

Projektnummer	105181
Auftraggeber	Bundesamt für Umwelt BAFU Aktionsplan Holz 3003 Bern Schweiz
Kontaktperson	Claire-Lise Suter
Projektkoordination	Lignum Holzwirtschaft Schweiz Mühlbeachstrasse 8 8008 Zürich
Kontaktperson	Jutta Glanzmann Gut
Bearbeitung	Wüest Partner AG Alte Börse Bleicherweg 5 8001 Zürich Schweiz T +41 44 289 90 00 wuestpartner.com
Projektleitung	Julia Selberherr, Stefan Meier julia.selberherr@wuestpartner.com stefan.meier@wuestpartner.com
Bearbeitung	Markus Kunz markus.kunz@wuestpartner.com
Disclaimer	Diese Studie wurde im Auftrag des BAFU verfasst. Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.
Zeitraum	Oktober 2019 bis Juni 2020

Wüest Partner ist ein unabhängiges und inhabergeführtes Beratungsunternehmen. Seit 1985 schaffen wir als neutrale Experten erstklassige Entscheidungsgrundlagen für professionelle Immobilienakteure. Mit einem breiten Leistungsangebot – bestehend aus Beratung, Bewertung, Daten, Applikationen und Publikationen – begleiten wir unsere Kunden im In- und Ausland. Unser Wissen schafft Transparenz und ebnet neue Wege für die Weiterentwicklung der Immobilienwirtschaft.

Mit einem rund 200-köpfigen, interdisziplinären Beraterteam verfügt das Unternehmen über eine hohe Kompetenz und langjährige Erfahrung. Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter stammen aus den Disziplinen Ökonomie, Architektur, Informatik, Ingenieurwesen sowie Sozial- und Naturwissenschaften. Die in Zürich, Genf, Bern, Lugano, Frankfurt am Main, Berlin, Hamburg und München stationierten Beraterteams werden von einem internationalen Netzwerk von Partnerfirmen und regional gut verankerten Fachpersonen ergänzt.

Management Summary

In diversen Workshops mit grossen Schweizer Investoren hat sich gezeigt, dass die wichtigen Entscheidungsgrundlagen für den Einsatz von Holz noch weitestgehend fehlen. Die vorliegende Arbeit setzt sich zum Ziel, investorenrelevante Holzbaukennzahlen zu erarbeiten und eine Entscheidungsgrundlage für den Einsatz von Holz zu schaffen.

Für die Studie werden acht realisierte Holzbauprojekte in der Deutschschweiz ausgewertet und die Ergebnisse in anonymisierter Form aufgearbeitet.

Es handelt sich um Wohngebäude mit teilweiser untergeordneter Gewerbenutzung. Die Gebäude sind alle nach der letzten Jahrtausendwende erstellt worden und weisen Erstellungskosten BKP 1 – 5 von über CHF 10.0 Mio. auf. In den acht Fallbeispielen finden sich die unterschiedlichen Konstruktionsarten Rahmenbau, Skelettbau und Massivholzbau. Alle untersuchten Fallbeispiele wurden in einer hybriden Bauweise erstellt, bei der die Treppenhäuser aus feuertechnischen Gründen in Massivbauweise ausgeführt wurden. Selbstredend wurden auch die Untergeschosse, soweit vorhanden, in Massivbauweise ausgeführt.

Die Kostenkennwerte der Fallbeispiele werden mit dem Baukostendatensatz von Wüest Partner verglichen. Die Auswertung zeigt auf, dass die acht untersuchten Holzbauten im Vergleich mit dem Referenzdatensatz etwas teurer abschneiden. Der Median der Kennzahl BKP 2 pro Hauptnutzfläche (HNF) etwa befindet sich beim 70%-Quantil der Referenzmengen mit Massivbauten.

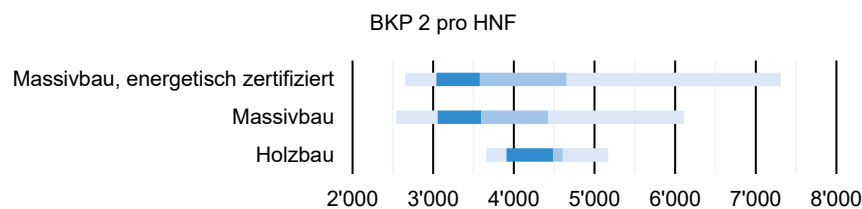


Abbildung 1: Kostenkennwert BKP 2 pro HNF für Holzbauten und Massivbauten.
Auswertung: Wüest Partner

Dies erstaunt jedoch nicht, da alle Fallbeispiele eine hohe bauliche Qualität und energetisch Standard aufweisen. Es lässt sich des Weiteren feststellen, dass die Streuung der Kostenkennwerte der Holzbauten viel kleiner ausfällt als diejenige der Referenzdatensätze, was einerseits den ausgewerteten Holzbauten, auch einer detaillierten Planung der modularen Holzbauteile und damit verbunden einer präzisen Kostenplanung geschuldet ist. Die Holzbauweise ist durch den grossen Vorfertigungsgrad eine sehr «hochentwickelte» Bauweise, die sich optimal in einen BIM-Planungsprozess einbinden lässt.

Der Einfluss der Bauzeit wird im vorliegenden Bericht nicht untersucht. Für Investoren kann dies jedoch ein sehr wichtiger Aspekt in der Wahl der Bauweise sein, da durch eine schnelle Bauweise eine frühzeitige Vermietung oder Veräusserung möglich wird. Auf dem Suurstoffi Areal wurde für ein 10-stöckiges Hochhaus die Holzbauweise gewählt, da dadurch eine Bauzeiteinsparung von bis zu einem halben Jahr erreicht wurde. Die Bauzeiteinsparung, die mittels Holzbau erreicht werden kann ist projektspezifisch sehr unterschiedlich. Durch eine Holzbauweise kann im Vergleich mit einer «nassen» Massivbauweise jedoch praktisch immer eine Bauzeiteinsparung erreicht werden.

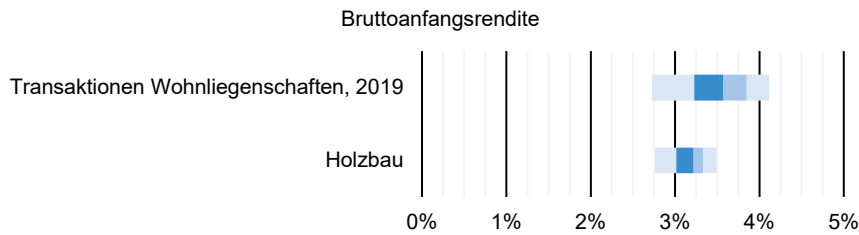


Abbildung 2: Bruttoanfangsrenditen Holzbau im Vergleich mit den Transaktionen von Wohnliegenschaften an guten bis sehr guten Makrolagen im 2019.
Auswertung: Wüest Partner

Da die untersuchten Fallbeispiele an Orten mit hohem Mietzinspotenzial realisiert wurden, fällt die Renditeerwartung wie in Abbildung 2 ersichtlich trotz der Baukosten immer noch realistisch aus. Die Auswertung zeigt auf, dass alle Holzbauten zum heutigen Zeitpunkte eine Rendite aufweisen, welche den Erwartungen von institutionellen Investoren voll entsprechen.

In Punkto Treibhausgasemissionen werden drei Studien ausgewertet, die anhand konkreter Bauten eine Holzbauweise mit einer gleichwertigen Massivbauweise vergleichen. In allen drei Studien kann gezeigt werden, dass der Holzbau im Minimum gleich gut abschneide wie der Massivbau, meist sogar aber noch besser. Der nachhaltige Einsatz von Holz in Gebäuden bedingt jedoch möglichst einfache Bauteile, da durch aufwändige Verleimung und Bearbeitung der Vorteil von Holz gegenüber anderen Bauweisen wie z.B. Betonbau egalisiert werden kann.

Holzbau bietet sich aus einer nachhaltigen Perspektive somit fast immer an, da im «schlimmsten» Fall seine CO₂-Bilanz gleich wie die Massivbauweise, jedoch praktisch nie schlechter ausfällt.

Die Schweiz hat sich verpflichtet, bis 2030 ihren Treibhausgasemissionen zu halbieren. Bis 2050 sollen unter dem Strich sogar keine Treibhausgase mehr emittiert werden. Holz hat im Vergleich mit alternativen Bauweisen als einziger Rohstoff Eigenschaften, die sich positiv auf die Klimaziele auswirken:

- CO₂ kann im Wald als sogenannte «CO₂-Senke» zurückgehalten werden. Dies bedeutet, dass atmosphärisches CO₂ im Holz angereichert und über lange Zeit gebunden wird.
- CO₂ kann in Holzprodukten (Möbel, Bauteile, Dämmungen etc.) für lange Zeit gespeichert und die Emissionen verzögert werden.
- Wird Holz als Baustoff verwendet, kann auf die Produktion von anderen Baumaterialien verzichtet werden, was sich gleich doppelt positiv auf die CO₂-Bilanz auswirkt (Stichwort «Materialsubstitution»)
- Holz kann als Brennstoff zu Energie umgewandelt werden, da der Verbrennungsprozess CO₂-neutral abläuft.

