

Lignum
Holzwirtschaft Schweiz
8008 Zürich

Zürich, den 24.04.24

Holzbaukennzahlen für Investoren - Wohnbauten

Teil 2/2: Ökologische Kennzahlen

Inhalt	1. Management Summary	3
	2. Glossar	4
	3. Einleitung	5
	4. Ergebnisse.....	8
	5. Aufstockung	14
	6. Fazit	16
	7. Fallbeispiele	17
	8. Abbildungsverzeichnis.....	53

Auftraggeberin	Lignum Holzwirtschaft Schweiz 8008 Zürich Bundesamt für Umwelt Aktionsplan Holz 3003 Bern
Bearbeitung	Durable Planung und Beratung GmbH Binzstrasse 12 8045 Zürich
Projektleitung	Dr. Julia Selberherr Julia.selberherr@wuestpartner.com
Bearbeitung	David Offtermatt david.offtermatt@studiodurable.ch Romero Ratti romero.ratti@studiodurable.ch
Hinweis	Diese Studie wurde im Auftrag der Lignum verfasst. Für den Inhalt ist allein die Auftragnehmerin verantwortlich.
Zeitraum	September 2023 – Dezember 2023

Durable ist ein Büro für Planung und Beratung zur Nachhaltigkeit in der Entwicklung, Projektierung Erstellung und Bewirtschaftung von Immobilien. Gesellschaftliche, ökonomische und ökologische Kontexte werden zusammengeführt, um als Ganzes grösstmöglichen Nutzen zu erbringen. Das heute 15-köpflige Team ist dabei vor allem in den folgenden Arbeitsfeldern tätig: Nachhaltigkeitsstrategien, Zielvereinbarungen, Projektentwicklungen, Gesamtenergiekonzepte, Gebäudeerneuerung, Zertifizierungen, Bauphysik und Akustik und Bauökologie. Durable verfügt über ein sehr breites Netz zu öffentlichen und institutionellen Bauherrschaften, Hochschulen, Bundesämtern und zu diversen Normen und Standards entwickelnden Institutionen. Durable ist heute eine 100%ige Tochter von Wüest Partner AG.

1. Management Summary

Im Auftrag vom BAFU und Lignum hat Wüest Partner in Zusammenarbeit mit durable während des Zeitraums von 2020 bis 2022 die Studie «Holzbaukennzahlen für Investoren» erarbeitet.

Im Rahmen der vorliegenden Studie werden ökologische Kennwerte untersucht, die heute wichtige und allgemein anerkannte Aussagen ermöglichen und die zukünftig noch mehr an Bedeutung gewinnen werden.

Die Untersuchungen werden anhand von Variantenvergleichen vollzogen. Dabei werden Holzbauweisen mit ihren mineralischen Zwillingen verglichen.

Im Zentrum der Betrachtungen stehen graue Treibhausgasemissionen und damit zusammenhängend die biogenen Kohlenstoffe, beide sind wesentliche Parameter zur Umsetzung der Klimaschutzziele und zu Netto Null.

Für die Studie wurden 17 Fallbeispiele und eine Aufstockung betrachtet. Es zeigt sich, dass sich durch die Ausführung in Holzbauweise die Treibhausgasemission um bis zu 24 % reduzieren lassen. Bei einzelnen Bauteilen kann sogar bis zu 38 % eingespart werden.

Die geringeren Treibhausgasemissionen im Holzbau verschieben den Fokus der Ökobilanzierung auf das Untergeschoss und Gebäudetechnik.

2. Glossar

Graue Treibhausgasemissionen

Kumulierte Menge der Treibhausgase, die bei allen vorgelagerten Prozessen, vom Rohstoffabbau über Herstellungs- und Verarbeitungsprozesse und bei der Entsorgung, inkl. der dazu notwendigen Transporte und Hilfsmittel, emittiert sind. Sie wird als äquivalente CO₂-Emissionsmenge ausgedrückt, die denselben Treibhausgaseffekt wie die Gesamtheit der Treibhausgasemissionen hat. Dabei wird die gleiche Sachbilanz berücksichtigt wie bei der Grauen Energie. (SIA2040:2017 Effizienzpfad Energie)

Die Grauen Treibhausgasemissionen gehören zu den indirekten Treibhausgasemissionen.

Graue Energie (nicht erneuerbare Primärenergie)

Gesamte Menge nicht erneuerbarer Primärenergie*, die für alle vorgelagerten Prozesse, vom Rohstoffabbau über Herstellungs- und Verarbeitungsprozesse und für die Entsorgung, inkl. der dazu notwendigen Transporte und Hilfsmittel, erforderlich ist. Sie wird auch als kumulierter, nicht erneuerbarer Energieaufwand bezeichnet.» (SIA2040)

** nicht erneuerbare Primärenergie ist die Primärenergie, die aus einer Quelle gewonnen wird, die durch Nutzung erschöpft wird, z.B. Uran, Rohöl, Kohle.*

Biogener Kohlenstoffgehalt

Der biogene Kohlenstoffgehalt quantifiziert den in den Baumaterialien und Bauelementen auf natürliche Weise gebundenen Kohlenstoff, ausgedrückt in [kg C].

Mit dieser Kenngrösse wird der in Holz, Stroh und weiteren nachwachsenden Rohstoffen enthaltene Kohlenstoff quantifiziert. Diese Kenngrösse basiert auf der europäischen Norm EN 15804:2012+A2:2019 zu den Grundregeln von Umweltproduktdeklarationen für die Produktkategorie Baumaterialien. (Ökobilanzdaten im Baubereich, KBOB / eco-bau / IPB 2009/1:2022)

Biogener Kohlenstoff wird bei Holz während des Baumwachstum der Atmosphäre entzogen und erst bei der Zersetzung oder der energetischen Verwertung wieder ausgestossen. Er ist solange im Holz gespeichert, bis das Holz zerfällt oder verbrannt wird. Biogener Kohlenstoff ist also gespeichert im stehenden Baum oder in Bauholz in Gebrauch.

Bereich Erstellung

Der Bereich der Erstellung deckt die Phasen Herstellung, Errichtung, Ersatz und Entsorgungsphase ab. Die Phasen werden dabei gemäss SN EN 15804 bezeichnet und in die Module A1-A3, A4-A5, B4 und C1-C4 unterteilt. (SIA2032:2020 Graue Energie – Ökobilanzierung für die Erstellung von Gebäuden)

3. Einleitung

Im Auftrag vom BAFU und Lignum hat Wüest Partner in Zusammenarbeit mit durable während des Zeitraums von 2020 bis 2022 die Studie «Holzbaukennzahlen für Investoren» erarbeitet.

Analog dazu untersucht der nachfolgende Bericht 17 realisierte Wohnbauten in reiner Holzbauweise oder Hybridbauweise. Die realisierten Gebäude werden dabei mit einem digitalen Zwilling in mineralischer Bauweise verglichen.

Getrennt dazu wird eine Aufstockung aus Holz, mit einer theoretischen Ausführung durch Mauerwerk und Ersatzneubauten aus Holz wie auch mineralischer Bauweise verglichen.

Als ökologische Kenngrösse werden die Grauen Treibhausgasemissionen verwendet.

Die Ergebnisse zeigen, dass die analysierten Holzbauten hinsichtlich der Baukosten und Wirtschaftlichkeit konkurrenzfähig gegenüber Massivbauten sind und in punkto Nachhaltigkeit ebenfalls überzeugen (vgl. Lignum Magazin: Was kostet ein Holzbau? April 2021).

1.1 Methode

Die Methode und die Vorgehensweise werden aus den Studien «Holzbaukennzahlen für Investoren - Wohnbauten»¹ übernommen und auf eine ökologische Betrachtung adaptiert. Damit ist die Fortsetzung der Studie «Holzbaukennzahlen für Investoren - Wohnbauten» sichergestellt, die Studien können als Ganzes gelesen werden. Die ökonomischen Erkenntnisse der ersten Studie werden um ökologische Erkenntnisse ergänzt.

Für die ökologische Bewertung der Ergebnisse werden in der Folge die Treibhausgasemissionen gezeigt. Für detaillierte Ergebnisse, auch zur Grauen-Energie, können die Fallbeispiele im Anhang herangezogen werden.

Nicht enthalten sind die Treibhausgasemissionen für die Erstellung der Gebäudetechnik. Abhängig vom Ausbaustandard entstehen zusätzliche Emissionen im Bereich von ca. 1 – 3 kg CO₂-equ./ (m²_{EBF} a).

Datengrundlage Holzbauten

Für die Studie werden 17 in der Schweiz realisierte Holzbauprojekte als Fallbeispiele ausgewertet. Die Auswertung erfolgt in einer anonymisierten Form.

Umfang und Detaillierungsgrad der Datengrundlage unterscheiden sich je nach Gebäude. Die Daten wurden durch Wüest Partner eingeholt. Teilweise wurden die Daten nicht im benötigten Detaillierungsgrad bereitgestellt. Bei diesen Projekten sind die vorliegenden Daten

¹ Selberherr, Julia et al.: Holzbaukennzahlen für Investoren - Wohnbauten, Schlussbericht, Bundesamtes für Umwelt (BAFU), August 2023

soweit möglich plausibilisiert worden. Vereinzelt wurden Anpassungen durchgeführt, um die Vergleichbarkeit zu gewährleisten.

*Mineralische
Zwilling*

Die abgebildeten Objekte werden einem «digitalen mineralischen Zwilling» gegenübergestellt.

Der «mineralische Zwilling» ist ein Referenzmodell mit den gleichen Dimensionen (z.B. gleiche Bauteil- und Geschossflächen, gleiche Volumen, Fensterfläche usw.) und Qualitäten (z.B. gleiche U-Werte der Bauteile der Hülle, gleiche Schalleigenschaften) wie der Holzbau. Tragende Innenwände in Holzbauweise werden durch 25 cm Stahlbeton ersetzt. Zimmertrennwände in 12.5 cm Mauerwerk, die Geschossdecken durch konservative 25 cm Stahlbetondecke und das Dach durch 20 cm Stahlbeton ersetzt.

Unterschiede ergeben sich aus dieser Betrachtung selbstverständlich bezüglich grauen Treibhausgasemissionen, grauen Energien sowie Gesamtgewicht des Gebäudes.

*Graue
Treibhausgasemission
als zentrale ökologische
Kennzahl*

Die Darstellung der Fallbeispiele und ihrer Zwillinge ist auf die grauen Treibhausgasemissionen fokussiert. Die Datengrundlagen der Berechnung sind neben den projektspezifischen Quantitäten und Qualitäten die Ökobilanzdaten im Baubereich des KBOB in der Version 2022 ver.3.0.

Kennwerte

Die ermittelten Werte der Treibhausgasemissionen sind bezogen auf das Jahr und den m² Energiebezugsfläche (EBF). Das entspricht der Bilanzierungsmethodik, die in der Schweiz sowohl in behördlichen Nachweisen als auch in Gebäude- und Arealzertifizierungen Anwendung findet.

Der Betrachtungszeitraum beträgt bei allen Bauten 60 Jahre. Das entspricht der Methode der SIA 2032:2020 Graue Energie von Gebäuden. Der Bezug auf die Energiebezugsfläche stellt die Vergleichbarkeit der Projekte untereinander sicher. Der zusätzliche Einbezug der Zeit (a) erlaubt eine Vergleichbarkeit mit allen in der Schweiz ermittelten Kennwerten.

*Reine
Holzbaukennzahlen?*

Keines der betrachteten Projekte sind rein als Holzbaukonstruktionen erstellt worden. In der Regel sind es folgende Bauteile, die mehrheitlich in Holzbauweise erstellt wurden:

- Geschossdecken
- Aussenwände oberirdisch
- Dächer
- Innenwände

Bei mehreren Gebäuden sind einzelne Bauteile aus Holz, andere aber in mineralischer Bauweise erstellt, dies zumeist aus brandschutztechnischen, schalltechnischen Gründen.

Gleichzeitig gibt es Bauteilgruppen, die mit Ausnahmen nicht in Holzbauweise erstellt werden. Das sind in der Regel unterirdische Bauteile mit Kontakt zum Erdreich (Aussenwände unterirdisch. Bodenplatten). Bauteile mit hohem Holzanteil wie Bodenbeläge und Schreinerarbeiten können unabhängig von der Bauweise eingesetzt werden.

Allen Fallbeispielen gemeinsam ist, dass meist der Kern, immer die Fundation und falls vorhanden, das Untergeschoss in Massivbauweise erstellt sind. In der oberirdischen Tragstruktur ist der Holzbau dominierend.

Aufstockung In der Betrachtung der Aufstockung wird davon ausgegangen, dass die Primärstruktur (Tragkonstruktion) für weitere 60 Jahre Lebensdauer bestand hat. Ein Restwert für die Bauteile wurde nicht ermittelt. Um eine Vergleichbarkeit zu erzeugen, wird dem Ersatzneubau in Holz- und mineralischer Bauweise eine Lebensdauer von 120 Jahren zugestanden. Dies ist nicht im Sinne der SIA2032:2020, sichert jedoch eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse.

4. Ergebnisse

Die Bilanzierung der grauen Treibhausgasemissionen der 17 Fallbeispiele zeigt, dass die Bauweise in Holz immer zu besseren Resultaten führt als die entsprechende mineralische Bauweise. In der folgenden Grafik, sind auf der x-Achse die Treibhausgasemissionen der Holzbauweise und auf der y-Achse die der mineralischen Bauweise aufgetragen. Liegt ein Punkt unter der Winkelhalbierenden sind die Werte der Holzbauweise höher.

