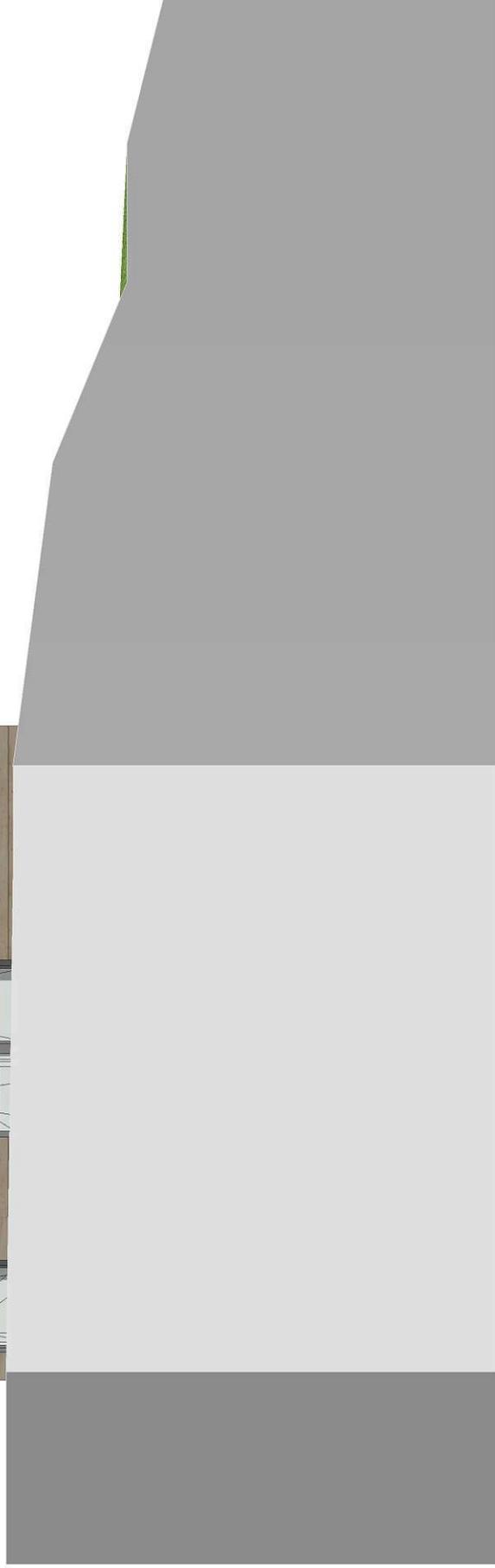


+6,40
2 Dach

+3,60
1 Obergeschoss

±0,00
0 Erdgeschoss

-2,80
-1 Kellergeschoss



ANSICHT NORD, M 1:50