Die Bauwirtschaft kann in der Schweiz einen grossen Teil zum Erreichen der Klimaziele beitragen, da deren Anteil an den Treibhausgasemissionen beträchtlich ausfällt. Gemäss publizierten Daten des Bundes entfielen im 2019 auf Gebäude rund 24% der gesamten in der Schweiz produzierten Treibhausgasemissionen. Die Holzbauweise stellt sich daher als eine geeignete Lösung des Problems dar. Für eine optimale Nutzung des Rohstoffes Holz sind folgende Tatsachen insbesondere zu berücksichtigen:

- Die Verarbeitung von möglichst langlebigen Holzprodukten in einer Kaskadennutzung wirkt sich positiv auf die CO₂-Bilanz aus. Eine Kaskadennutzung ermöglicht die stoffliche und energetische Nutzung des Rohstoffes Holz und schafft es, zwei Substitutionseffekte zu kombinieren.
- Die Substitutionseffekte sind in der Schweiz überall dort am grössten, wo inländische Holzprodukte verwendet werden.
- Die inländische Produktion von Holzprodukten mit einheimischem Holz ist aus zwei Gründen besonders sinnvoll: Erstens wird die Wertschöpfung erhöht. Es wird davon ausgegangen, dass durch die vermehrte Holzverwertung und –verwendung bis zu 2 Mia. CHF Wertschöpfung (rund 27'000 Arbeitsplätze) entstehen. Ausserdem fällt die Klimawirkung global besser aus, wenn die Holzprodukte in der Schweiz verarbeitet werden.

Ausblick

Die Holzbauweise kann heute in der Schweiz dank neuer Brandschutzvorschriften gleich flexibel wie nicht brennbare Bauweisen angewendet werden. Dass die Holzbauweise auch praxistauglich ist, zeigen mehrere eindrückliche und baulich anspruchsvolle Bauten in der Schweiz. Die Klimaziele der Schweiz verlangen auch vom Bausektor Lösungen, die unter anderem mit der Holzbauweise erreicht werden können. Die CO₂-speicherfähigkeit von Holz kann durch keine andere Bauweise erreicht werden. Damit sich die Holzbauweise jedoch etablieren kann, müssen auch die wirtschaftlichen Voraussetzungen gegeben sein. Die Studie hat acht Fallbeispiele ausgewertet, die alle eine hohe bauliche Qualität und energetischen Standard aufweisen. Die Kostenbenchmarks widerspiegeln dies. Die Renditeerwartung ist trotzdem bei allen Fallbeispielen gut, was sich unter anderem durch den Standort und das hohe Mietpotenzial begründen lässt.

Die Herausforderung im Holzbau wird zukünftig jedoch sein, Wohngebäude auch an peripheren Lagen mit tieferen Mietpotenzialen zu realisieren. Dies geht jedoch nur mit einem kostengünstigen Holzbau einher. Die Bauzeiteinsparung durch eine Holzbauweise im Vergleich zu einer Massivbauweise kann dabei eine kritische Rolle spielen.

Inhaltsverzeichnis

Management Summary	3
1 Einleitung	9
1.1 Bedeutung des Holzbaus	9
1.2 Brandschutzvorschriften	10
1.3 Die verschiedenen Holzbauweisen	11
1.4 Projektziel und Zielgruppe	13
1.5 Vorgehen	13
1.6 Fallbeispiele	13
2 Methodik	15
2.1 Art und Inhalt der Untersuchung	15
2.2 Datenerhebung der Fallbeispiele	15
2.3 Auswertungen der Fallbeispiele	16
3 Ergebnisse	22
3.1 Standort und Markt	22
3.2 Betriebsenergie nach GEAK	23
3.3 Kostenkennwerte	25
3.4 Wirtschaftlichkeit	27
3.5 Nachhaltigkeit	28
4 Diskussion	34
4.1 Wirtschaftliche Aspekte, die für den Holzbau sprechen	34
4.2 Nachhaltige Aspekte, die für den Holzbau sprechen	34
4.3 Ausblick	37
5 Literaturverzeichnis	38
Anh. A Kostenkennwerte	39
Anh. B Fallbeispiele	42
I Fallbeispiel Nr. 1	42
II Fallbeispiel Nr. 2	45
III Fallbeispiel Nr. 3	47
IV Fallbeispiel Nr. 4	49
V Fallbeispiel Nr. 5	51
VI Fallbeispiel Nr. 6	53
VII Fallbeispiel Nr. 7	55
VIII Fallbeispiel Nr. 8	57

Abkürzungsverzeichnis

AZ	Ausnützungsziffer. Verhältnis zwischen oberirdischer anrechenbarer Geschossfläche und Grundstücksfläche.
BIM	Building Information Modeling. Beschreibt ein Planungsprozess, bei welchem ein intelligentes 3D-Modell erstellt wird. Dieses wiederum ermöglicht eine Dokumentverwaltung, Koordinierung und Simulation während eines gesamten Lebenszyklus eines Projekts.
BKP	Baukostenplan. Planungsinstrument zur Baukostenaufschlüsselung.
EBF	Energiebezugsfläche. Darunter verstanden wird die beheizte Fläche innerhalb einer Liegenschaft.
GF	Geschossfläche. Es wird unterschieden zwischen oberirdischer (o.i.) und unterirdischer (u.i.) Geschossfläche.
GGF	Gebäudegrundfläche. Beschreibt den Fussabdruck des Gebäudes im Terrain.
GSF	Grundstücksfläche.
GV	Gebäudevolumen. Es wird unterschieden zwischen oberirdischem (o.i.) und unterirdischem (u.i.) Volumen.
HNF	Hauptnutzfläche. Gemeint ist die vermietbare Fläche, die genutzt werden kann. Allgemeinflächen wie Erschliessung und konstruktive Flächen wie Wände etc. werden zur HNF nicht dazugezählt.
KBOB	Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren.
MIV	Motorisierter Individualverkehr. Darin enthalten sind Automobile und Motorräder, die zum privaten Zweck genutzt werden.
MuKE	Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich.
ÖV	Öffentlicher Verkehr wie Zug, Bus und Schiff.
THG	Treibhausgas. Verschiedene Treibhausgase werden für Nachhaltigkeitsbewertungen in die Leitsubstanz Kohlendioxid (chem. CO ₂) «umgerechnet» und als CO ₂ -äquivalente ausgegeben.

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Überblick der Fallbeispiele mit ausgewählten Kennwerten.....	14
Tabelle 2: Auswertung der Kostenkennzahlen für acht Holzbauten.	25
Tabelle 3: Graue Energie in MJ/m ² a aus der Erstellung für das Referenzobjekt «Hegianwandweg», Quelle: (Aeschbacher, et al., 2011)	33
Tabelle 4: Treibhausgasemissionen in kg CO ₂ -äq./m ² a aus der Erstellung für das Referenzobjekt «Hegianwandweg», Quelle: (Aeschbacher, et al., 2011).....	33