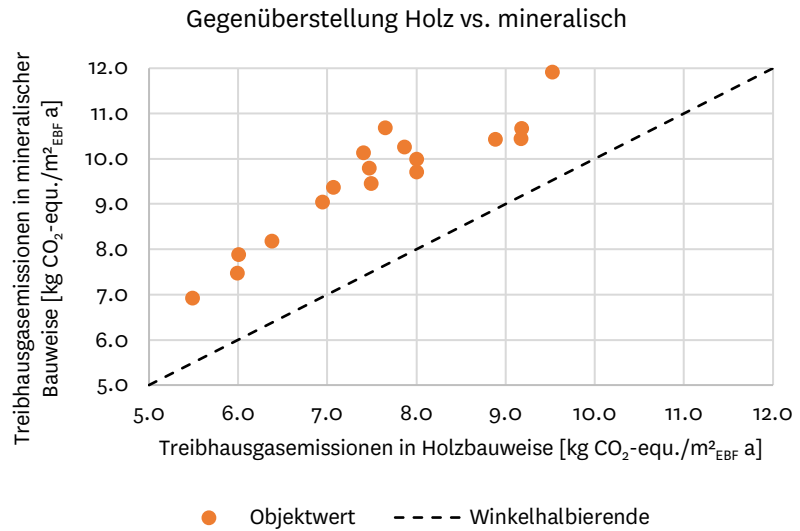


Fig. 1: Treibhausgasemissionswerte aller Fallbeispiele.

Für eine bessere Darstellung der Daten, zeigt die folgende Grafik den jeweiligen Wertebereich der Bauweisen ohne Ausreiser. Der Bereich der Einsparung liegt zwischen 20 % bis 23 %. Der Median liegt bei der Holzbauweise bei 7.5 kg/m²_{EBF} und für die mineralische Bauweise bei 9.8 kg/m²_{EBF} (jeweils ohne Gebäudetechnik).

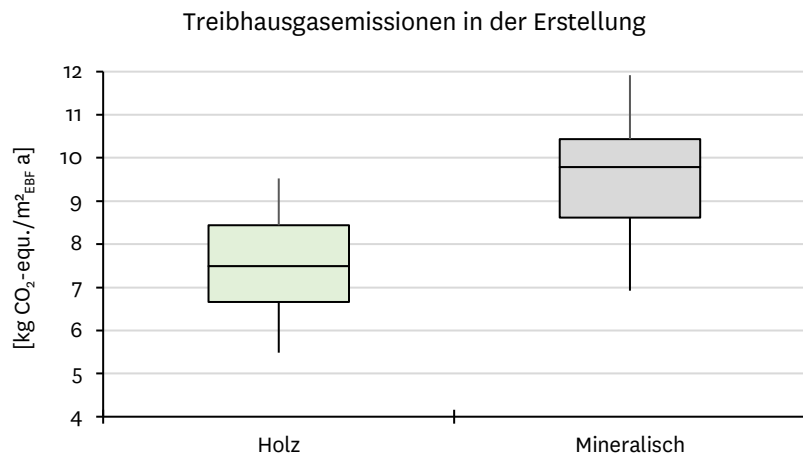


Fig. 2: Verteilung der Daten über BoxPlot. Innerhalb der Box befinden sich 50 % der Werte.

1.2 Kennwerte Bauteile

Treibhausgasemissionen auf Ebene einzelner Bauteile

Die vorangegangenen Bereiche beziehen sich auf die Energiebezugsfläche und zeigen nicht, welches Bauteil wesentlich zur Bilanz beiträgt.

Die Treibhausgasemissionen der Holzbauweise und der mineralischen Bauweise können zielführend anhand folgender vier Bauteile betrachtet werden.

- Geschossdecken (Last tragende Schicht inkl. Deckenbekleidungen und Bodenbeläge)
- Dächer (Last tragende Schicht inkl. Dachaufbauten und Deckenbekleidungen)
- Aussenwände (Last tragende Schicht inkl. äussere und innere Wandbekleidungen; ohne Fenster und Türen)
- Innenwände

Die folgende Grafik zeigt den Wertebereich der einzelnen Bauteile. Die Gebäudeteile des mineralischen Zwillings erzeugen dabei zwischen 19 % bis 38 % höhere Treibhausgasemissionen.

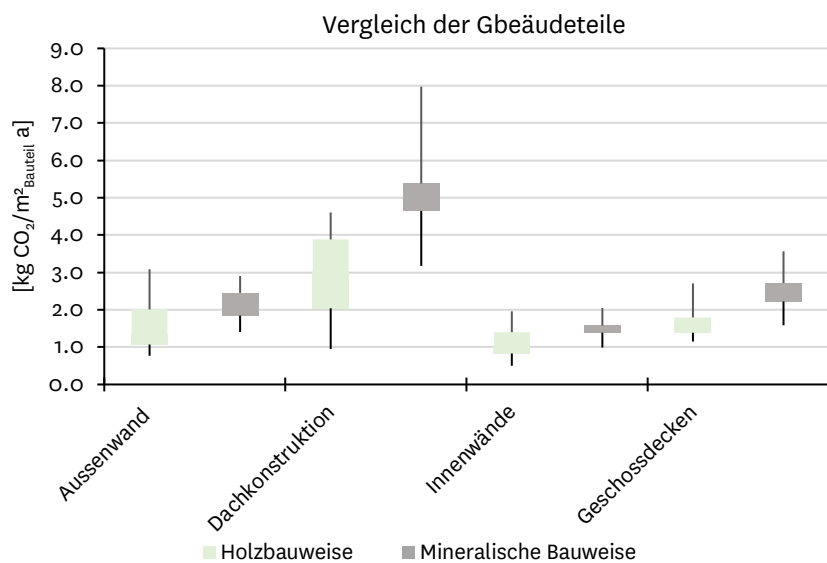


Fig. 3: Verteilung der Daten pro Bauteil über BoxPlot. Innerhalb der Box befinden sich 50 % der Werte.

Aussenwand

Da die Tragkonstruktion der Aussenwände im Holz gleichzeitig die Wärmedämmung aufnehmen kann, ist die Holzbauweise neben der ökologischen Einsparung auch häufig flächeneffizienter bei niedriger Masse. Jedoch wirkt sich die reduzierte Masse negativ auf den Schallschutz gegen Aussenlärm aus. Um hier in einen vergleichbaren Bereich der mineralischen Bauweise zu kommen, müssen die Vorsatzschalen teilweise Körperschall entkoppelt montiert und zusätzlich Masse ergänzt werden. Dabei entstehen häufig komplexe Konstruktionen, welche bei der Montage fehleranfällig sind.

Der schwarze Balken zeigt den Median der Einsparung, dieser liegt bei 32 %. Der positive Balken wird durch eine vorgehängte Metallfassade im Holzbau verursacht.

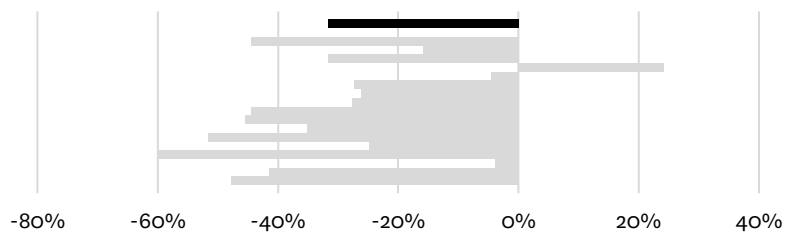


Fig. 4: Einsparung der Aussenwand in Prozent über alle Projekte. Der schwarze Balken zeigt den Median.

Dachkonstruktion

Die Dachkonstruktionen zeigen neben den Geschossdecken die grösste Einsparung. Über alle 17 Fallbeispiele kann hier mit einer Einsparung von bis 35 % kalkuliert werden.

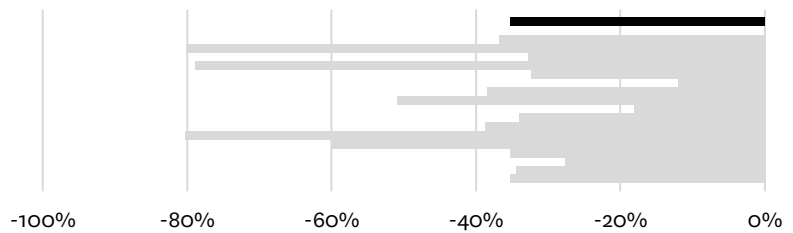


Fig. 5: Einsparung der Dachkonstruktion in Prozent über alle Projekte. Der schwarze Balken zeigt den Median.

Innenwände

Die Innenwände unterscheiden sich zwischen Zimmertrennwänden und Nutzungstrennwände. In der Regel sind Nutzungstrennwände zusätzlich als tragendes Bauteil ausgeführt. Im Holzbau verursachen Gipsfaserplatten oder -kartonplatten ein Grossteil der Emissionen. Der positive Balken wird durch einen hohen Stahlanteil verursacht. Gegenüber der Ausführung in Holzbauweise verursacht der mineralischen Zwilling 27 % höhere Treibhausgasemissionen.

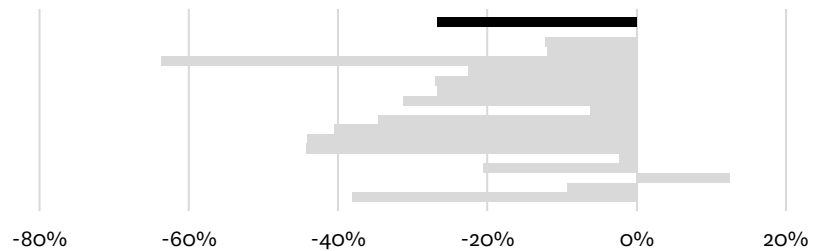


Fig. 6: Einsparung der Innenwände in Prozent über alle Projekte. Der schwarze Balken zeigt den Median.

Geschossdecken

Geschossdecken trennen in der Regel Nutzungseinheiten und haben daher hohe Anforderungen an der Schallschutz. Der Luftschall lässt fast nur durch Masse im Bauteil erfüllen und ein Grossteil der Trittschallenergie wird schon durch den schwimmenden Unterlagsboden aus Anhydrit oder Zement absorbiert.

Die Bilanzierung zeigt, dass die Ausreisser im Datenset eher gering sind und hier eine Einsparung von bis zu 38 % entsteht. Bei einem Objekt ergibt eine Mischrechnung aus drei mineralischen und einem Holzgebäude ein positive Bilanz.

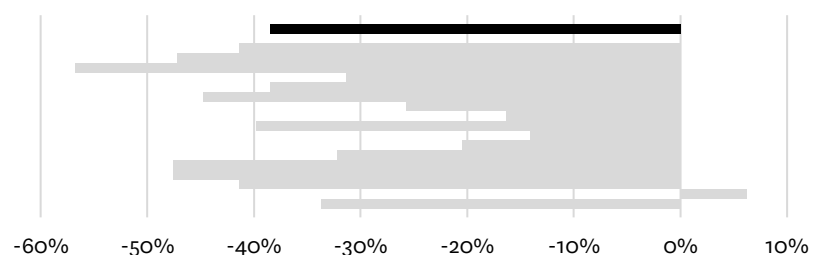


Fig. 7: Einsparung der Geschossdecke in Prozent über alle Projekte. Der schwarze Balken zeigt den Median.

1.3 Anteil des Untergeschosses

Unterteilt man die Anteile des Gebäudes in *über* und *unter* Terrain auf, zeigt sich, dass der Gebäudeteil unter Terrain ein wesentlicher Treiber der Treibhausgasemissionen ist. Gebäude mit sehr effizientem Holzbau können so ihre gesamte Bilanz negativ beeinflussen. Da der Anteil über Terrain im Holzbau bereits in Bezug auf die Treibhausgasemissionen optimiert ist, fällt hier der Anteil unter Terrain wesentlich stärker ins Gewicht als bei mineralischer Bauweise. In den hier untersuchten Fallbeispielen liegt der Anteil zwischen 10 % und 38 %.

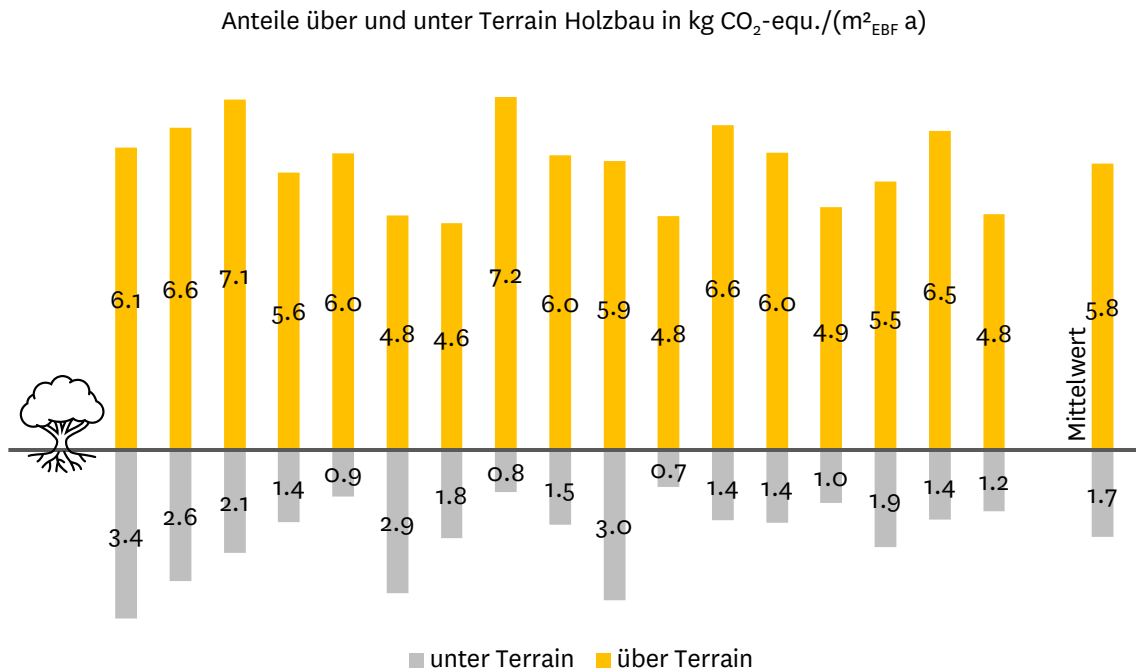


Fig. 8: Anteil der Untergeschosse aller Objekte

1.4 Einspeicherung CO₂

Mit dem aktuellen Stand der Technik entstehen bei der Erstellung immer Treibhausgasemissionen. Wie sich aus den vorangegangenen Betrachtungen gezeigt hat, können diese durch konsequenten Einsatz von nachwachsenden und ressourcensparende Materialien bereits reduziert werden. Dieser Effekt lässt sich auch durch das eingespeicherte CO₂ in Form von biogenem Kohlenstoff darstellen.

In 50 % der Holzgebäuden ist 2.2 kg CO₂/(m²_{EBF} a) bis 4.1 kg CO₂/(m²_{EBF} a) CO₂ eingespeichert. Dieses CO₂ wird bei der Deponierung oder thermischen Verwertung wieder freigesetzt. Ein Einbezug als negative Emissionen in die Gesamtbilanz ist daher nur möglich wenn sichergestellt wird, dass eine Deponierung oder thermische Verwertung vermieden werden kann.

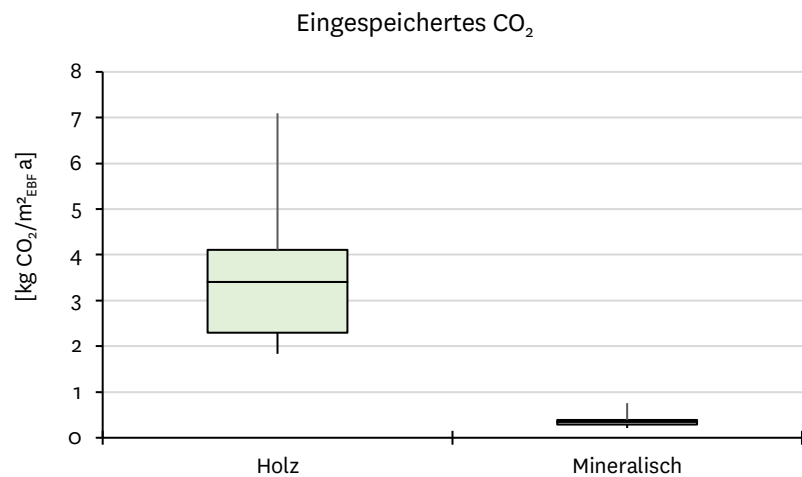


Fig. 9: Verteilung des eingespeicherten CO₂ für die mineralische und Holzbauweise.

5. Aufstockung

Aufstockungen werden zukünftig wesentlicher Bestandteil des Stadtbildes sein, um dem steigenden Bedarf an Wohnraum in Ballungszentren gerecht zu werden. Das folgende Beispiel untersucht die ökologischen Auswirkungen einer Aufstockung und vergleicht diese mit drei Varianten.

- Variante 1: Ausführung der Aufstockung mit 15cm Mauerwerk
- Variante 2: Ersatzneubau in Holzbauweise
- Variante 3: Ersatzneubau in mineralischer Bauweise

Die Ökobilanzen gemäss SIA2032 und 2040 sehen bei Neubauten einen Betrachtungszeitraum von 60 Jahren vor. Das heisst, dass die durch die Erstellungsprozesse von Gebäuden (Neubau, Instandsetzungen / Erneuerungen, Rückbau) über diesen Betrachtungszeitraum emittierten und kumulierten Treibhausgasemissionen in gleichen Teilen auf diese 60 Jahre verteilt werden. Bei einer Aufstockung wird davon ausgegangen, dass die Primärstruktur einen weiteren Lebenszyklus von 60 Jahren gewährleisten kann. In der hier durchgeführten Betrachtung ist davon ausgegangen worden, dass diese Bauteile keinen Restwert mehr besitzen. Für die Vergleichbarkeit der Ersatzneubauten wird daher eine Lebensdauer von 120 Jahren angesetzt. Die folgende Darstellung verdeutlicht diesen Ansatz nochmals.

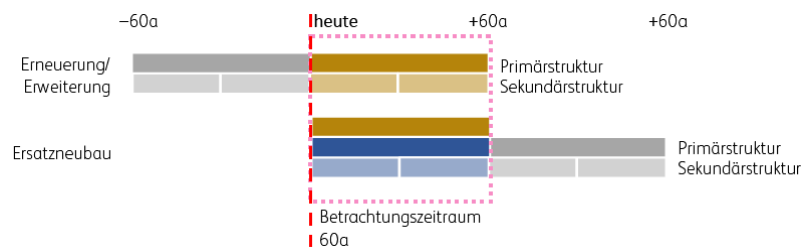


Fig. 10: Betrachtungszeitraum von 60 Jahren (pinkfarbenes Rechteck) bei einem Variantenvergleich von Primärstrukturen mit einer Amortisationszeit von 120 Jahren.

Diese Bilanzmethode entspricht nicht der SIA2032 und wäre in dieser Form nicht anwendbar für Zertifizierungen. Sie bildet aber die tatsächliche Lebensdauer der Bauteile für das genannte Anschauungsbeispiel besser ab.

1.5 Ergebnis Aufstockung

Die Aufstockung (5 Vollgeschosse + 1 Aufstockung) sind jeweils mit 60 Jahren und die Ersatzneubauten mit 120 Jahren Lebensdauer gerechnet. Der Unterschied zwischen den Aufstockungen ist minimal und kann nahezu vernachlässigt werden. Der Ersatzneubau aus Holz verursacht gegenüber der Ausgangsvarianten 3 % höhere Treibhausgasemissionen, bezogen auf kg CO₂-equ. / m²_{EBF} a. Der mineralische Ersatzneubau verursacht 5.36 kg CO₂-equ. / m²_{EBF} a und liegt damit 35 % über der Aufstockung in Holzbauweise.

Die absoluten Zahlen zeigen hier jedoch grössere Differenzen wie der folgenden Tabelle entnommen werden.

	Aufstockung Holzbau	Aufstockung Mauerwerk	Ersatzneubau Holzbauweise	Ersatzneubau Mineralisch
Jahre	60	60	120	120
kg CO ₂ -equ. / m ² _{EBF} a	3.47	3.5	3.57	5.36
kg CO ₂ -equ. / m ² _{EBF}	208.2	210	428.4	643.2
Einsparung in %	0	-1	-51	-67

Vergleich Aufstockung in verschiedener Ausführung und Ersatzneubau

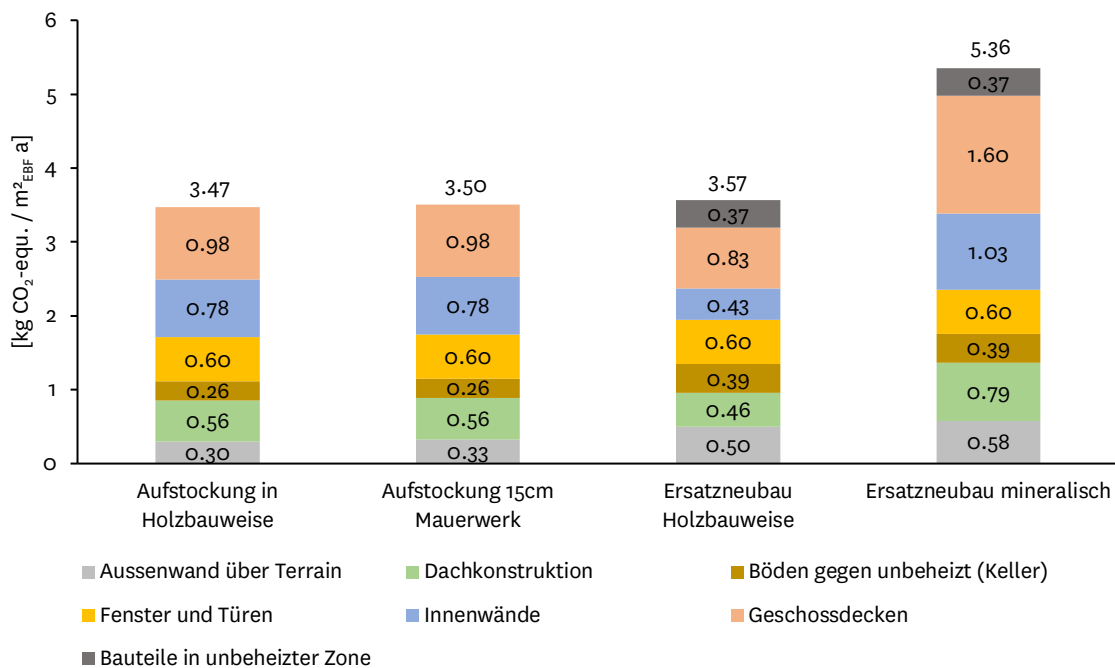


Fig. 11: Gegenüberstellung der Aufstockung mit Ersatzneubau und Ausführung mit 15cm Mauerwerk.

6. Fazit

Es zeigt sich, dass die Holzbauten im Vergleich zu ihrem mineralischen Zwilling immer besser abschneiden. Der Bereich der Einsparung liegt dabei zwischen 20 % und 24 %. Der Anteil einzelner Bauteil liegt dabei sogar höher und kann bis zu 38 % betragen. Hier muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass der mineralische Zwilling mit konservativen Bauteilstärken versehen wurde. Bei einer Bauteiloptimierung wie sie im Laufe eines Projektes erfolgt, wird die Einsparung geringer ausfallen.

In einer Gesamthaften Betrachtung verschiebt sich der Fokus bei der Holzbauweise auf die Ausführung des Untergeschosses. Je grösser dies ist, desto schlechter ist die gesamte Ökobilanz des Gebäudes. Dies trifft auch auf die Gebäudetechnik zu. Von durable durchgeführte Bilanzierungen zeigen, dass dieser Anteil Abhängig vom Ausbaustandard und Nutzung bei bis zu 40 % liegen kann.

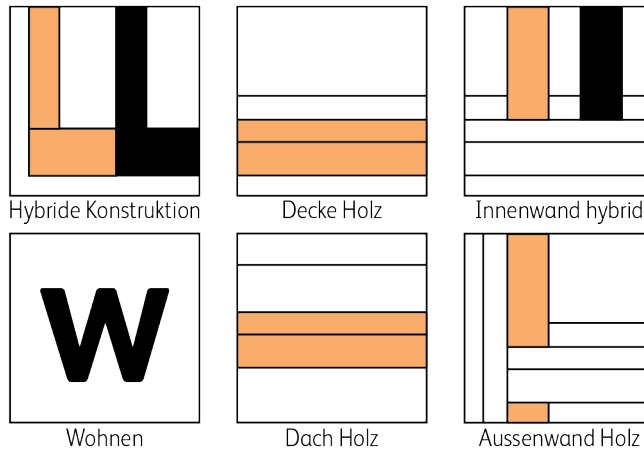
Ein wesentlicher Einfluss hat die Betrachtungszeit und der Flächenbezug in der Ökobilanz. Dies wird in der Betrachtung der Aufstockung ersichtlich. Dort ist ein relativer Vergleich also bezogen auf $\text{kg CO}_2\text{equ.} / \text{m}^2_{\text{EBF a}}$ nicht zielführend, da der Unterschied zwischen einem Ersatzneubau lediglich $0.1 \text{ kg CO}_2\text{-equ.} / \text{m}^2_{\text{EBF a}}$ beträgt. Bezugnehmend auf den Betrachtungszeitraum zeigt sich, dass die Einsparung bis zu 50% betragen kann.

Der Vergleich der Holzbauten mit ihren mineralischen Zwillingen zeigt das Potenzial von Holz zur Senkung der Treibhausgasemissionen, um das definierte Ziel Netto-Null einhalten zu können. Bei allen betrachteten Gebäuden und mit einer Ausnahme bei allen Bauteilen ist die Holzbauweise die bessere Option.

7. Fallbeispiele

Fallbeispiel 1

Übersicht



Nutzung Neubau Wohngebäude mit untergeordneter Gewerbenutzung

Erstellung 2021

Eigentümerin Privat

Standort Kleine und mittlere Zentren

Nachhaltigkeitsstandard Keine Zertifizierung

Typologie 3 Punktbauten, 6-geschossig

Konstruktionsbeschreibung Das Projekt umfasst drei 6-geschossige Bauten in Holzrahmenbauweise, welche durch einen gemeinsamen Betonsockel im Erdgeschoss verbunden werden. Dieser ist vollständig den Geschäftsflächen gewidmet. Vereinzelt sind in den Obergeschossen Verwaltungsflächen angeordnet. Bis auf das Untergeschoss, den Betonsockel sowie der treppenkern sind die Gebäude, inkl. Fassade, ausschliesslich in Holzbauweise gefertigt.

Bauteilbeschreibung

<i>Dach</i>	Holzelementbauweise beidseitig beplankt mit 20 cm Stärke, die Dämmstärke beträgt im Schnitt 20 cm und ist darüberliegend ausgeführt.
<i>Aussenwand</i>	Holzelementbauweise mit 26 cm Stärke, ausgefacht mit Mineralwolle. Das Holzfassadenkleid ist hinterlüftet.
<i>Geschossdecken</i>	Die Geschossdecken sind Holzelementdecken sind 20 cm stark. Zur Erfüllung der Schallschutznorm kommt eine 16 cm Splittschüttung in das Element.
<i>Innenwand</i>	Holzrahmenkonstruktion beidseitig beplankt mit Gipskartonplatten als Wohnungstrennwände mit 34.6 cm und als Zimmertrennwände mit 15 cm ausgeführt.