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Kostenkennwert BKP 2 pro HNF der Fallbeispiele im Vergleich mit Massivbauten.	3
Abbildung 2: Bruttoanfangsrenditen der Fallbeispiele in Holzbauweise im Vergleich mit den Transaktionen von Wohnliegenschaften im 2019.....	4
Abbildung 3: Visualisierung des Siegerprojektes «Projekt Pi» in Zug, Quelle: Duplex Architekten, Visualisierung Filippo Bolognese	9
Abbildung 4: Holzrahmenbauweise vor Ort erstellt (links) oder vorfabrizierte Elemente vor Ort verbaut (rechts), Quelle: Lignum	11
Abbildung 5: Skelettbauweise, Quelle: Lignum	12
Abbildung 6: Massivholzbauweise, Quelle: Lignum	12
Abbildung 7: Kostenbenchmark Einstellplätze in CHF, Unterteilung in Ausbaustandard: dürrtig bis luxuriös,.....	19
Abbildung 8: Kostenbenchmark Aussen-Parkplätze in CHF, Unterteilung in Ausbaustandard: dürrtig bis luxuriös,.....	20
Abbildung 9 : Verbaute Menge Bauholz und Baukosten BKP 2 pro Gebäudevolumen.	25
Abbildung 10: Kostenbenchmarks für die Baukosten BKP 1–5 pro Hauptnutzfläche. Unterteilung in Massivbau (zusätzlich noch unterteilt in energetisch zertifiziert) und in Holzbau.....	26
Abbildung 11: Bruttoanfangsrenditen für Wohnliegenschaften (Transaktionen 2019) an sehr guter bis exzellenter Makrolage und untersuchte Fallbeispiele.	28
Abbildung 12: Graue Energie aus Herstellung, Ersatz und Entsorgung für verschiedene Bauweisen, Quelle: (Studio Durable, 2018)	30
Abbildung 13: Graue Energie und Treibhausgasemissionen im Vergleich für das Wohn- und Geschäftsgebäude an der Badenerstrasse 380 in Zürich.....	32
Abbildung 14: Treibhausgasemissionen in CO ₂ -Äquivalenten ohne Senkenleistung des Waldes und Emissionsminderungszertifikate.....	35
Abbildung 15: Modellrechnung der zeitlichen Abfolge verschiedener Substitutionseffekte von Holz für die Schweiz.....	36
Abbildung 16: Kostenkennwerte in CHF BKP 1 – 5 pro m ³ oberirdisches Gebäudevolumen.	39
Abbildung 17: Kostenkennwerte in CHF BKP 1 – 5 pro m ² Geschossfläche ohne Tiefgarage.	39
Abbildung 18: Kostenkennwerte in CHF BKP 1 – 5 pro m ² Hauptnutzfläche.....	40
Abbildung 19: Kostenkennwerte in CHF BKP 2 pro m ³ oberirdisches Gebäudevolumen.	40
Abbildung 20: Kostenkennwerte in CHF BKP 2 pro m ² Geschossfläche ohne Tiefgarage.	40
Abbildung 21: Kostenkennwerte in CHF BKP 2 pro m ² Hauptnutzfläche.....	41

1 Einleitung

1.1 Bedeutung des Holzbaus

Der konstruktive Holzbau ist weltweit auf dem Vormarsch. Dass sich Holz nicht nur auf Ein- und Mehrfamilienhäuser beschränkt, zeigen eindruckliche Bauten rund um den Globus.

Das Brock Commons¹ Studentenwohnheim in Vancouver, Kanada, weist 18 Geschosse und eine Gebäudehöhe von 53 Meter auf und bietet Platz für 404 Studenten. Bei der Fertigstellung im Jahr 2017 war es das höchste Holzgebäude der Welt. Es wurde mit einem hohen Grad an Vorfabrikation in nur 70 Tagen errichtet. Im Jahr 2019 wurde der Rekord bereits um über 30 Meter überboten. Der Mjøsa Tower² in Brumunddal, Norwegen, stellt mit 85.4 Meter das derzeit höchste Holzhaus der Welt dar. Auf 18 Stockwerken wird eine gemischte Nutzung aus Hotelbetrieb, Apartments, Büros, Restaurants, einem Besucherdeck und diversen Konferenzräumen angeboten. Während die Kernbereiche im Brock Commons in Massivbauweise erstellt wurden, konnte die gesamte Tragkonstruktion des Mjøsa Towers aus Holz erstellt werden.

In der Schweiz könnte das derzeit höchste Holzgebäude der Schweiz, das 60-Meter-Holzhochhaus auf dem Suurstoffi-Areal in Rotkreuz, schon bald abgelöst werden.



Abbildung 3: Visualisierung des Siegerprojektes «Projekt Pi» in Zug, Quelle: Duplex Architekten, Visualisierung Filippo Bologna

¹ HK Architekten, Brock Commons Tallwood House, Vancouver, Abfragedatum 12.03.2020, URL: <https://www.hkarchitekten.at/de/projekt/student-residence-at-brock-commons/>

² Mjøsa Tower (Mjøstarnet), Design Build Network, Abfragedatum 12.03.2020, URL: <https://www.designbuild-network.com/projects/mjosa-tower-mjostarnet/>

Geplant wird seit 2018 in Zug ein 80-Meter-Hochhaus³ in Hybridbauweise, das 27 Geschosse mit fast 200 Wohneinheiten – davon 173 im preisgünstigen Segment – umfasst. Die voraussichtliche Fertigstellung des «Projekt Pi» ist für das Jahr 2024 vorgesehen.

In den letzten Jahren wurden in der Schweiz vermehrt grosse Projekte in Holzbauweise realisiert. Der Anteil von Holz in Tragkonstruktionen befand sich im Jahr 2018 über alle Gebäudekategorien bei dennoch nur rund 14.2%. Der Holzanteil in Mehrfamilienhäusern machte dabei 10.7% und in Einfamilienhäusern 18.8% aus. Den grössten Holzanteil fand sich in Landwirtschaftsgebäuden mit 39.9%, aber auch in Unterrichts- und Bildungsinstitutionen wurden 24.8% eingesetzt.⁴

1.2 Brandschutzvorschriften

Die Brandschutzvorschriften (BSV) werden in der Schweiz durch die Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen (VKF) als Mustervorschriften erarbeitet und durch das interkantonale Organ technische Handelshemmnisse (IOTH) in jedem Kanton als verbindlich erklärt und in Kraft gesetzt.

Mit der Vorschriftengeneration BSV 2003 wurde eine Öffnung der Holzanwendung am Bau vollzogen. Bis zu sechsgeschossige Bauten für die Wohn-, Büro- und schulische Nutzung waren ab 2005 zulässig. Die Resultate aus umfangreichen Forschungs- und Entwicklungsprogrammen sowie positiven Erfahrungen mit dem konstruktiven Holzbau in der Praxis hatten nachweislichen Einfluss in der Überarbeitung der BSV im Jahr 2015. Die Benachteiligung von Holzbauteilen wurde abgeschafft. Seither können Holzbauteile in allen Gebäudekategorien und Nutzungen für Anforderungen an den Feuerwiderstand von bis zu 90 Minuten eingesetzt werden, was mit einer deutlichen Steigerung der Anwendungsmöglichkeiten einhergeht. Robuste und mit nicht brennbarer Bekleidung geschützte Holzbauteile werden seither der «nicht brennbaren Bauweise» gleichgestellt. Heute ist es zudem möglich, selbst in Hochhäusern mit über 30 Meter Gebäudehöhe Bauteile mit sichtbaren Holzanteilen zu verbauen. Mittels Sprinkleranlagen, einem aktiven Löschanlagenkonzept, können die Anforderungen an Bauteile des Weiteren minimiert und der Einsatz von sichtbaren Holzbauteilen noch weiter ausgedehnt werden.

Aus heutiger Sicht lassen sich Holzbauteile für praktisch alle relevanten Nutzungsformen und in allen Gebäudekategorien flexibel und für den Nutzer fühl- und sichtbar einsetzen.

³ 80-Meter-Holzhochhaus in Zug nimmt Form an, Luzerner Zeitung, Andrea Muff, 26.09.2019, Abfragedatum 12.03.2020, URL: <https://www.luzernerzeitung.ch/zentralschweiz/zug/pionierprojekt-nimmt-form-an-Id.1155097>

⁴ Auswertung der Materialanteile für Baubewilligungen. Im Jahr 2018 wurden insgesamt 3'055 Baubewilligungen mit Tragwerk Holz erteilt. Quelle: Jahresbericht 2018/2019, Holzbau Schweiz, 8050 Zürich

1.3 Die verschiedenen Holzbauweisen

Für den kommerziellen Holzbau – der Blockbau wird in dieser Studie nicht thematisiert – werden in der Schweiz vornehmlich drei verschiedene Bauweisen angewendet.

In den letzten 30 Jahren hat sich in Europa die **Rahmenbauweise** als wichtigste Holzbauweise durchgesetzt. Die Rahmenbauweise beschreibt eine Bauweise, bei der ringsum laufende Rahmen in regelmässigen Abständen mit Rippen verstärkt werden. Das Gerippe wird beidseitig mit aussteifenden Holzwerkstoff- oder Gipsplatten beplankt. Die Wärmedämmung wird direkt in den Holzrahmen integriert, was relativ schlanke Aufbauten erlaubt.