Flächenkennwerte

<i>GV</i>	20'000 – 30'000 m ³
<i>GF</i>	> 7'500m ²
<i>HNF</i>	2'500 – 5'000 m ²
<i>EBF</i>	5'000 – 7'500 m ²

**Ökologische Kennwerte
Gebäude**

	Holzbauweise	Mineralische Bauweise
<i>Treibhausgasemissionen</i>	9.5 kg/m ² _{EBFa}	11.5 kg/m ² _{EBFa}
<i>Kohlenstoff (als CO₂)</i>	3.25 kg/m ² _{EBFa}	0.36 kg/m ² _{EBFa}
<i>Graue Energie</i>	32.5 kWh/m ² _{EBFa}	36.9 kWh/m ² _{EBFa}

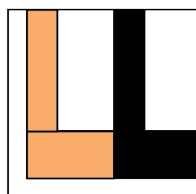
Bauteile oberirdisch

<i>Treibhausgasemissionen</i>	Holzbauweise	Mineralische Bauweise
<i>Dächer</i>	3.53 kg/ m ² _{BauteilA}	5.45 kg/ m ² _{BauteilA}
<i>Aussenwände</i>	1.06 kg/ m ² _{BauteilA}	2.03 kg/ m ² _{BauteilA}
<i>Geschossdecken</i>	1.79 kg/ m ² _{BauteilA}	2.70 kg/ m ² _{BauteilA}
<i>Innenwände</i>	0.88 kg/ m ² _{BauteilA}	1.42 kg/ m ² _{BauteilA}

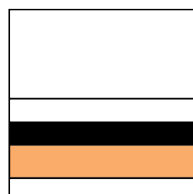
Einsparung pro Bauteil

<i>Dächer</i>	-35 %
<i>Aussenwände</i>	-48 %
<i>Geschossdecken</i>	-34 %
<i>Innenwände</i>	-38 %

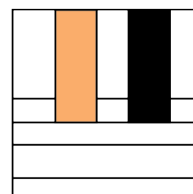
Fallbeispiel 2

Übersicht

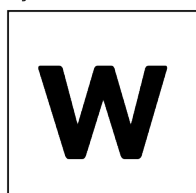
Hybride Konstruktion



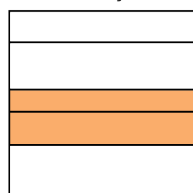
Decke hybrid



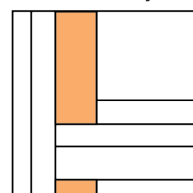
Innenwand hybrid



Wohnen



Dach Holz



Aussenwand Holz

Nutzung Wohnen*Erstellung* 2019*Eigentümerin* Privat*Standort* Agglomeration kleine und mittlere Zentren*Nachhaltigkeitsstandard* Minergie-P-ECO*Typologie* 4 Punktbauten, 4-geschossig

Konstruktionsbeschreibung Das Projekt umfasst vier Bauten, wovon eines ein reiner Holzbau und drei als Hybridbauten ausgeführt sind. Über eine Tiefgarage sind die Häuser miteinander verbunden.

Bauteilbeschreibung

Dach Ausgedämmte Holzelementdecken von insgesamt 24 cm Stärke, darüber Dämmung im Gefälle 12-25 cm.

Aussenwand Im Holzbau wurde die Aussenwand als vorgefertigte ausgedämmte Holzständerwand mit 28 cm Stärke konzipiert. Die Hybridbauten sind mit einem Metallständer von 10 cm Stärke ausgeführt und der vorgefertigte Holzständer von 18 cm wurde davorgesetzt und ausgedämmt. Beide Systeme setzen auf ein hinterlüftetes Fassadenkleid aus Holz.

Geschossdecken Im Holzbau kommen Holzelementdecken von insgesamt 26 cm zum Einsatz, welche mit Splitt ausgefüllt sind. Die Stahlbetondecke des Hybridbaus sind 28 cm stark.

Innenwand Holzrahmenbauweise im Holzbau, Backsteinwände im Hybridbau

Flächenkennwerte

<i>GV</i>	10'000 – 20'000 m ³
<i>GF</i>	2'500 – 5'000 m ²
<i>HNF</i>	2'500 – 5'000 m ²
<i>EBF</i>	2'500 – 5'000 m ²

**Ökologische Kennwerte
Gebäude**

	Holzbauweise	Mineralische Bauweise
<i>Treibhausgasemissionen</i>	9.2 kg/m ² _{EBFa}	10.4 kg/m ² _{EBFa}
<i>Kohlenstoff (als CO₂)</i>	1.96 kg/m ² _{EBFa}	0.35 kg/m ² _{EBFa}
<i>Graue Energie</i>	29.8 kWh/m ² _{EBFa}	31.3 kWh/m ² _{EBFa}

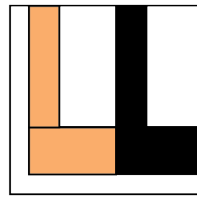
Bauteile oberirdisch

	Holzbauweise	Mineralische Bauweise
<i>Treibhausgasemissionen</i>		
<i>Dächer</i>	3.01 kg/m ² _{BauteilA}	4.59 kg/ m ² _{BauteilA}
<i>Aussenwände</i>	1.08 kg/ m ² _{BauteilA}	1.85 kg/ m ² _{BauteilA}
<i>Geschossdecken</i>	1.68 kg/ m ² _{BauteilA}	1.63 kg/ m ² _{BauteilA}
<i>Innenwände</i>	1.53 kg/ m ² _{BauteilA}	1.69 kg/ m ² _{BauteilA}

Einsparung pro Bauteil

<i>Dächer</i>	-34 %
<i>Aussenwände</i>	-41 %
<i>Geschossdecken</i>	+6 %
<i>Innenwände</i>	-9 %

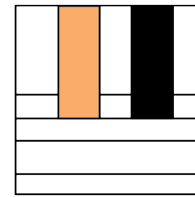
Fallbeispiel 3

Übersicht

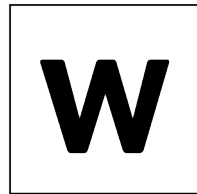
Hybride Konstruktion



Decke hybrid



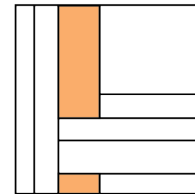
Innenwand hybrid



Wohnen



Dach Holz



Aussenwand Holz

Nutzung Wohnen*Erstellung* 2019*Eigentümerin* Institutionell*Standort* Agglomeration kleine und mittlere Zentren*Nachhaltigkeitsstandard* Gemäss Minergie-P jedoch nicht zertifiziert*Typologie* Punktbau, 4-geschossig

Konstruktionsbeschreibung Das Projekt umfasst ein 4-geschossiges Gebäude welches als Modulares Hybridbausystem aus Holz und Stahl ausgeführt ist. Das oberirdische Gebäudevolumen ist bis auf den Laubengang, die Balkone und das Treppenhaus vollständig in modularer Holzbauweise errichtet und dient der reinen Wohnnutzung. Das Gebäude ist vollständig unterkellert.

Bauteilbeschreibung

<i>Dach</i>	Ausführung in Holzmassivbauweise mit Gefällsdämmung mit einer mittleren Stärke von 20 cm. (Annahme)
<i>Aussenwand</i>	Ausführung in Holzrahmenbauweise mit eingelegter Wärmedämmung zwischen den Rahmen. Beim Fassadenkleid handelt es sich um eine hinterlüftete Holzfassade. (Annahme)
<i>Geschossdecken</i>	Massivholzbauweise als Modul ausgeführt. (Annahme)
<i>Innenwand</i>	Ausführung in Holzrahmenbauweise. Die tragende Stahlskelettstruktur wurde miteingerechnet. (Annahme)

Flächenkennwerte

<i>GV</i>	1'000 – 10'000 m ³
<i>GF</i>	1'000 – 2'500 m ²
<i>HNF</i>	1'000 – 2'500 m ²
<i>EBF</i>	1'000 – 2'500 m ²

**Ökologische Kennwerte
Gebäude**

	Holzbauweise	Mineralische Bauweise
<i>Treibhausgasemissionen</i>	9.4 kg/m ² _{EBFa}	10.4 kg/m ² _{EBFa}
<i>Kohlenstoff (als CO₂)</i>	5.5 kg/m ² _{EBFa}	0.4 kg/m ² _{EBFa}
<i>Graue Energie</i>	31.7 kWh/m ² _{EBFa}	32.5 kWh/m ² _{EBFa}

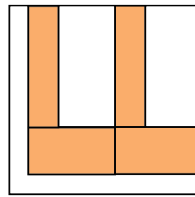
Bauteile oberirdisch

<i>Treibhausgasemissionen</i>	Holzbauweise	Mineralische Bauweise
<i>Dächer</i>	4.31 kg/ m ² _{BauteilA}	5.96 kg/ m ² _{BauteilA}
<i>Aussenwände</i>	2.23 kg/ m ² _{BauteilA}	2.42 kg/ m ² _{BauteilA}
<i>Geschossdecken</i>	1.6 kg/ m ² _{BauteilA}	2.73 kg/ m ² _{BauteilA}
<i>Innenwände</i>	1.96 kg/ m ² _{BauteilA}	1.74 kg/ m ² _{BauteilA}

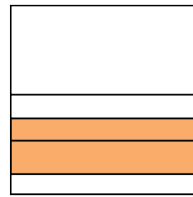
Einsparung pro Bauteil

<i>Dächer</i>	-28 %
<i>Aussenwände</i>	-4 %
<i>Geschossdecken</i>	-41 %
<i>Innenwände</i>	+12 %

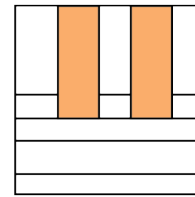
Fallbeispiel 4

Übersicht

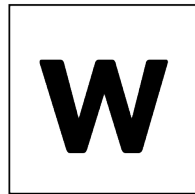
Holzkonstruktion



Decke Holz



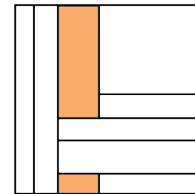
Innenwand Holz



Wohnen



Dach Holz



Aussenwand Holz

Nutzung Wohnen, MFH*Erstellung* 2022*Eigentümerin* Privat*Standort* Kleine und mittlere Zentren*Nachhaltigkeitsstandard* Minergie-A*Typologie* Punktbau, 4-geschossig

Konstruktionsbeschreibung Das Projekt umfasst ein 4-geschossiges Gebäude in Rahmenbauweise. Das oberirdische Gebäudevolumen ist vollständig in Holzbauweise errichtet und dient der reinen Wohnnutzung. Die Erschliessung der Einheiten erfolgt über einen ebenfalls in Holzbauweise ausgeführten Laubengang. Das Gebäude ist vollständig unterkellert und beherbergt neben diversen Räumlichkeiten eine Tiefgarage.

Bauteilbeschreibung

<i>Dach</i>	Ausführung in Holzmassivbauweise (12 cm Brettspertholz) mit Gefälldämmung mit einer mittleren Stärke von 20 cm.
<i>Aussenwand</i>	Ausführung in Holzrahmenbauweise mit 18 cm Wärmedämmung zwischen den Rahmen. Die innere Schale besteht aus einer 1.5 cm starken OSB-Platte. Die Rahmenkonstruktion wird gegen Aussen mit 6 cm starken Platten aufgedämmt. Die Fassade ist in Holz ausgeführt und hinterlüftet.
<i>Geschossdecken</i>	Die Geschossdecken wurden in Holzmassivbauweise (14-22 cm Brettspertholz) mit 8 cm Schüttung ausgeführt. Darüber wurde ein schwimmender Anhydritunterlagsboden gegossen.
<i>Innenwand</i>	Ausführung in Holzrahmenbauweise mit 15 cm Stärke (Zimmertrennwände) und 31.5 cm Stärke (Wohnungstrennwand).

Flächenkennwerte

<i>GV</i>	1'000 - 10'000 m ³
<i>GF</i>	1'000 - 2'500 m ²
<i>HNF</i>	1'000 - 2'500 m ²
<i>EBF</i>	1'000 - 2'500 m ²

**Ökologische Kennwerte
Gebäude**

	Holzbauweise	Mineralische Bauweise
<i>Treibhausgasemissionen</i>	7.1 kg/m ² _{EBFa}	9.4 kg/m ² _{EBFa}
<i>Kohlenstoff (als CO₂)</i>	1.1 kg/m ² _{EBFa}	0.1 kg/m ² _{EBFa}
<i>Graue Energie</i>	24.6 kWh/m ² _{EBFa}	27.9 kWh/m ² _{EBFa}

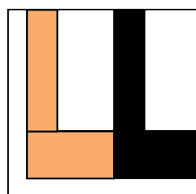
Bauteile oberirdisch

<i>Treibhausgasemissionen</i>	Holzbauweise	Mineralische Bauweise
<i>Dächer</i>	3.92 kg/ m ² _{BauteilA}	6.06 kg/ m ² _{BauteilA}
<i>Aussenwände</i>	1.10 kg/ m ² _{BauteilA}	2.72 kg/ m ² _{BauteilA}
<i>Geschossdecken</i>	1.87 kg/ m ² _{BauteilA}	3.57 kg/ m ² _{BauteilA}
<i>Innenwände</i>	1.47 kg/ m ² _{BauteilA}	1.85 kg/ m ² _{BauteilA}

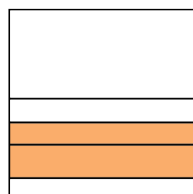
Einsparung pro Bauteil

<i>Dächer</i>	-35 %
<i>Aussenwände</i>	-60 %
<i>Geschossdecken</i>	-48 %
<i>Innenwände</i>	-21 %

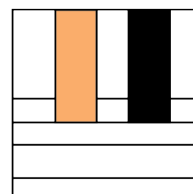
Fallbeispiel 5

Übersicht

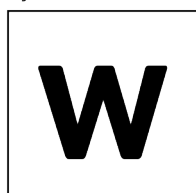
Hybride Konstruktion



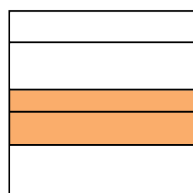
Decke Holz



Innenwand hybrid



Wohnen



Dach Holz



Aussenwand Holz

Nutzung Wohnen MFH*Erstellung* 2021*Eigentümerin* Genossenschaft*Standort* Grosszentren*Nachhaltigkeitsstandard* Gemäss Minergie-Eco jedoch nicht zertifiziert*Typologie* Blockrand, 6-geschossig

Konstruktionsbeschreibung Das Projekt umfasst ein 6-geschossiges Gebäude in Rahmenbauweise, welches an einen bestehenden Blockrand anschliesst. Das oberirdische Gebäudevolumen ist bis auf das Treppenhaus vollständig in Holzbauweise errichtet und dient der reinen Wohnnutzung. Im unterirdischen Gebäudeteil sind Keller und Technik angeordnet.