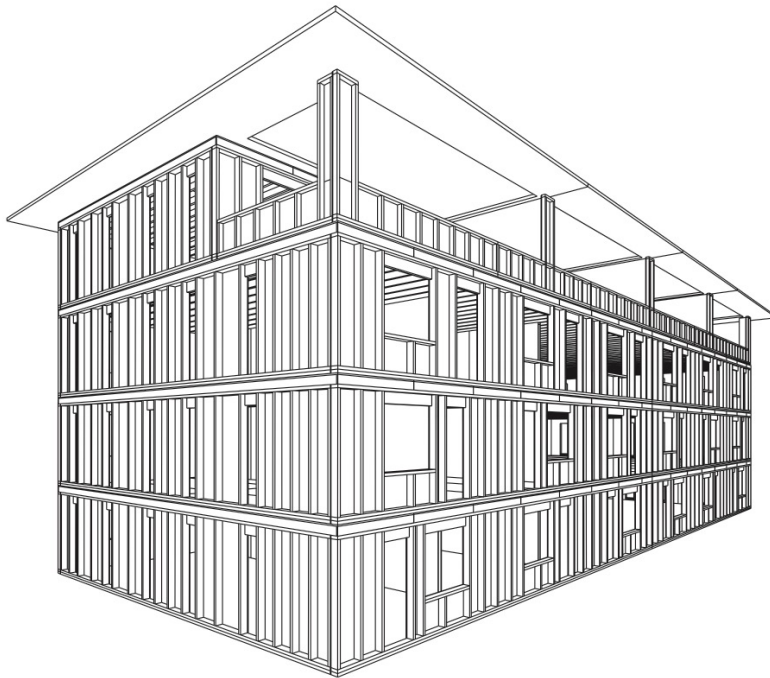


Abbildung 4: Rahmenbauweise vor Ort erstellt oder vorfabrizierte Elemente vor Ort verbaut, Quelle: Lignum

Werden die einzelnen Elemente wie z. B. Wände im Werk schon weitestgehend vorfabriziert (Leitungsführung/ Dämmung/ Aussparungen/ Beplankung etc.) spricht man auch von Tafelbauweise. Standardisierte Holzteile erlauben eine effiziente Erstellung im Werk und einen schnellen Einbau vor Ort.

Die **Skelettbauweise** beschreibt eine Konstruktionsart, bei der die vertikale Lastabtragung primär über Stützen im regelmässigen Raster erfolgt und somit eine sehr freie Grundrissgestaltung zulässt. Im Ausland (z. B. Amerika) wird die Skelettbauweise in Stahl sehr häufig angewendet, da im urbanen Umfeld damit schnelle Baufortschritte mit just-in-time Lieferungen erzielt werden können. Die Skelettbauweise eignet sich jedoch auch für Holzbauten sehr gut, da damit grosse Spannweiten und grossvolumige Bauten realisiert werden können. Ein weiterer Vorteil stellt die grosse Flexibilität bei der Raumeinteilung dar.

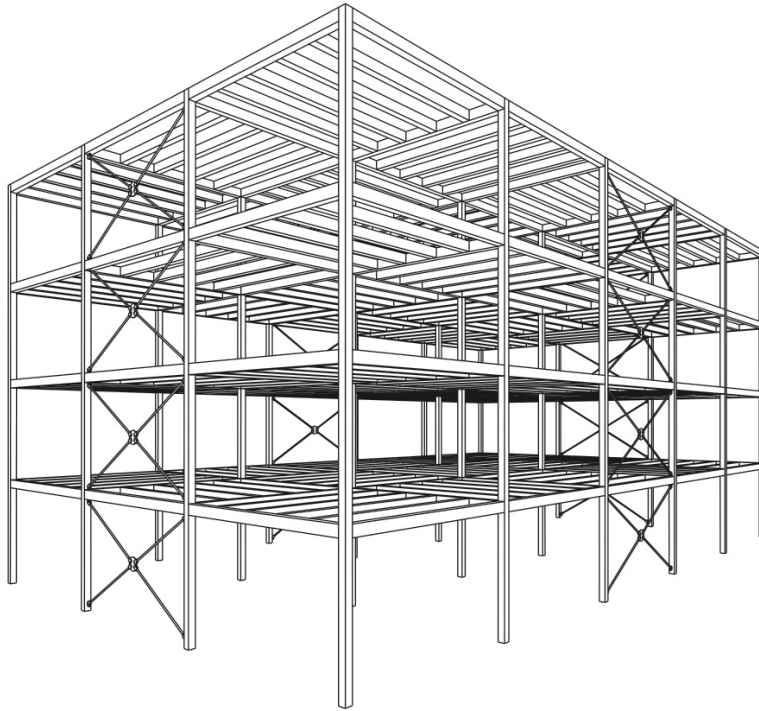


Abbildung 5: Skelettbauweise,
Quelle: Lignum

Mehrschichtig verleimte Platten oder verdübelte Brettstapel bestimmen schlussendlich die **Massivholzbauweise**. Die einzelnen Bauteile weisen zugleich raumbildende wie tragende Funktion auf.

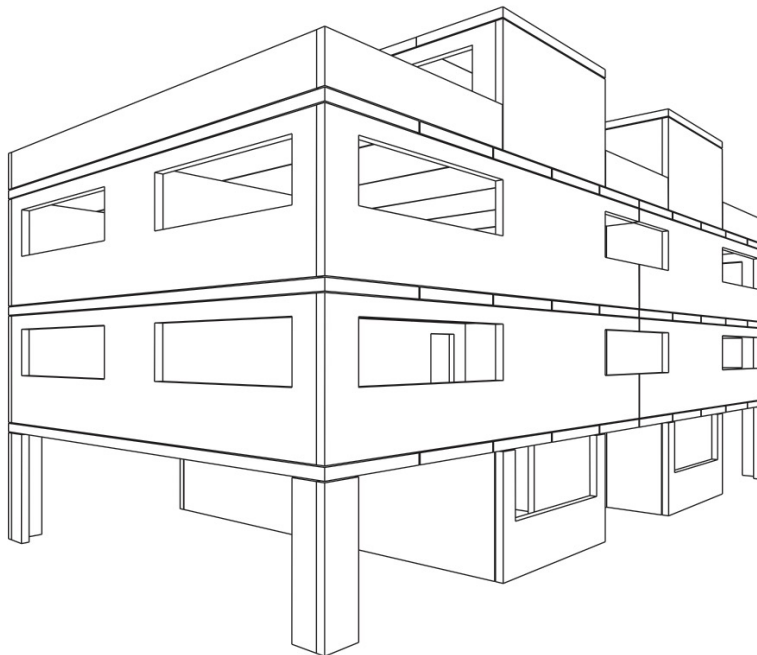


Abbildung 6: Massivholzbauweise,
Quelle: Lignum

Vorteil dieser Konstruktionsweise sind reduzierte Bauteilschichtdicken. Aus der Kombination von massiven Scheiben und Platten entstehen ausserdem sehr robuste Tragwerke. Diese Bauweise eignet sich daher gut für besonders hohe Bauten.

1.4 Projektziel und Zielgruppe

In diversen Workshops mit grossen Schweizer Investoren hat sich gezeigt, dass die wichtigen Entscheidungsgrundlagen für den Einsatz von Holz noch weitestgehend fehlen. Dies hat zur Folge, dass der Holzbau als mögliche Ausführungsvariante in Projektentwicklungen oftmals gar nicht erst geprüft wird.

Die vorliegende Arbeit setzt sich zum Ziel, investorenrelevante Holzbaukennzahlen zu erarbeiten und eine Entscheidungsgrundlage für den Einsatz von Holz in Entwicklungsprojekten zu schaffen. Im Sinne einer umfassenden Entscheidungsgrundlage werden sowohl wirtschaftliche, aber auch energetische Kennzahlen und Nachhaltigkeitsüberlegungen angestrebt. Die vorliegende Arbeit beschränkt sich auf acht Liegenschaften mit primärer Wohnnutzung und Objektgrössen von Interesse für institutionelle Investoren.

Primäre Zielgruppe stellen grosse Investoren wie Institutionelle Anleger, Entwickler, Genossenschaften aber auch die öffentliche Hand, dar. Die Auswertungen sollen jedoch allen fachkundigen Stellen und auch privaten Investoren als Entscheidungsgrundlage dienen.

1.5 Vorgehen

In Kapitel 1 wird die aktuelle Situation im konstruktiven Holzbau weltweit und in der Schweiz erläutert. Ausserdem werden die drei kommerziell angewendeten Holzbautechniken in der Schweiz erläutert und deren Vor- und Nachteile aufgezeigt.

Durch fehlende Grundlagen wird in der Schweiz oftmals der Einbezug von Holzbautechniken bei der Projektierung von Entwicklungsprojekten gar nicht in Erwägung gezogen. Für die vorliegende Arbeit werden die Projektziele und die Zielgruppen definiert und eine Übersicht der untersuchten Fallbeispiele gemacht.

In Kapitel 2 wird die Methodik erläutert. Es werden die verschiedenen Untersuchungen, aber auch die unterschiedlichen Auswertungsmethoden aufgezeigt und erläutert.

Die Ergebnisse der Auswertungen sind in Kapitel 3 zu finden. Die Schlussfolgerung und der Ausblick erfolgen in Kapitel 4. Die untersuchten Fallbeispiele sind im Anhang ab Seite 43 im Steckbrief Format zusammengefasst und geben ein Stimmungsbild über das jeweilige Projekt ab.