Bauteilbeschreibung

Dach Das Holzelementdach wird mit 24 cm Mineralfaserdämmung ausgeführt und beidseitig mit einer Dreischichtplatte beplankt. Das Element wird mit einer Gefälldämmung überdämmt.

Aussenwand Ausführung in Holzrahmenbauweise ausgefacht mit 20 cm Wärmedämmung und 8 cm Überdämmung gegen Aussen. Das Fassadenkleid weist unterschiedliche Gestaltungsweisen auf.

Geschossdecken Im Regelgeschoss wird eine 18 cm starke Massivholz mit 12 cm Splitt überschüttet. Darüber erfolgt ein herkömmlicher Bodenaufbau.

Innenwand Innerhalb der Nutzungseinheit einfache Holzrahmenbauweise, Erschliessungskerne sind in 25 cm Stahlbeton ausgeführt und zwischen zwei Nutzungseinheiten ein mehrschaliger Holzrahmenbau.

Flächenkennwerte

<i>GV</i>	10'000 - 20'000 m ³
<i>GF</i>	1'000 - 2'500 m ²
<i>HNF</i>	1'000 - 2'500 m ²
<i>EBF</i>	1'000 - 2'500 m ²

**Ökologische Kennwerte
Gebäude**

	Holzbauweise	Mineralische Bauweise
<i>Treibhausgasemissionen</i>	7.1 kg/m ² _{EBFa}	9.1 kg/m ² _{EBFa}
<i>Kohlenstoff (als CO₂)</i>	4.0 kg/m ² _{EBFa}	0.4 kg/m ² _{EBFa}
<i>Graue Energie</i>	25.9 kWh/m ² _{EBFa}	28.7 kWh/m ² _{EBFa}

Bauteile oberirdisch

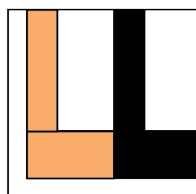
	Holzbauweise	Mineralische Bauweise
<i>Treibhausgasemissionen</i>		
<i>Oberste Geschossdecke</i>	2.07 kg/ m ² _{BauteilA}	5.16 kg/ m ² _{BauteilA}
<i>Aussenwände</i>	1.20 kg/ m ² _{BauteilA}	1.60 kg/ m ² _{BauteilA}
<i>Geschossdecken</i>	1.34 kg/ m ² _{BauteilA}	2.57 kg/ m ² _{BauteilA}
<i>Innenwände</i>	1.36 kg/ m ² _{BauteilA}	1.46 kg/ m ² _{BauteilA}

Einsparung pro Bauteil

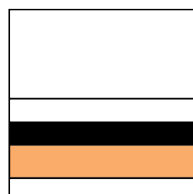
<i>Dächer</i>	-60 %
<i>Aussenwände</i>	-25 %
<i>Geschossdecken</i>	-39 %
<i>Innenwände</i>	- 7 %

Fallbeispiel 6

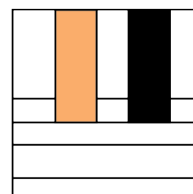
Übersicht



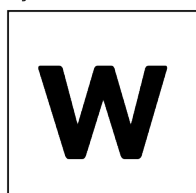
Hybride Konstruktion



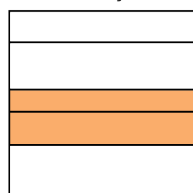
Decke hybrid



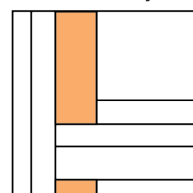
Innenwand hybrid



Wohnen



Dach Holz



Aussenwand Holz

Nutzung Wohnen, MFH

Erstellung 2021

Eigentümerin Genossenschaft

Standort Grosszentren

Nachhaltigkeitsstandard Keine Zertifizierung

Typologie 2 Zeilen, 5-geschossig

Konstruktionsbeschreibung Das Projekt umfasst zwei 5-geschossige, zeilenförmige Bauten Holzmodulbauweise, welche durch ein gemeinsames Untergeschoss in Massivbauweise verbunden werden. Bis auf das Untergeschoss und den Kern sind die Gebäude, inkl. Fassade, in Holzbauweise gefertigt. Die Geschossdecken sind als Holz-Beton-Verbund-Decken ausgeführt.

Bauteilbeschreibung

Dach Die Satteldächer sind in Holzelementbauweise ausgeführt. Die Dämmstärke beträgt 24 cm.

Aussenwand Ausführung in Holzrahmenbauweise ausgefacht mit 24 cm Wärmedämmung zwischen den Rahmen. Die beidseitige Beplankung wurde mit Gipsfaserplatten ausgeführt. Das Fassadenkleid ist aus Holz und hinterlüftet.

Geschossdecken Erstellt als Holz-Beton-Verbund-Decken mit 12 cm Massivholzplatten sowie 12 cm Überbeton. Der darüberliegende Bodenaufbau ist konventionell.

Innenwand Alle nicht tragende Innenwände sind als einfache Holzrahmenkonstruktion ausgeführt. Der Treppenhauskern besteht aus 25 cm Stahlbetonwänden.

Flächenkennwerte

<i>GV</i>	20'000 - 30'000 m ³
<i>GF</i>	> 7'500 m ²
<i>HNF</i>	5'000 - 7'500 m ²
<i>EBF</i>	5'000 - 7'500 m ²

**Ökologische Kennwerte
Gebäude**

	Holzbauweise	Mineralische Bauweise
<i>Treibhausgasemissionen</i>	7.7 kg/m ² _{EBFa}	10.7 kg/m ² _{EBFa}
<i>Kohlenstoff (als CO₂)</i>	3.0 kg/m ² _{EBFa}	0.3 kg/m ² _{EBFa}
<i>Graue Energie</i>	26.2 kWh/m ² _{EBFa}	34.5 kWh/m ² _{EBFa}

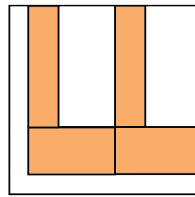
Bauteile oberirdisch

	Holzbauweise	Mineralische Bauweise
<i>Treibhausgasemissionen</i>		
<i>Dach</i>	0.95 kg/ m ² _{BauteilA}	4.8 kg/ m ² _{BauteilA}
<i>Aussenwände</i>	0.97 kg/ m ² _{BauteilA}	2.00 kg/ m ² _{BauteilA}
<i>Geschossdecken</i>	1.80 kg/ m ² _{BauteilA}	2.66 kg/ m ² _{BauteilA}
<i>Innenwände</i>	0.78 kg/ m ² _{BauteilA}	1.4 kg/ m ² _{BauteilA}

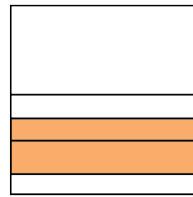
Einsparung pro Bauteil

<i>Dächer</i>	-80%
<i>Aussenwände</i>	-52 %
<i>Geschossdecken</i>	-32 %
<i>Innenwände</i>	-44 %

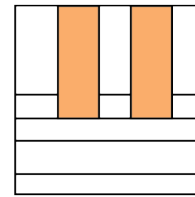
Fallbeispiel 7

Übersicht

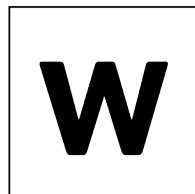
Holzkonstruktion



Decke Holz



Innenwand Holz



Wohnen



Dach Holz



Aussenwand Holz

Nutzung Wohngebäude*Erstellung* 2022*Eigentümerin* Institution*Standort* Kleine und mittlere Zentren*Nachhaltigkeitsstandard* SNBS Platin*Typologie* 2 Zeilen, 3-5-geschossig*Konstruktionsbeschreibung* Holzbauweise mit einer hinterlüfteten Fassade als Holzrahmenkonstruktion und einem gemeinsamen Untergeschoss in Massivbauweise.**Bauteilbeschreibung**

<i>Dach</i>	Flachdach ist in Holzelementbauweise ausgeführt. Die darüberliegende Wärmedämmung ist als Gefälle ausgeführt und hat eine mittlere Stärke von 20 cm.
<i>Aussenwand</i>	Ausführung in Holzrahmenbauweise mit 26 cm Wärmedämmung zwischen den Rahmen und beidseitig mit Gipsfaserplatten beplankt. Die Holzfassade ist hinterlüftet.
<i>Geschossdecken</i>	Die Decken sind in Holzelementbauweise ausgeführt. Eine 14 cm Schüttung bringt die für die Einhaltung der Schalldämmwerte benötigte Masse ins Bauteil hinein.
<i>Innenwand</i>	Alle Innenwände sind als Holzrahmenkonstruktion ausgeführt.

Flächenkennwerte

<i>GV</i>	> 30'000 m ³
<i>GF</i>	> 7'500 m ²
<i>HNF</i>	> 7'500 m ²
<i>EBF</i>	> 7'500 m ²

**Ökologische Kennwerte
Gebäude**

	Holzbauweise	Mineralische Bauweise
<i>Treibhausgasemissionen</i>	6.3 kg/m ² _{EBFa}	8.1 kg/m ² _{EBFa}
<i>Kohlenstoff (als CO₂)</i>	3.6 kg/m ² _{EBFa}	0.3 kg/m ² _{EBFa}
<i>Graue Energie</i>	23.6 kWh/m ² _{EBFa}	25.9 kWh/m ² _{EBFa}

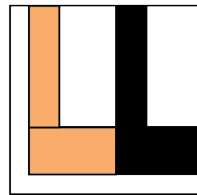
Bauteile oberirdisch

	Holzbauweise	Mineralische Bauweise
<i>Treibhausgasemissionen</i>		
<i>Dach</i>	2.97 kg/ m ² _{BauteilA}	4.84 kg/ m ² _{BauteilA}
<i>Aussenwände</i>	1.36 kg/ m ² _{BauteilA}	2.10 kg/ m ² _{BauteilA}
<i>Geschossdecken</i>	1.79 kg/ m ² _{BauteilA}	2.26 kg/ m ² _{BauteilA}
<i>Innenwände</i>	0.82 kg/ m ² _{BauteilA}	1.33 kg/ m ² _{BauteilA}

Einsparung pro Bauteil

<i>Dächer</i>	-39 %
<i>Aussenwände</i>	-35 %
<i>Geschossdecken</i>	-20 %
<i>Innenwände</i>	-39 %

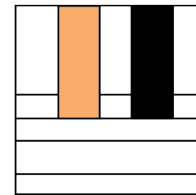
Fallbeispiel 8

Übersicht

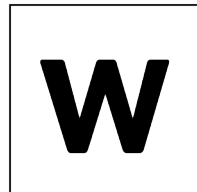
Hybride Konstruktion



Decke hybrid



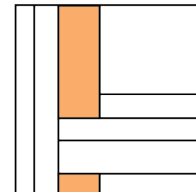
Innenwand hybrid



Wohnen



Dach Holz



Aussenwand Holz

Nutzung Wohnen, MFH*Erstellung* 2021*Eigentümerin* Institutionell*Standort* Agglomeration kleine und mittlere Zentren*Nachhaltigkeitsstandard* Minergie*Typologie* 3 Punktbauten, 5- bzw. 7-geschossig

Konstruktionsbeschreibung Das Projekt umfasst zwei 5- und einen 7-geschossigen, Punktbau in Rahmenbauweise, welche durch ein gemeinsames Untergeschoss in Massivbauweise verbunden werden. Bis auf das Untergeschoss und den Kern sind die Gebäude, inkl. Fassade, ausschliesslich in Holzbauweise gefertigt. Die Geschossdecken werden als Holz-Beton-Verbunddecken erstellt.

Bauteilbeschreibung

<i>Dach</i>	22 cm Brettschichtholzelemente mit durchschnittlich 20 cm Überdämmung und einer extensiven Begrünung
<i>Aussenwand</i>	Holzrahmenbauweise ausgefacht mit 28 cm Wärmedämmung. Die Rahmenkonstruktion ist beidseitig mit einer Holzwerkstoffplatte beplankt, das Holzfasadenkleid ist hinterlüftet.
<i>Geschossdecken</i>	12 cm starke Brettschichtholzplatten mit 16 cm Überbeton als Holz-Beton-Verbunddecke ausgeführt.
<i>Innenwand</i>	Alle nicht tragende Innenwände sind als einfache Holzrahmenkonstruktion ausgeführt. Der Treppenhauskern besteht aus 25 cm Stahlbeton.