1.6 Fallbeispiele

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

Es handelt sich um Wohngebäude mit teilweiser untergeordneter Gewerbenutzung. Die Gebäude sind alle nach der letzten Jahrtausendwende erstellt worden und weisen alle Erstellungskosten BKP 1 – 5 von über CHF 10 Mio. auf. Für die Auswertungen dienen die Bauabrechnungen und die Gebäudekennzahlen wie Volumen, Flächen und Nutzung als Grundlage für die Auswertung. Bei den Fallbeispielen, bei denen die Abrechnungen noch nicht vollständig gemacht wurden, dient der Stand der letzten Kostenschätzung als Grundlage für die Untersuchungen. Die Fallbeispiele sind nachfolgend charakterisiert:

Nr.	Konstruktion	Gebäudevolumen	Geschossfläche total (GF) <i>oberirdisch (GF o.i.)</i>	Nutzfläche (HNF)	Effizienz ¹ HNF/GF o.i.	Wohnungen	Parkplätze
1	Hybrid, Rahmenbau	40'000 – 60'000 m ³	10'000 – 20'000 m ² <i>10'000 – 20'000 m²</i>	5'000 – 10'000 m ²	0.75	> 50	> 50
2	Hybrid, Massivholzbau	10'000 – 20'000 m ³	5'000 – 10'000 m ² <i>5'000 – 10'000 m²</i>	< 5'000 m ²	0.62*	11 – 50	< 10
3	Hybrid, Massivholzbau	10'000 – 20'000 m ³	< 5'000 m ² <i>< 5'000 m²</i>	< 5'000 m ²	0.65**	11 – 50	< 10
4	Hybrid, Rahmenbau	40'000 – 60'000 m ³	10'000 – 20'000 m ² <i>10'000 – 20'000 m²</i>	5'000 – 10'000 m ²	0.76	> 50	< 10
5	Hybrid, Rahmenbau	10'000 – 20'000 m ³	5'000 – 10'000 m ² <i>< 5'000 m²</i>	< 5'000 m ²	0.79	11 – 50	11 – 50
6	Hybrid, Rahmenbau	20'000 – 40'000 m ³	5'000 – 10'000 m ² <i>5'000 – 10'000 m²</i>	< 5'000 m ²	0.71	11 – 50	< 10
7	Hybrid, Rahmen- und Massivholzbau	80'000 – 100'000 m ³	20'000 – 40'000 m ² <i>10'000 – 20'000 m²</i>	10'000 – 20'000 m ²	0.66	> 50	> 50
8	Hybrid, Skelettbau	20'000 – 40'000 m ³	5'000 – 10'000 m ² <i>> 5'000 m²</i>	< 5'000 m ²	0.77	11 – 50	11 – 50

¹ Die Flächeneffizienz für Wohnbauten befindet sich generell bei rund 0.75 in der Spanne zwischen 0.70 bis 0.82, wobei Werte über 0.79 nur sehr selten und mit grossem planerischen Aufwand erreicht werden.

*Grosszügige Innenhöfe und gemeinschaftlich genutzte Flächen, die nicht zur HNF dazugezählt werden.

**Gemeinschaftlich genutzte Terrasse (im Gebäudevolumen integriert), wird nicht zur HNF dazugezählt.

Tabelle 1: Überblick der Fallbeispiele mit ausgewählten Kennwerten.
Auswertung: Wüest Partner AG

2 Methodik

In den nachfolgenden Unterkapiteln wird die Methodik der Datenerhebung und Auswertungen erläutert.

2.1 Art und Inhalt der Untersuchung

Es handelt sich um eine quantitative Auswertung von realisierten Holzbauprojekten in der Schweiz mit primärer Wohnnutzung. Der Datenumfang lässt sich folgendermassen zusammenfassen:

- Es werden 8 Fallbeispiele ausgewertet.
- Es handelt sich um Fallbeispiele mit der Hauptnutzung Wohnen und teilweiser untergeordneter Gewerbenutzung wie Büro oder Kinderbetreuungsangebote.
- Das Investitionsvolumen (BKP 1–9) der Fallbeispiele übersteigt CHF 10.0 Mio.
- Die Fallbeispiele wurden alle nach dem Jahr 2000 realisiert. 7 Fallbeispiele sogar nach 2010.
- Es handelt sich bei allen Fallbeispielen um Hybridbauweisen mit Massivbau in den Erschliessungs- und/oder Kernbereichen, sowie den Untergeschossen.
- Die Fallbeispiele weisen unterschiedliche Eigentumsformen auf. Private und Institutionelle Bauherren, Baugenossenschaften und die öffentliche Hand sind alle in den Fallbeispielen vertreten.
- Alle Fallbeispiele befinden sich in der Deutschschweiz. Vorgesehen war eine Gesamtschweizer Auswertung. Es liessen sich im zeitlichen Rahmen jedoch nur geeignete Projekte und Eigentümer in der Deutschschweiz finden.

Vergleiche der Kostenkennwerte mit dem Referenzdatensatz von Wüest Partner

Die Auswertungen der Fallbeispiele werden unter anderem mit einem Referenzdatensatz, bestehend aus Massivbauten aus der Baukostendatenbank⁵ von Wüest Partner, verglichen. Es handelt sich um Wohngebäude in Massivbauweise, deren Baujahr jünger als 2000 ist. Ausserdem werden nur Gebäude mit Investitionsvolumen (BKP 1–9) ab CHF 10.0 Mio. und bis CHF 100.0 Mio. einbezogen. Die Eigentumsform wird analog den Fallbeispielen nicht eingeschränkt. In der Referenzmenge befinden sich gut 170 vergleichbare Objekte.

2.2 Datenerhebung der Fallbeispiele

Folgende Aufzählung gibt Auskunft über die Unterlagen und Angaben, welche direkt über die Eigentümerschaft angefragt wurden. Für die Verifikation der Angaben und ergänzende Informationen wurde teilweise Internetrecherche hinzugezogen:

- **Bauabrechnung** (inkl. MwSt.): Bei 7 Gebäuden handelt es sich um die definitive Schlussabrechnung. Für ein Gebäude stand zum Zeitpunkt der Auswertung die Schlussabrechnung noch nicht zur Verfügung; anstelle derer wurde der letzte Kostenvoranschlag als Berechnungsgrundlage verwendet. Es handelt sich dabei jedoch um einen Kostenstand, der von der definitiven Bauabrechnung nur noch

⁵ Die Datenabfrage wurde im März 2020 gemacht. Für die Auswahlkriterien gemäss Kapitel 2.2 sind insgesamt 171 Gebäude in der Referenzmenge erfasst. In dieser Auswahl sind des Weiteren 23 energiezertifiziert (Minergie-Standard und besser).

marginal abweichen dürften. Die Baukosten liegen mindestens bis zur ersten BKP Ebene (1 – 9) vor. Für jedes Objekt wird ausserdem die BKP Position 214 (Montagebau in Holz) zusätzlich erfasst. Für die Vergleichbarkeit der Fallbeispiele sind alle Honorare (z. B. auch GU-Honorar) einheitlich in der Position BKP 2 erfasst.

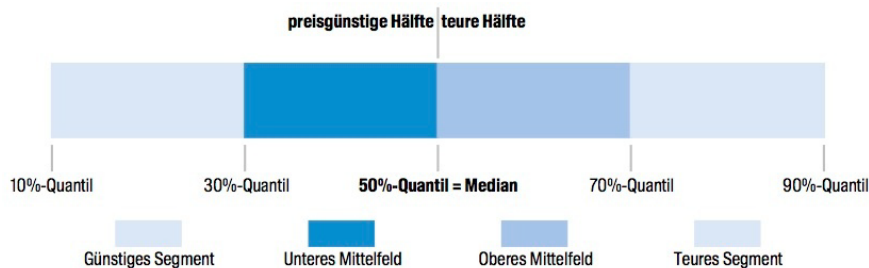
- **Gebäudekennzahlen** gemäss SIA 416: Baujahr, Grundstücksfläche (GSF), Gebäudegrundfläche (GGF), oberirdisches/ unterirdisches Gebäudevolumen (o.i./ u.i. GV), oberirdische/ unterirdische Geschossfläche (o.i./ u.i. GF), Hauptnutzfläche (HNF), Anzahl Wohneinheiten, Anzahl Parkplätze (PP), zusätzliche Fläche (HNF) der Gewerbenutzung.
- **Konstruktionsart und Gebäudestandard:** Diese Informationen geben ein Stimmungsbild über den Ausbau- und Wohnstandard, der sich in der Einschätzung der Mietpreise widerspiegelt. Ausserdem gibt die Konstruktionsart Auskunft über verwendete Techniken und allfällige Kostentreiber wie z. B. Pfahlfundationen.
- **Wärmeerzeugung:** Für die Ermittlung der Gebäudeenergieausweise (GEAK) spielt die Wärme- und Stromerzeugung eine zentrale Rolle, da die Treibhausgasbilanz (THG-Bilanz) für z. B. unterschiedliche Wärmeerzeuger wie Gasheizung oder Holzpellet Heizung sehr unterschiedlich ausfällt.
- **Verbaute Holzmenge** und falls in Erfahrung zu bringen der Anteil an Schweizer Holz.

2.3 Auswertungen der Fallbeispiele

Für jedes Fallbeispiel wird ein Steckbrief erstellt und im Anhang aufgeführt (ab Seite 43). Die Steckbriefe erlauben eine Plausibilisierung der Ergebnisse in Kapitel 3 und beinhalten ausserdem weiterführende Informationen zur Konstruktionsart, zum Ausbaustandard und zur Energieversorgung. Die Auswertung der Fallbeispiele erfolgt in anonymisierter Form.

2.3.1 Quantilerklärung

Die Auswertungen werden teilweise in Quantils Grafiken gemacht. Das 50%-Quantil markiert die Grenze zwischen der teuren und der preisgünstigen Hälfte der Angebote und wird auch als «Median» bezeichnet (50% der Daten befinden sich über und 50% der Daten unter dem jeweiligen Wert). Der Median kann mit dem Durchschnittspreis verglichen werden, reagiert aber im Vergleich zu diesem weniger stark auf extreme Einzelobjekte.



Beispiele:

- 10%-Quantil: preisgünstigste 10 Prozent aller Angebote liegen unter diesem Wert
- 30%-Quantil: preisgünstigste 30 Prozent aller Angebote liegen unter diesem Wert

2.3.2 Grafische Darstellung von Projektkennwerten mittels Piktogrammen

Mittels Piktogrammen werden ausgewählte Kennwerte sowohl im Steckbrief jedes Fallbeispiels, als auch für gewisse Auswertungen, grafisch dargestellt. Dies soll der Übersichtlichkeit und der schnellen Vergleichbarkeit von Fallbeispielen dienen. Die verwendeten Piktogramme sind die Folgenden:

Standort	Grosszentren 	Agglomeration Grosszentren 	Kleine und mittlere Zentren 	Agglomeration kleine und mittlere Zentren 	Peripherie
Bauträger	Privat 	Institutionell 	Genossenschaft 	Öffentliche Hand 	
Typologie	Punktbauten 	Reihenhaus 	Offener Blockrand 	Blockrand 	
Bauweise	Hybrid Skelettbauweise 	Hybrid Rahmenbauweise 	Hybrid Massivholzbauweise 		
Fundation	Fachfundation 	Pfahlfundation 			
Anzahl Wohnungen	1 – 10 Wohnungen 	11 – 50 Wohnungen 	51 + Wohnungen 		

2.3.3 Standortgenauigkeit

Die Standorte der Fallbeispiele werden gemäss einer Klassifizierungsmethode von Wüest Partner in fünf Gemeindetypen eingeteilt:

- Grosszentrum: Nationale und regionale Grosszentren mit wirtschaftlicher Bedeutung (Zürich, Bern, Basel, Lausanne, Genf).
- Kleine und mittlere Zentren: Ortschaften mit regionaler Bedeutung mit z. B. Zentrumsfunktion in der MS-Region.
- Agglomeration Grosszentren: Agglomerationsgemeinden im Einflussbereich der Grosszentren.
- Agglomeration kleine und mittlere Zentren: Agglomerationsgemeinden im Einflussbereich von kleinen und mittleren Zentren.
- Peripherie: Gemeinden an peripherer Lage ohne direkten Bezug zu regionalen Zentren.

2.3.4 Art der Bauträger

Für die Einteilung der Fallbeispiele werden die folgenden Bauträger unterschieden:

- Privat: Privatpersonen oder ein Zusammenschluss einzelner Personen mit kleinem bis mittlerem Investitionsvolumen.

- Institutionell: Bauherren (juristische Personen) mit grossem Investitionsvolumen wie Immobilienfirmen, Pensionskassen, Versicherungen, Immobilienfonds, Anlagestiftungen und kotierte Immobiliengesellschaften.
- Genossenschaften: Zusammenschluss oder Verband von natürlichen oder juristischen Personen mit sozialen und wirtschaftlichen Zielen. Die Wohnungen werden nicht gewinnstrebig vermietet (Prinzip der «Kostenmiete») und die Mieter profitieren dadurch von tiefen Mieten.
- Öffentliche Hand: Gemeinden, Kantone und der Bund, sowie öffentliche Unternehmen.

2.3.5 Gebäudetypologie und Konstruktionsweise

Die Fallbeispiele werden in einem städtebaulichen Kontext in die Typologien

- Punktbau,
- Reihenhhaus,
- Offener oder geschlossener Blockrand

eingeteilt. Diese qualitative Information dient der Leserschaft zur Plausibilisierung gewisser Ergebnisse und Auswertungen wie z. B. Energie- oder Kostenkennwerte. Ein besseres Verständnis für die Kostenkennwerte liefert ausserdem die Konstruktionsweise (Erläuterungen zur Bauweise siehe Kapitel 1.3). Alle in der Fallstudie untersuchten Projekte weisen Bauteile in Massivbauweise auf (Erschliessungszonen etc.), weshalb von **hybriden Konstruktionen** gesprochen wird. Die Unterteilung erfolgt in

- Hybride Gebäude in Skelettbauweise
- Hybride Gebäude in Rahmenbauweise
- Hybride Gebäude in Massivholzbauweise

Zur weiteren Plausibilisierung der Kostenkennwerte wird des Weiteren der Fundationstyp (Flachfundation oder Pfahlfundation) ausgewiesen.

2.3.6 Auswertungen zum Standort und Wohnungsmarkt

Für die Marktanalyse werden Daten von Wüest Partner ausgewertet. Im Sinne einer anonymisierten Auswertung werden die Ergebnisse jeweils in Spektren ausgegeben. Die Spanne der jeweiligen Spektren orientiert sich an der Grössenordnung der ausgewerteten Fallbeispiele. Folgende Angaben werden zum Stimmungsbild jeder Liegenschaft gemacht:

- **Demografie und Beschäftigtenstatistik:** Die Auswertung erfolgt quantitativ in Spektren. Nebst der aktuellen Bevölkerung als Indikator einer grosstädtischen bis peripheren Lage gibt die Erreichbarkeit Auskunft über die Zentralität und Erschliessung eines Standortes. Ausgewertet wird die Erreichbarkeit von Einwohner und Beschäftigten innerhalb von einem 30 Minuten Radius mit dem motorisierten Individualverkehr (MIV).
- **Angebotspreise, Leerstands- und Angebotsquote:** Die Auswertungen erfolgen quantitativ in Spektren. Die Angebotspreise werden für den jeweiligen Standort ermittelt. Die Leerstandsquote gemäss Leerwohnungszählung BFS gibt die Anzahl leerstehender Mietwohnungen im Verhältnis zum Bestand aus. Die Angebotsquote beschreibt wiederum den Anteil an ausgeschriebenen Mietwohnungen im Verhältnis zum Bestand. Alle drei Kennwerte geben Auskunft über die jeweilige Standortattraktivität. Je tiefer die Angebots- und Leerstandsquote ist und je höher die Angebotspreise sind, desto attraktiver ist der Standort zu werten.
- **Steuerbelastung:** Die Auswertung erfolgt qualitativ und wird im Vergleich zum Schweizer Durchschnitt, sowohl für Alleinverdienende, wie auch Verheiratete.

Für die Auswertung der Standort- und Markteigenschaften versteht sich diese Aussage als weiteren Parameter zur Beurteilung der Standortattraktivität.

- **Infrastruktur:** Die vorhandene Infrastruktur am Standort wird qualitativ beschrieben. Sie gibt weiterführende Hinweise zur Standortqualität und plausibilisiert die Marktlage. Eine gute öffentliche (ÖV) und private Anbindung (motorisierter Individualverkehr, Abk. MIV) an ein nahegelegenes Zentrum, gepaart mit einer tiefen Steuerbelastung, kann sich unter Umständen ebenso positiv auf die Standortattraktivität auswirken wie ein regionales Zentrum mit reichhaltiger Infrastruktur.
- **Makrolagenrating** gemäss Wüest Partner: Das Standort- und Marktrating für Mietwohnungen hat zum Ziel, alle Gemeinden der Schweiz mittels einer systematischen Analyse für jede Immobiliennutzung vergleichbar zu machen. Insgesamt werden über 300 Faktoren berücksichtigt. Das Resultat sind Aussagen zur Standortqualität einerseits - dazu zählen Eigenschaften wie Erreichbarkeit oder Steuerbelastung - und zur Beschaffenheit des lokalen Immobilienmarktes andererseits. Das Ergebnis ist ein Ratingwert pro Gemeinde, wobei es sich um eine relative Einschätzung im Vergleich zu den übrigen Schweizer Gemeinden handelt. Die Auswertung erfolgt quantitativ mit der Note 1 (extrem schlecht) bis 5 (exzellent), wird im Sinne einer anonymen Auswertung jedoch nur beschreibend (sehr schlecht bis exzellent) ausgewiesen.
- **Mikrolagenrating** gemäss Wüest Partner: Die Mikrolage umfasst in der Summe eine Vielzahl an kleinräumigen Eigenschaften, die das unmittelbare Umfeld einer Immobilie charakterisieren. Die Beurteilung der Mikrolage von sehr schlecht bis exzellent erfolgt relativ zur Gemeinde. Innerhalb jeder Gemeinde kommt jede Mikrolagennote, unabhängig davon, ob die Lagequalität der Gemeinde als Ganzes als sehr schlecht oder exzellent eingestuft wird.