Flächenkennwerte

<i>GV</i>	20'000 – 30'000 m ³
<i>GF</i>	> 7'500 m ²
<i>HNF</i>	5'000 – 7'500 m ²
<i>EBF</i>	5'000 – 7'500 m ²

**Ökologische Kennwerte
Gebäude**

	Holzbauweise	Mineralische Bauweise
<i>Treibhausgasemissionen</i>	8.0 kg/m ² _{EBFa}	10.0 kg/m ² _{EBFa}
<i>Kohlenstoff (als CO₂)</i>	4.4 kg/m ² _{EBFa}	0.4 kg/m ² _{EBFa}
<i>Graue Energie</i>	28.3 kWh/m ² _{EBFa}	32.1 kWh/m ² _{EBFa}

Bauteile oberirdisch

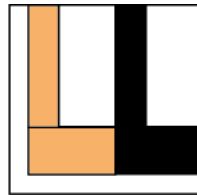
	Holzbauweise	Mineralische Bauweise
<i>Treibhausgasemissionen</i>		
<i>Dach</i>	2.33 kg/ m ² _{BauteilA}	3.53 kg/ m ² _{BauteilA}
<i>Aussenwände</i>	0.77 kg/ m ² _{BauteilA}	1.14 kg/ m ² _{BauteilA}
<i>Geschossdecken</i>	1.8 kg/ m ² _{BauteilA}	2.09 kg/ m ² _{BauteilA}
<i>Innenwände</i>	0.59 kg/ m ² _{BauteilA}	0.99 kg/ m ² _{BauteilA}

Einsparung pro Bauteil

<i>Dächer</i>	-34 %
<i>Aussenwände</i>	-45 %
<i>Geschossdecken</i>	-14 %
<i>Innenwände</i>	-41 %

Fallbeispiel 9

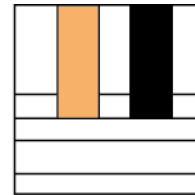
Übersicht



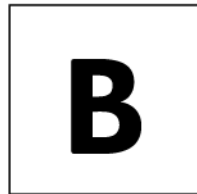
Hybride Konstruktion



Decke hybrid



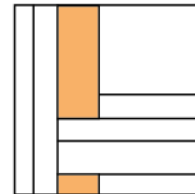
Innenwand hybrid



Büro / Gewerbe



Dach Holz



Aussenwand Holz

Nutzung Wohngebäude mit untergeordneter Gewerbenutzung

Erstellung 2022

Eigentümerin Institutionell

Standort Agglomeration Grosszentren

Nachhaltigkeitsstandard Minergie

Typologie Achtgeschossiger Punktbau

Konstruktionsbeschreibung Das Projekt umfasst ein 8-geschossiges, punktförmiges Gebäude in Holzrahmenbauweise mit aussteifenden Betonkern. Das Erdgeschoss sowie das Untergeschoss sind ebenfalls mittels Beton erstellt. Bei den Geschossdecken handelt es sich um Holzverbunddecken. Das Erdgeschoss ist vollständig den Gewerbeflächen gewidmet. Die Obergeschosse nehmen die Wohnnutzung auf.

Bauteilbeschreibung

Dach Der Aufbau der Flachdachkonstruktion setzt sich aus der Tragkonstruktion aus 22 cm Brettstapelholz und einer 16-24 cm starken Gefälldämmung zusammen. Das Flachdach ist extensiv begrünt.

Aussenwand Die Regelgeschosse bestehen aus einer Holzrahmenkonstruktion, mit 26 cm Dämmstärke und hinterlüfteter Holzfassade. Das Erdgeschoss ist als Pfostenriegelfassade ausgeführt.

Geschossdecken Die Geschossdecken im Regelgeschoss sind als Holzbetonverbunddecken ausgeführt und setzen sich aus 14 cm Brettsperrholz und 12 cm Überbeton zusammen. Die Geschossdecke über dem Unter- und Erdgeschoss sind mit armiertem Beton ausgeführt.

Innenwand Ausführung in Holzbauweise mit 20.5 cm Stärke (Zimmertrennwände) und 31.5cm Stärke (Wohnungstrennwand).

Flächenkennwerte

<i>GV</i>	1'000 - 10'000 m ³
<i>GF</i>	2'500 - 5'000 m ²
<i>HNF</i>	1'000 - 2'500 m ²
<i>EBF</i>	2'500 - 5'000 m ²

**Ökologische Kennwerte
Gebäude**

	Holzbauweise	Mineralische Bauweise
<i>Treibhausgasemissionen</i>	7.9 kg/m ² _{EBFa}	9.6 kg/m ² _{EBFa}
<i>Kohlenstoff (als CO₂)</i>	2.7 kg/m ² _{EBFa}	0.3 kg/m ² _{EBFa}
<i>Graue Energie</i>	26.6 kWh/m ² _{EBFa}	30.1 kWh/m ² _{EBFa}

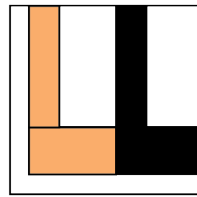
Bauteile oberirdisch

<i>Treibhausgasemissionen</i>	Holzbauweise	Mineralische Bauweise
<i>Dach</i>	3.85 kg/ m ² _{BauteilA}	4.71 kg/ m ² _{BauteilA}
<i>Aussenwände</i>	1.13 kg/ m ² _{BauteilA}	2.03 kg/ m ² _{BauteilA}
<i>Geschossdecken</i>	1.7 kg/ m ² _{BauteilA}	2.82 kg/ m ² _{BauteilA}
<i>Innenwände</i>	0.91 kg/ m ² _{BauteilA}	1.39 kg/ m ² _{BauteilA}

Einsparung pro Bauteil

<i>Dächer</i>	-18 %
<i>Aussenwände</i>	-44 %
<i>Geschossdecken</i>	-40 %
<i>Innenwände</i>	-35 %

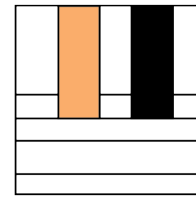
Fallbeispiel 10

Übersicht

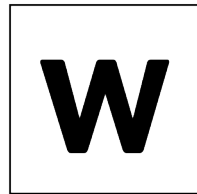
Hybride Konstruktion



Decke Holz



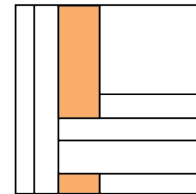
Innenwand hybrid



Wohnen



Dach Holz



Aussenwand Holz

Nutzung Wohnen*Erstellung* 2021*Eigentümerin* Genossenschaft*Standort* Peripherie*Nachhaltigkeitsstandard* Minergie*Typologie* 2 Punktbauten, 4-geschossig

Konstruktionsbeschreibung Das Projekt umfasst zwei 4-geschossige Bauten in Rahmenbauweise, welche durch ein gemeinsames Untergeschoss in Massivbauweise verbunden werden. Bis auf das Untergeschoss und die Treppenhäuser sind die Gebäude ausschliesslich in Holzbauweise gefertigt.

Bauteilbeschreibung

Dach Das Flachdach ist in Holzelementbauweise ausgeführt. Die darüberliegende Wärmedämmung hat eine mittlere Stärke von 20 cm.

Aussenwand Die ausgedämmt Holzrahmenbauweise ist 26 cm stark und beidseitig mit Gipsfaserplatten beplankt. Die hinterlüftete Fassade ist Welleternit verkleidet.

Geschossdecken Die Decken sind in Holzelementbauweise ausgeführt. Eine 14 cm Schüttung bringt die für die Einhaltung der Schalldämmwerte benötigte Masse ins Bauteil hinein.

Innenwand Ausführung in Holzrahmenbauweise mit 15 cm Stärke (Zimmertrennwände) und 31.5 cm Stärke (Wohnungstrennwand).

Flächenkennwerte

<i>GV</i>	10'000 – 20'000 m ³
<i>GF</i>	2'500 – 5'000 m ²
<i>HNF</i>	1'000 – 2'500 m ²
<i>EBF</i>	1'000 – 2'500 m ²

**Ökologische Kennwerte
Gebäude**

	Holzbauweise	Mineralische Bauweise
<i>Treibhausgasemissionen</i>	8.9 kg/m ² _{EBFa}	10.4 kg/m ² _{EBFa}
<i>Kohlenstoff (als CO₂)</i>	0.9 kg/m ² _{EBFa}	0.2 kg/m ² _{EBFa}
<i>Graue Energie</i>	32.7 kWh/m ² _{EBFa}	33.15 kWh/m ² _{EBFa}

Bauteile oberirdisch

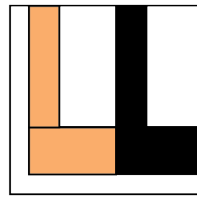
<i>Treibhausgasemissionen</i>	Holzbauweise	Mineralische Bauweise
<i>Dach</i>	3.91 kg/ m ² _{BauteilA}	7.97 kg/ m ² _{BauteilA}
<i>Aussenwände</i>	2.10 kg/ m ² _{BauteilA}	2.90 kg/ m ² _{BauteilA}
<i>Geschossdecken</i>	2.71 kg/ m ² _{BauteilA}	3.24 kg/ m ² _{BauteilA}
<i>Innenwände</i>	1.92 kg/m ² _{BauteilA}	2.05 kg/ m ² _{BauteilA}

Einsparung pro Bauteil

<i>Dächer</i>	-51 %
<i>Aussenwände</i>	-28 %
<i>Geschossdecken</i>	-16 %
<i>Innenwände</i>	-6 %

Fallbeispiel 11

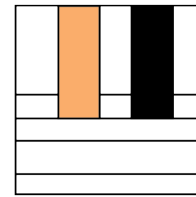
Übersicht



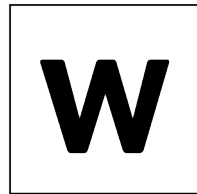
Hybride Konstruktion



Decke hybrid



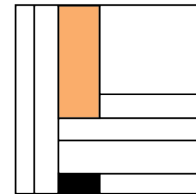
Innenwand hybrid



Wohnen



Dach hybrid



Aussenwand hybrid

Nutzung Wohnen

Erstellung 2020

Eigentümerin Institution

Standort Peripherie

Nachhaltigkeitsstandard Keine Zertifizierung

Typologie 2 Zeilen, 3-geschossig, 1 Punktbau, 5-geschossig

Konstruktionsbeschreibung Das Projekt umfasst zwei 3-geschossige, linienförmige Gebäude in Holzrahmenbauweise und ein untergeordnetes, punktförmiges, 5-geschossiges Gebäude in Massivbauweise. Die drei Gebäude werden über ein gemeinsames Untergeschoss in Massivbauweise verbunden, wobei die schon vorhandene Einstellhalle weiter genutzt wird. Die oberirdischen Geschosse dienen der reinen Wohnnutzung. Die Erschliessung der Zeilenbauten erfolgt über einen in Holz ausgeführten Laubengang mit Betonerschliessungen.

Bauteilbeschreibung

Dach Das Flachdach der Zeilenbauten ist in ausgedämmter Holzrahmenbauweise ausgeführt. Die Dämmung ist im Gefälle verlegt. Beim Punktbau wurde das Dach in 24 cm Beton mit durchschnittlich 20 cm Dämmung im Gefälle ausgeführt.

Aussenwand Ausführung in Holzrahmenbauweise welche mit 26 cm Wärmedämmung ausgefacht und beidseitig mit OSB-Platten beplankt ist. Die Holzfassade ist hinterlüftet. Der Massivbau ist als Wärmedämmverbundsystem teils mit Backsteinen und teils mit Beton umgesetzt.

Geschossdecken Die Decken sind in Holzelementbauweise ausgeführt. Eine 14 cm Schüttung bringt die für die Einhaltung der Schalldämmwerte benötigte Masse ins Bauteil hinein. Beim Massivbau wird auf 24 cm starke Betondecken gesetzt.

Innenwand Ausführung in Holzrahmenbauweise mit 15 cm Stärke (Zimmertrennwände) und 31.5 cm Stärke (Wohnungstrennwand), im Massivbau mit Betonwänden (25 cm Stärke) als Wohnungstrennwand und Backsteinwänden als Zimmertrennwand

Flächenkennwerte

<i>GV</i>	20'000 – 30'000 m ³
<i>GF</i>	5'000 – 7'500 m ²
<i>HNF</i>	2'500 – 5'000 m ²
<i>EBF</i>	2'500 – 5'000 m ²

**Ökologische Kennwerte
Gebäude**

	Holzbauweise	Mineralische Bauweise
<i>Treibhausgasemissionen</i>	5.5 kg/m ² _{EBFa}	6.9 kg/m ² _{EBFa}
<i>Kohlenstoff (als CO₂)</i>	2.2 kg/m ² _{EBFa}	0.23 kg/m ² _{EBFa}
<i>Graue Energie</i>	18.9 kWh/m ² _{EBFa}	21.5 kWh/m ² _{EBFa}

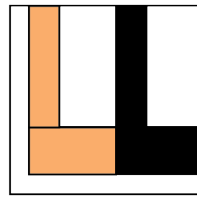
Bauteile oberirdisch

	Holzbauweise	Mineralische Bauweise
<i>Treibhausgasemissionen</i>		
<i>Dach</i>	2.42 kg/ m ² _{BauteilA}	3.93 kg/ m ² _{BauteilA}
<i>Aussenwände</i>	1.32 kg/ m ² _{BauteilA}	1.79 kg/ m ² _{BauteilA}
<i>Geschossdecken</i>	0.94 kg/ m ² _{BauteilA}	2.26 kg/ m ² _{BauteilA}
<i>Innenwände</i>	0.84 kg/m ² _{BauteilA}	1.22 kg/ m ² _{BauteilA}

Einsparung pro Bauteil

<i>Dächer</i>	-38 %
<i>Aussenwände</i>	-26 %
<i>Geschossdecken</i>	-58 %
<i>Innenwände</i>	-31 %

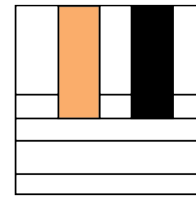
Fallbeispiel 12

Übersicht

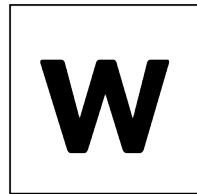
Hybride Konstruktion



Decke Holz



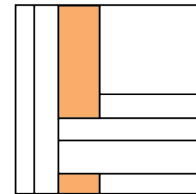
Innenwand hybrid



Wohnen



Dach Holz



Aussenwand Holz

Nutzung Wohnen, MFH*Erstellung* 2022*Eigentümerin* Institutionell*Standort* Agglomeration Grosszentren*Nachhaltigkeitsstandard* Nicht zertifiziert*Typologie* 12 Punktbauten, 3-geschossig

Konstruktionsbeschreibung Das Projekt umfasst zwölf 3-geschossigen Bauten in Rahmenbauweise, wovon jeweils sechs davon durch ein teilweise 2-geschossiges, gemeinsames Untergeschoss in Massivbauweise verbunden werden. Bis auf die Untergeschosse und die Kerne sind die Gebäude ausschliesslich in Holzbauweise gefertigt.