2.3.7 Herleitung der Erstellungskosten

Für die Auswertung werden einerseits die relevanten Grössen aus den Bauabrechnungen bestimmt. Die Kategorisierung der Baukosten erfolgt gemäss Baukostenplan (BKP). Fokus liegt dabei auf der Summe aus den BKP Positionen 1–5, aber auch die Kostenbenchmarks aus BKP 2 werden ermittelt. Die Menge an verbauten Holz wird mit Kennzahlen aus der BKP-Position 214 (Montagebau in Holz) plausibilisiert.

Die Baukosten sind sowohl für die Fallbeispiele, als auch die Referenzmenge mit den Massivbauten indiziert auf Ende 2019 gemäss Schweizerischem Baupreisindex zu verstehen. Die Kostenbenchmarks verstehen sich ausserdem immer inklusive der Mehrwertsteuer (MwSt.).

Um die Kostenkennzahlen mit dem Referenzdatensatz⁶ der Massivbauten vergleichen zu können, werden die Kosten der Tiefgarage, falls vorhanden, nicht berücksichtigt. Für diejenigen Fallbeispiele, bei denen eine Abgrenzung der Tiefgarage aus der Baukostenabrechnung nicht möglich ist, wird mit Benchmarks (Erstellungskosten pro Parkplatz, siehe Abbildung 7 und Abbildung 8) eine Abgrenzung gemacht.

Abbildung 7: Kostenbenchmark Einstellplätze in CHF, Unterteilung in Ausbaustandard: dürftig bis luxuriös,
Quelle: Wüest Partner

⁶ Referenzdatensatz von Wüest Partner (Baukostenanalyse) mit insgesamt 171 Gebäude. Weiterführende Informationen sind in Kapitel 2.1 zu finden.

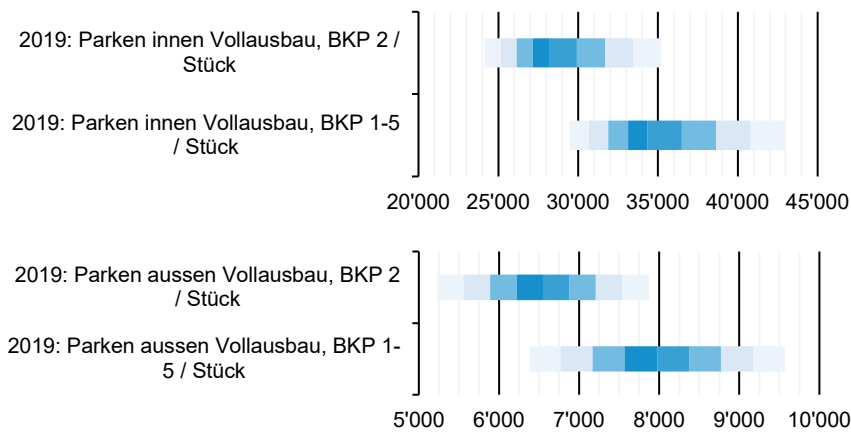


Abbildung 8: Kostenbenchmark Aussen-Parkplätze in CHF, Unterteilung in Ausbaustandard: dürftig bis luxuriös, Quelle: Wüest Partner

Die Auswertungen der Kostenkennzahlen sind sowohl für die Fallbeispiele, als auch die Referenzmenge mit den Massivbauten, für die folgenden Kenngrössen gemacht:

- Kosten pro Volumen: Die Kostenkennwerte beziehen sich auf das oberirdische Gebäudevolumen.
- Kosten pro Geschossfläche: Die Kostenkennwerte beziehen sich auf die gesamte Geschossfläche, abzüglich der Tiefgarage.

2.3.8 Herleitung weiterer wirtschaftlicher Kennzahlen

Für die Ermittlung weiterer Kennzahlen wie kalkulatorischer Rendite und Betriebskosten werden einheitliche Annahmen für alle Fallbeispiele getroffen, um eine Vergleichbarkeit untereinander ermöglichen zu können.

- **Jahresmietertrag:** Unter Berücksichtigung der Objekt- und der Standorteigenschaften wird der Jahresmietertrag (Marktmiete) mittels Benchmarks von Wüest Partner abgeschätzt. Es wird für alle Fallbeispiele von einer reinen Vermietung zu marktüblichen Preisen ausgegangen.
- **Landwert:** Gemäss Baulandpreismodell von Wüest Partner wird für jedes Fallbeispiel in Abhängigkeit der Lageklasse ein um die effektive Ausnützungsziffer bereinigter Landwert ermittelt. Bei den Baulandpreisen handelt es sich um modellierte Werte. Diese werden basierend auf den aktuellen Marktwerten von Standardliegenschaften abzüglich deren Erstellungskosten berechnet (Residualwertmethode). Es werden keine gemundespezifischen Ausnützungsvorgaben wie Arealüberbauung, Baumassenziffer, Grenzabstände etc. berücksichtigt. Modellwerte können von den tatsächlichen Preisen daher deutlich abweichen.
- **Kalkulatorische Rendite:** Für jedes Projekt wird die kalkulatorische Rendite ermittelt. Diese ergibt sich aus dem Quotienten des Jahresmietertrages und des Landwerts. Es handelt sich dabei um eine Renditeeinschätzung, die auf der Einschätzung von Wüest Partner beruht und nicht die effektive Rendite darstellt.

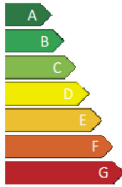
2.3.9 Herleitung energetischer Kennzahlen

Für die untersuchten Fallbeispiele wurden Gebäudeenergieausweise (GEAK-Neubau Vorabzug im Onlineauswertungstool) gemacht⁷. Folgende Kennzahlen werden dabei ermittelt:

- Gesamteffizient der Gebäudehülle: Bewertung nach Energieklasse (A bis G).
- Effizienz der Gesamtenergie: Bewertung nach Energieklasse (A bis G).

⁷ GEAK Tool Version V5.3, Auswertungszeitraum März 2020.

Die Einteilung der Gesamteffizienz der Gebäudehülle, sowie der Effizienz Gesamtenergie wird in sieben Kategorien A bis G gemacht. Heutige Neubauten erreichen dabei aufgrund der energetischen Planungsvorschriften die Kategorie B. Damit die Kategorie A erreicht werden kann, muss neben umweltschonenden Wärmeerzeugern auch die Eigensstromproduktion in einem hohen Masse erfolgen.






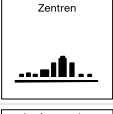




Die für die Eingabe notwendigen Gebäudekennzahlen werden anhand von Vergleichsobjekten und Referenzbewertungen plausibilisiert. Die untersuchten Objekte wurden nicht besichtigt und vielfach mussten Annahmen über diverse Parameter getroffen werden. Die Eingabe erfolgte vielfach über den «Gebäude-wizard», eine Funktion, die aufgrund gewisser Voraussetzungen selber Annahmen zum Gebäudestandard trifft.