Bauteilbeschreibung

Dach 16 cm Massivholzplatten werden mit durchschnittlich 20 cm überdämmt. Das Flachdach wird extensiv begrünt.

Aussenwand Holzrahmenbauweise mit 24 cm Mineralfaserdämmung ausgefacht. Die Konstruktion ist beidseitig mit Holzwerkstoffplatten beplankt. Beim Fassadenkleid handelt es sich um eine hinterlüftete Eternitplattenfassade.

Geschossdecken 18 cm starke Massivholz mit 12 cm Kalksplitt überschüttet. Darüber ist ein konventioneller Bodenaufbau ausgeführt worden.

Innenwand Ausführung in Holzrahmenbauweise mit 10 cm Stärke (Zimmertrennwände) und 20.5 cm Stärke (Wohnungstrennwand).

Flächenkennwerte

<i>GV</i>	> 30'000 m ³
<i>GF</i>	> 7'500 m ²
<i>HNF</i>	5'000 – 7'500 m ²
<i>EBF</i>	5'000 – 7'500 m ²

**Ökologische Kennwerte
Gebäude**

	Holzbauweise	Mineralische Bauweise
<i>Treibhausgasemissionen</i>	8.0 kg/m ² _{EBFA}	9.7 kg/m ² _{EBFA}
<i>Kohlenstoff (als CO₂)</i>	2.4 kg/m ² _{EBFA}	0.3 kg/m ² _{EBFA}
<i>Graue Energie</i>	28.8 kWh/m ² _{EBFA}	31.7 kWh/m ² _{EBFA}

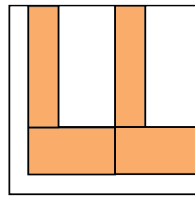
Bauteile oberirdisch

	Holzbauweise	Mineralische Bauweise
<i>Treibhausgasemissionen</i>		
<i>Dach</i>	4.61 kg/ m ² _{BauteilA}	5.23 kg/ m ² _{BauteilA}
<i>Aussenwände</i>	1.41 kg/ m ² _{BauteilA}	1.94 kg/ m ² _{BauteilA}
<i>Geschossdecken</i>	1.43 kg/ m ² _{BauteilA}	2.59 kg/ m ² _{BauteilA}
<i>Innenwände</i>	1.03 kg/m ² _{BauteilA}	1.40 kg/ m ² _{BauteilA}

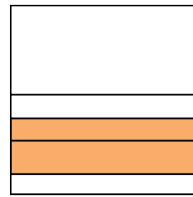
Einsparung pro Bauteil

<i>Dächer</i>	-12 %
<i>Aussenwände</i>	-27 %
<i>Geschossdecken</i>	-45 %
<i>Innenwände</i>	-27 %

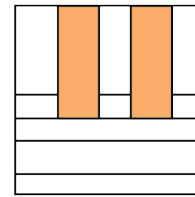
Fallbeispiel 13

Übersicht

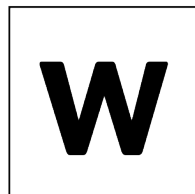
Holzkonstruktion



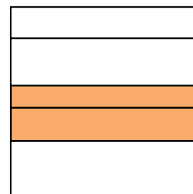
Decke Holz



Innenwand Holz



Wohnen



Dach Holz



Aussenwand Holz

Nutzung Wohnen, MFH*Erstellung* 2022*Eigentümerin* Genossenschaft*Standort* Peripherie*Nachhaltigkeitsstandard* Minergie-P*Typologie* Punktbau, 3-geschossig

Konstruktionsbeschreibung Das Projekt umfasst ein 3-geschossiges Gebäude in Rahmenbauweise mit einem Untergeschoss in Massivbauweise. Bis auf das Untergeschoss und der Erschliessungskern ist das Gebäude ausschliesslich in Holzbauweise gefertigt.

Bauteilbeschreibung

Dach Holzbalkendach von innen auf Sicht mit Dreischichtplatten darüber, welche mit durchschnittlich 18 cm Stärke überdämmt ist.

Aussenwand Holzrahmenbauweise mit einer Dämmung ausgefacht. Die Konstruktion ist beidseitig beplankt. Beim Fassadenkleid handelt es sich um eine hinterlüftete Holzfassade.

Geschossdecken Holzbalkendecke auf Sicht mit Dreischichtplatten darüber, welche wiederum mit Splitt überschüttet werden. Der darüberliegende Bodenaufbau ist konventionell.

Innenwand Ausführung in Holzrahmenbauweise (Annahme).

Flächenkennwerte

<i>GV</i>	1'000 – 10'000 m ³
<i>GF</i>	2'500 – 5'000 m ²
<i>HNF</i>	1'000 – 2'500 m ²
<i>EBF</i>	1'000 – 2'500 m ²

**Ökologische Kennwerte
Gebäude**

	Holzbauweise	Mineralische Bauweise
<i>Treibhausgasemissionen</i>	7.5 kg/m ² _{EBFa}	9.5 kg/m ² _{EBFa}
<i>Kohlenstoff (als CO₂)</i>	1.8 kg/m ² _{EBFa}	0.49 kg/m ² _{EBFa}
<i>Graue Energie</i>	26.7 kWh/m ² _{EBFa}	31.1 kWh/m ² _{EBFa}

Bauteile oberirdisch

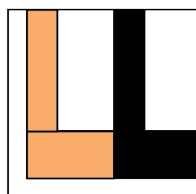
	Holzbauweise	Mineralische Bauweise
<i>Treibhausgasemissionen</i>		
<i>Dach</i>	3.60 kg/ m ² _{BauteilA}	5.31 kg/ m ² _{BauteilA}
<i>Aussenwände</i>	2.66 kg/ m ² _{BauteilA}	2.78 kg/ m ² _{BauteilA}
<i>Geschossdecken</i>	1.44 kg/ m ² _{BauteilA}	2.34 kg/ m ² _{BauteilA}
<i>Innenwände</i>	1.05 kg/m ² _{BauteilA}	1.43 kg/ m ² _{BauteilA}

Einsparung pro Bauteil

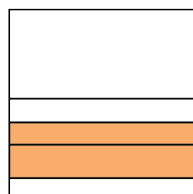
<i>Dächer</i>	-32 %
<i>Aussenwände</i>	-4 %
<i>Geschossdecken</i>	-38 %
<i>Innenwände</i>	-27 %

Fallbeispiel 14

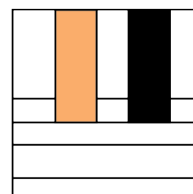
Übersicht



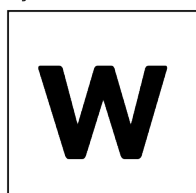
Hybride Konstruktion



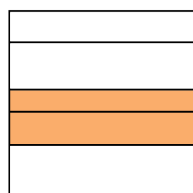
Decke Holz



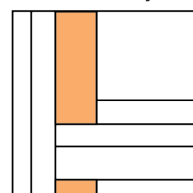
Innenwand hybrid



Wohnen



Dach Holz



Aussenwand Holz

Nutzung Wohnen, etwas Gewerbenutzung

Erstellung 2019

Eigentümerin Institutionell

Standort Agglomeration kleine und mittlere Zentren

Nachhaltigkeitsstandard Minergie

Typologie Blockrand, 6-geschossig

Konstruktionsbeschreibung Das Projekt umfasst eine 6-geschossige, an einer Seite offene, Blockrandbebauung in Rahmenbauweise, mit einem Untergeschoss. Bis auf das Untergeschoss, das Erdgeschoss und die Treppenhäuser ist das Gebäude ausschliesslich in Holzbauweise gefertigt, welcher sich durch einen hohen Vorfertigungsgrad auszeichnet.

Bauteilbeschreibung

Dach 26 cm starke Brettschichtholzplatten, welche mit durchschnittlich 20 cm Dämmung überdeckt wird. Das Flachdach ist extensiv begrünt.

Aussenwand Holzrahmenbauweise mit einer 28 cm starken Zellulosedämmung ausgefacht. Die Konstruktion ist beidseitig beplankt. Beim Fassadenkleid handelt es sich um eine Blechfassade.

Geschossdecken 26 cm starke Brettschichtholzdecken, welche mit 8 cm Schüttung überdeckt werden. Der darüberliegende Bodenaufbau ist konventionell.

Innenwand Zimmertrennwände in Holzrahmenbauweise, Wohnungstrennwände als Wandscheiben mit Brettsperrholz ausgeführt. Beide Typen werden mit Gipsplatten beplankt.

Flächenkennwerte

<i>GV</i>	> 30'000 m ³
<i>GF</i>	> 7'500 m ²
<i>HNF</i>	> 7'500 m ²
<i>EBF</i>	> 7'500 m ²

**Ökologische Kennwerte
Gebäude**

	Holzbauweise	Mineralische Bauweise
<i>Treibhausgasemissionen</i>	5.9 kg/m ² _{EBFa}	7.5 kg/m ² _{EBFa}
<i>Kohlenstoff (als CO₂)</i>	4.0 kg/m ² _{EBFa}	0.2 kg/m ² _{EBFa}
<i>Graue Energie</i>	20.0 kWh/m ² _{EBFa}	22.8 kWh/m ² _{EBFa}

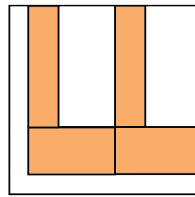
Bauteile oberirdisch

	Holzbauweise	Mineralische Bauweise
<i>Treibhausgasemissionen</i>		
<i>Dach</i>	1.0 kg/ m ² _{BauteilA}	4.72 kg/ m ² _{BauteilA}
<i>Aussenwände</i>	2.66 kg/ m ² _{BauteilA}	2.78 kg/ m ² _{BauteilA}
<i>Geschossdecken</i>	1.77 kg/ m ² _{BauteilA}	2.58 kg/ m ² _{BauteilA}
<i>Innenwände</i>	1.09 kg/m ² _{BauteilA}	1.40 kg/ m ² _{BauteilA}

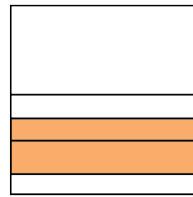
Einsparung pro Bauteil

<i>Dächer</i>	-79 %
<i>Aussenwände</i>	+24 %
<i>Geschossdecken</i>	-31 %
<i>Innenwände</i>	-23 %

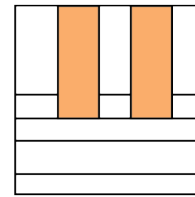
Fallbeispiel 15

Übersicht

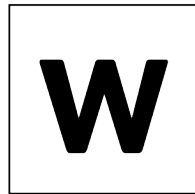
Holzkonstruktion



Decke Holz



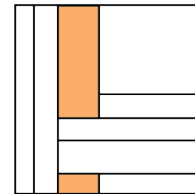
Innenwand Holz



Wohnen



Dach Holz



Aussenwand Holz

Nutzung Wohnen, MFH

Erstellung 2019

Eigentümerin Institutionell

Standort Peripherie

Nachhaltigkeitsstandard Nicht zertifiziert

Typologie 4 Punktbauten, 3-geschossig

Konstruktionsbeschreibung Das Projekt umfasst vier 3-geschossige Bauten in Massivholzbauweise. Jedes dieser Gebäude verfügt über ein Untergeschoss in Massivbauweise. Die oberirdischen Geschosse sind – inkl. Treppenhaus und Fassade – als reiner Holzbau konzipiert und dienen ausschliesslich der Wohnnutzung.

Bauteilbeschreibung

Dach 16 cm starke CLT-Platten, welche mit durchschnittlich 20 cm Stärke überdämmt werden. Das Flachdach ist extensiv begrünt.

Aussenwand Holzrahmenbauweise mit einer 22 cm starken Mineralfaserdämmung ausgefacht. Die Konstruktion ist beidseitig beplankt. Beim Fassadenkleid handelt es sich um eine hinterlüftete Holzfassade.

Geschossdecken 16 cm starke CLT-Platten, welche mit 8 cm Schüttung überdeckt werden. Der darüberliegende Bodenaufbau ist konventionell.

Innenwand Zimmertrennwände in Holzrahmenbauweise mit 33.4 cm Stärke und Zimmertrennwände mit 8 cm starken CLT Platten.

Flächenkennwerte

<i>GV</i>	1'000 – 10'000 m ³
<i>GF</i>	2'500 – 5'000 m ²
<i>HNF</i>	1'000 – 2'500 m ²
<i>EBF</i>	1'000 – 2'500 m ²

**Ökologische Kennwerte
Gebäude**

	Holzbauweise	Mineralische Bauweise
<i>Treibhausgasemissionen</i>	7.0 kg/m ² _{EBFa}	10.1 kg/m ² _{EBFa}
<i>Kohlenstoff (als CO₂)</i>	4.2 kg/m ² _{EBFa}	0.4 kg/m ² _{EBFa}
<i>Graue Energie</i>	25.9 kWh/m ² _{EBFa}	43.4 kWh/m ² _{EBFa}

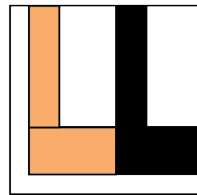
Bauteile oberirdisch

<i>Treibhausgasemissionen</i>	Holzbauweise	Mineralische Bauweise
<i>Dach</i>	3.56 kg/ m ² _{BauteilA}	5.29 kg/ m ² _{BauteilA}
<i>Aussenwände</i>	1.39 kg/ m ² _{BauteilA}	2.03 kg/ m ² _{BauteilA}
<i>Geschossdecken</i>	1.15 kg/ m ² _{BauteilA}	2.66 kg/ m ² _{BauteilA}
<i>Innenwände</i>	0.5 kg/m ² _{BauteilA}	1.38 kg/ m ² _{BauteilA}

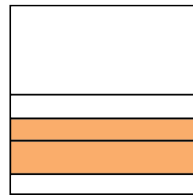
Einsparung pro Bauteil

<i>Dächer</i>	-33 %
<i>Aussenwände</i>	-32 %
<i>Geschossdecken</i>	-57 %
<i>Innenwände</i>	-64 %

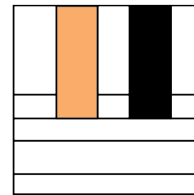
Fallbeispiel 16

Übersicht

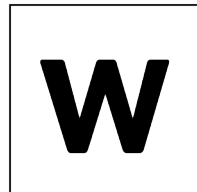
Hybride Konstruktion



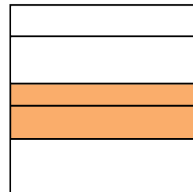
Decke Holz



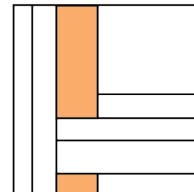
Innenwand hybrid



Wohnen



Dach Holz



Aussenwand Holz

Nutzung Wohnen, MFH*Erstellung* 2022*Eigentümerin* Privat*Standort* Agglomeration Grosszentren*Nachhaltigkeitsstandard* Nicht zertifiziert*Typologie* Zeile, 4-geschossig

Konstruktionsbeschreibung Das Projekt umfasst eine 4-geschossige Zeile in Holzelementbauweise mit einem Untergeschoss in Massivbauweise. Bis auf das Untergeschoss, der Treppenhaukern ist das Gebäude ausschliesslich in Holzbauweise gefertigt.

Bauteilbeschreibung

Dach Flachdach ist in ausgedämmter Holzelementbauweise ausgeführt und mit einer Gefällsdämmung überdämmt. (Annahme)

Aussenwand Konventionelle Holzrahmenbauweise mit einer Stärke von 18 cm, ausgefacht mit einer Dämmung. Das Element wird zusätzlich mit 6 cm starken Platten überdämmt. Bei dem Fassadenkleid handelt es sich um eine hinterlüftete Holzfassade. (Annahme)

Geschossdecken 18 cm starke Brettschichtholzdecken, welche mit 12 cm Schüttung überdeckt werden. Der darüberliegende Bodenaufbau ist konventionell. (Annahme)

Innenwand Konventionelle Holzrahmenbauweise sowie 25 cm Betonwände im Kern. (Annahme)

Flächenkennwerte

<i>GV</i>	10'000 - 20'000 m ³
<i>GF</i>	1'000 - 2'500 m ²
<i>HNF</i>	1'000 - 2'500 m ²
<i>EBF</i>	1'000 - 2'500 m ²

**Ökologische Kennwerte
Gebäude**

	Holzbauweise	Mineralische Bauweise
<i>Treibhausgasemissionen</i>	7.8 kg/m ² _{EBFa}	10.3 kg/m ² _{EBFa}
<i>Kohlenstoff (als CO₂)</i>	0.7 kg/m ² _{EBFa}	0.4 kg/m ² _{EBFa}
<i>Graue Energie</i>	26.3 kWh/m ² _{EBFa}	33.1 kWh/m ² _{EBFa}

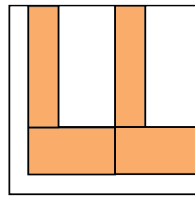
Bauteile oberirdisch

	Holzbauweise	Mineralische Bauweise
<i>Treibhausgasemissionen</i>		
<i>Dach</i>	1.05 kg/ m ² _{BauteilA}	5.28 kg/ m ² _{BauteilA}
<i>Aussenwände</i>	1.92 kg/ m ² _{BauteilA}	2.28 kg/ m ² _{BauteilA}
<i>Geschossdecken</i>	1.32 kg/ m ² _{BauteilA}	2.50 kg/ m ² _{BauteilA}
<i>Innenwände</i>	1.26 kg/m ² _{BauteilA}	1.43 kg/ m ² _{BauteilA}

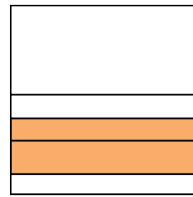
Einsparung pro Bauteil

<i>Dächer</i>	-80 %
<i>Aussenwände</i>	-32 %
<i>Geschossdecken</i>	-47 %
<i>Innenwände</i>	-12 %

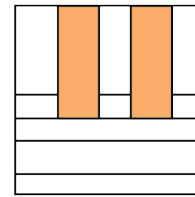
Fallbeispiel 17

Übersicht

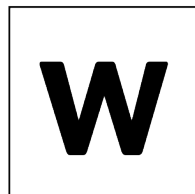
Holzkonstruktion



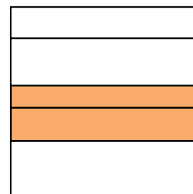
Decke Holz



Innenwand Holz



Wohnen



Dach Holz



Aussenwand Holz

Nutzung Wohnen, MFH*Erstellung* 2021*Eigentümerin* Privat*Standort* Agglomeration kleine und mittlere Zentren*Nachhaltigkeitsstandard* Minergie*Typologie* Zeile, 5-geschossig

Konstruktionsbeschreibung Das Projekt umfasst eine 5-geschossige Zeile in Holzbauweise, mit einem Untergeschoss in Massivbauweise. Bis auf das Untergeschoss und Treppenhauskern ist das Gebäude inkl. Fassade ausschliesslich in Holzbauweise gefertigt.

Bauteilbeschreibung

Dach Massivholzplatten mit 18 cm Stärke überdämmt mit durchschnittlich 15 cm Überdämmung. Das Flachdach ist extensiv begrünt.

Aussenwand Holzrahmenbauweise ausgefacht mit 24 cm Wärmedämmung. Die Rahmenkonstruktion ist beidseitig beplankt. Bei dem Fassadenkleid handelt es sich um eine hinterlüftete Holzfassade.

Geschossdecken Massivholz in 18 cm Stärke welche mit 9 cm Kalksplitt überschüttet wurde. Der darüberliegende Bodenaufbau ist konventionell.

Innenwand Ausführung in Holzrahmenbauweise mit 15 cm Stärke (Zimmertrennwände) und 36 cm Stärke (Wohnungstrennwand).

Flächenkennwerte

<i>GV</i>	10'000 - 20'000 m ³
<i>GF</i>	2'500 - 5'000 m ²
<i>HNF</i>	1'000 - 2'500 m ²
<i>EBF</i>	1'000 - 2'500 m ²

**Ökologische Kennwerte
Gebäude**

	Holzbauweise	Mineralische Bauweise
<i>Treibhausgasemissionen</i>	6.0 kg/m ² _{EBFa}	7.9 kg/m ² _{EBFa}
<i>Kohlenstoff (als CO₂)</i>	7.1 kg/m ² _{EBFa}	0.7 kg/m ² _{EBFa}
<i>Graue Energie</i>	21.5 kWh/m ² _{EBFa}	24.9 kWh/m ² _{EBFa}

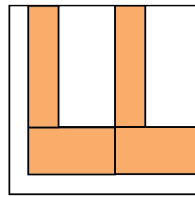
Bauteile oberirdisch

	Holzbauweise	Mineralische Bauweise
<i>Treibhausgasemissionen</i>		
<i>Dach</i>	2.01 kg/ m ² _{BauteilA}	3.17 kg/ m ² _{BauteilA}
<i>Aussenwände</i>	1.02 kg/ m ² _{BauteilA}	1.84 kg/ m ² _{BauteilA}
<i>Geschossdecken</i>	1.29 kg/ m ² _{BauteilA}	2.19 kg/ m ² _{BauteilA}
<i>Innenwände</i>	1.26 kg/m ² _{BauteilA}	1.43 kg/ m ² _{BauteilA}

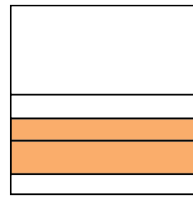
Einsparung pro Bauteil

<i>Dächer</i>	-37 %
<i>Aussenwände</i>	-44 %
<i>Geschossdecken</i>	-41 %
<i>Innenwände</i>	-12 %

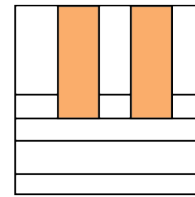
Fallbeispiel 18 – Aufstockung

Übersicht

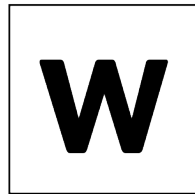
Holzkonstruktion



Decke Holz



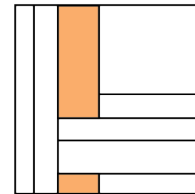
Innenwand Holz



Wohnen



Dach Holz



Aussenwand Holz

Nutzung Wohnen, MFH*Erstellung* Sanierung 2023*Eigentümerin* Institutionell*Standort* Grosszentren*Nachhaltigkeitsstandard* -*Typologie* 4 Vollgeschosse + Attika als Aufstockung*Konstruktionsbeschreibung* Die Aufstockung wurde in Holzbauweise ausgeführt. Das Bestandsgebäude ist in mineralischer Bauweise ausgeführt.**Bauteilbeschreibung***Dach* Ausgedämmte Holzrahmenbauweise mit ext. Begrünung.*Aussenwand* Die Bestandsaussenwand wurde mit einer Systemfassade energetisch ertüchtigt. Für die Aufstockung wurde eine ausgedämmte Holzrahmenkonstruktion angenommen.*Geschossdecken* Die Bestandsdecken wurden als Gipskassetten ausgeführt. Es wurde angenommen, dass der schwimmende Unterlagsboden erneuert wurde.*Innenwand* Zimmertrennwände in Holzrahmenbauweise, tragenden oder Wohnungstrennwände als 25 cm Stahlbeton.

Flächenkennwerte

<i>GV</i>	10'000 - 20'000 m ³
<i>GF</i>	2'500 - 5'000 m ²
<i>HNF</i>	1'000 - 2'500 m ²
<i>EBF</i>	2'500 - 3'500 m ²

**Ökologische Kennwerte
Gebäude**

	Sanierung + Aufstockung	Ersatzneubau Holzbauweise	Ersatzneubau mineralische Bauweise
<i>Betrachtungszeitraum</i>	60 Jahre	120 Jahre	120 Jahre
<i>Treibhausgasemissionen</i>	3.47 kg/m ² _{EBFa}	3.57 kg/m ² _{EBFa}	5.36 kg/m ² _{EBFa}
<i>Kohlenstoff (als CO₂)</i>	0.1 kg/m ² _{EBFa}	0.5 kg/m ² _{EBFa}	0.06 kg/m ² _{EBFa}
<i>Graue Energie</i>	12.9 kWh/m ² _{EBFa}	14.4 kWh/m ² _{EBFa}	18.1 kWh/m ² _{EBFa}
<i>Treibhausgasemissionen absolut</i>	208.2 kg/m ² _{EBF}	428.4 kg/m ² _{EBF}	643.2 kg/m ² _{EBF}

Bauteile oberirdisch

<i>Treibhausgasemissionen</i>	Sanierung + Aufstockung	Ersatzneubau Holzbauweise	Ersatzneubau mineralische Bauweise
<i>Dach</i>	3.3 kg/ m ² _{BauteilA}	2.7 kg/ m ² _{BauteilA}	4.6 kg/ m ² _{BauteilA}
<i>Aussenwände</i>	0.6 kg/ m ² _{BauteilA}	1.1 kg/ m ² _{BauteilA}	1.3 kg/ m ² _{BauteilA}
<i>Geschossdecken</i>	1.2 kg/ m ² _{BauteilA}	1.0 kg/ m ² _{BauteilA}	1.9 kg/ m ² _{BauteilA}
<i>Innenwände</i>	0.9 kg/m ² _{BauteilA}	0.5 kg/ m ² _{BauteilA}	1.1 kg/ m ² _{BauteilA}

Einsparung pro Bauteil

<i>Dächer</i>	+21 %	-29 %
<i>Aussenwände</i>	-46 %	-49 %
<i>Geschossdecken</i>	+17 %	-38 %
<i>Innenwände</i>	+83 %	-24 %

Hinweis Da sich der Betrachtungszeitraum unterscheidet, verschiebt sich das Ergebnis.

8. Abbildungsverzeichnis

- Fig. 1* Treibhausgasemissionswerte aller Fallbeispiele. (durable)
- Fig. 2* 12:Verteilung der Daten über BoxPlot. Innerhalb der Box befinden sich 50% der Werte. (durable)
- Fig. 3* Verteilung der Daten pro Bauteil über BoxPlot. Innerhalb der Box befinden sich 50% der Werte. (durable)
- Fig. 4* Einsparung der Aussenwand in Prozent über alle Projekte. Der schwarze Balken zeigt den Median. (durable)
- Fig. 5* Einsparung der Dachkonstruktion in Prozent über alle Projekte. Der schwarze Balken zeigt den Median. (durable)
- Fig. 6* Einsparung der Innenwände in Prozent über alle Projekte. Der schwarze Balken zeigt den Median. (durable)
- Fig. 7* Einsparung der Geschossdecke in Prozent über alle Projekte. Der schwarze Balken zeigt den Median. (durable)
- Fig. 8* Anteil der Untergeschosse aller Objekte. (durable)
- Fig. 9* Verteilung des eingespeicherten CO₂ für die mineralische und Holzbauweise. (durable)
- Fig. 10* Betrachtungszeitraum von 60 Jahren (pinkfarbenedes Rechteck) bei einem Variantenvergleich von Primärstrukturen mit einer Amortisationszeit von 120 Jahren. (durable)
- Fig. 11* Gegenüberstellung der Aufstockung mit Ersatzneubau und Ausführung mit 15cm Mauerwerk. (durable)