3 Ergebnisse

3.1 Standort und Markt

Die Auswertung der Standort- und Marktdaten der Fallbeispiele sind nachfolgend in tabellarischer Form ersichtlich:

Standort	Nr.	Einwohner	Erreichbarkeit Einwohner Beschäftigte	Mietermarkt Angebotspreise* Leerstand (LS)** Angebotsquote***	Steuerbelastung	Makrolage/ Mikrolage
	1	> 200' 000	> 1.5 Mio. Einwohner > 1Mio. Beschäftigte	CHF 325 – 430/m ² a < 0.5% LS 3.0 – 3.5%	Durchschnittlich	Exzellente/ Durchschnittlich
	2	> 200' 000	> 1.5 Mio. Einwohner > 1Mio. Beschäftigte	CHF 325 – 430/m ² a < 0.5% LS 3.0 – 3.5%	Durchschnittlich	Exzellente/ Durchschnittlich
	3	> 200' 000	> 1.5 Mio. Einwohner > 1Mio. Beschäftigte	CHF 325 – 430/m ² a < 0.5% LS 3.0 – 3.5%	Durchschnittlich	Exzellente/ Durchschnittlich
	4	10'000 – 20' 000	0.5 – 1.0 Mio. Einwohner 0.5 – 1.0 Mio. Beschäftigte	CHF 200 – 250/m ² a 1.0 – 1.5% LS 6.0 – 6.5%	Sehr hoch	Sehr gut/ Gut
	5	> 200' 000	> 1.5 Mio. Einwohner > 1Mio. Beschäftigte	CHF 325 – 430/m ² a < 0.5% LS 3.0 – 3.5%	Durchschnittlich	Exzellente/ Gut
	6	100'000 – 200' 000	1.0 – 1.5 Mio. Einwohner 0.5 – 1.0 Mio. Beschäftigte	CHF 200 – 250/m ² a 0.5 – 1.0% LS 5.0 – 5.5%	Unterdurchschnittlich	Sehr gut/ Überdurchschnittlich
	7	10'000 – 20' 000	1.0 – 1.5 Mio. Einwohner 0.5 – 1.0 Mio. Beschäftigte	CHF 250 – 300/m ² a < 0.5% LS < 2.0%	Sehr tief	Exzellente/ Gut
	8	100'000 – 200' 000	0.5 – 1.0 Mio. Einwohner < 0.5 Mio. Beschäftigte	CHF 200 – 250/m ² a 0.5 – 1.0% LS 5.5 – 6.0%	Überdurchschnittlich	Sehr gut/ Gut

* Angebotspreise für Mietwohnungen, 50%-Quantil bis 70%-Quantil. Quelle: Wüest Partner

** Sockelleerstand für Mietwohnungen. Quelle: Leerwohnungszählungen BFS

*** Angebotsquote für Mietwohnungen. Quelle: Wüest Partner

Von den 8 untersuchten Fallbeispielen befinden sich 5 in Grossstädten, zwei in Agglomerationsgemeinden von Grossstädten und eines in einer kleinen bis mittelgrossen Gemeinde mit Zentrumsfunktion.

Fallbeispiel Nr. 1, 2, 3, 5 und 7 zeichnen sich durch hohe Mietpreise, tiefe Leerstände und tiefe Angebotsquoten aus. Die Ortschaften sind für die Mietwohnnutzung sehr attraktiv. Fallbeispiel 7 befindet sich im ländlichen Umfeld mit weniger Infrastruktur, weist dafür eine sehr gute Verkehrsanbindung und einen sehr tiefen Steuersatz auf.

Fallbeispiel Nr. 4, 6 und 8 weisen Mietpreise auf, die sich immer noch über dem nationalen Durchschnitt von CHF 190 pro m² und Jahr befinden.

Alle Fallbeispiele befinden sich ausserdem in Regionen, die eine deutlich tiefere bis durchschnittliche Leerstandsquote, verglichen mit dem Schweizer Durchschnitt der letzten Jahre von 1.8%, aufweisen. Die Fallbeispiele sind zum jetzigen Zeitpunkt deshalb auch alle praktisch vollvermietet.

Die Angebotsquote für Mietwohnungen bewegt sich im Schweizer Durchschnitt bei 6.9%. Es befinden sich alle Fallbeispiele an Standorten mit einer tieferen Angebotsquote. Für die Grossstädte bedeutet eine tiefe Angebotsquote begrenzte bauliche Tätigkeiten (weniger freies Bauland zur Verfügung) und eine sehr grosse Nachfrage. Für das Fallbeispiel Nr. 4 zeigt die Angebotsquoten von über 6% bei gleichzeitig tiefer Leerstandsquote eine sehr dynamische und aus Investorensicht interessante Ortschaft an. Es wird dort viel gebaut, gleichzeitig ist die Marktabsorption der neu erstellten Wohneinheiten aufgrund der grossen Nachfrage relativ kurz.

Fazit Standort und Markt

Alle Fallbeispiele wurden an Orten realisiert, die aus Investorensicht interessant sind. Der Wohnungsmarkt präsentiert sich für alle Fallbeispiele intakt und es herrscht eine gute bis hohe Nachfrage nach Wohnungen. Überdies wurden alle Fallbeispiele an Orten realisiert, die sich im Schweizer Vergleich durch hohe Mietpreise und tiefe Leerstandsquoten auszeichnen. Das Makrolagenrating von Wüest Partner vergibt allen Lagen ein sehr gutes bis exzellentes Rating, was für Investoren auch als ein verringertes Anlagerisiko zu verstehen ist. Innerhalb der Gemeinden stehen die untersuchten Fallbeispiele an durchschnittlichen bis guten Mikrolagen, was durchschnittliche bis überdurchschnittliche Mietpreise (im Vergleich zur Makrolage) rechtfertigt.

3.2 Betriebsenergie nach GEAK

Alle Fallbeispiele erreichen mit Ausnahme der Gebäudehülle von Nr. 1 die Kategorie B in der GEAK-Auswertung für die Gebäudehülle und die Effizienz der Gesamtenergie.

Fallbeispiel	1	2	3	4	5	6	7	8
Gebäudehülle	C	B	B	B	B	B	B	B
Gesamtenergie	B	B	B	B	B	B	B	B

Das Fallbeispiel 1 wurde kurz nach der Jahrtausendwende erstellt, weist trotzdem energetische Kennzahlen auf, die fast einem heutigen Neubaustandard entsprechen. Diese Überbauung schneidet daher trotz Ihres Alters immer noch sehr gut ab.

Die Klassifizierung der Fallbeispiele Nr. 2 bis 8 in die Kategorie B lässt sich folgendermassen erklären:

- Die angestellten GEAK-Auswertungen stellen aufgrund beschränkter Informationen zu den Fallbeispielen konservative Ergebnisse dar. Es kann insbesondere bei den Minergie-P(-Eco) zertifizierten Gebäude davon ausgegangen werden, dass diese mittels exakterer Berechnung möglicherweise in die Gebäudekategorie A fallen.
- Grundsätzlich kann gesagt werden, dass die untersuchten Gebäude alle besser ausfallen als der durchschnittliche energetische Gebäudestandard von

Neubauten. Das Fallbeispiel Nr. 1 reiht sich energetisch im Mittelfeld der heutigen Neubauten ein, was bemerkenswert ist.

Die Ergebnisse wurden kritisch hinterfragt und es konnten bei der GEAK-Auskunft⁸ folgende Zusatzinformationen eingeholt werden:

- Minergie-P zertifizierte Gebäude erreichen gemäss GEAK-Auswertung nicht zwingend die Klassifizierung A, da der Eigendeckungsbedarf der Elektrizität unter Umständen nicht genügend hoch ist. Generell sind Minergie-P zertifizierte Gebäude jedoch im Übergangsbereich zwischen Klasse A und B angesiedelt.
- Für Gewerbenutzungen wird ein Strombedarf modelliert, der denjenigen von Wohnungen klar übersteigt. Es ist daher sehr schwierig, im GEAK-Ausweis die Energieklasse A zu erreichen, wenn die Gewerbefläche in einer Liegenschaft anteilmässig gross ist. Dies trifft insbesondere auf das Fallbeispiel 5 zu.
- Der GEAK-Ausweis richtet sich nach den neusten Normen und Standards. Für Gebäude, die etwas älter sind und vor einigen Jahren geplant wurden, ist es aufgrund heutiger verschärfter Normen sehr schwierig, die Klassifizierung A zu erreichen. Dies gilt auch für Gebäude, die z. B. Minergie-P zertifiziert wurden.

Fazit Betriebsenergie nach GEAK

Die untersuchten Fallbeispiele sind energetisch alle sehr hochwertig gebaut. Im Vergleich mit gleichaltrigen Bauten fallen die Holzbauten besser bis deutlich besser aus. Dass die Klassifizierung A nach GEAK bei keinem Fallbeispiel erreicht wurde, hat mit der konservativen Bewertung aufgrund vieler getroffener Annahmen zu tun. Insbesondere für die Fallbeispiele Nr. 2 bis 8 ist es durchaus plausibel, mittels exakteren Bewertungen die Klassifizierung A zu erreichen.

⁸ Telefonische Auskunft am 24.06.2020, Ansprechperson Fr. A. Husi; Verein GEAK-CEBE-CECE, Geschäftsstelle, Bäumlengasse 22, 4051 Basel

3.3 Kostenkennwerte

Die Auswertung der Kostenkennwerte für die Fallbeispiele ist in untenstehender Tabelle gemacht. Fallbeispiel Nr. 5 sticht mit vergleichsweise sehr hohen Kosten hervor. Dies rührt einerseits aus den baulichen Tätigkeiten im komplexen innerstädtischen Kontext, andererseits aus der sehr hochwertigen Materialisierung und des hochwertigen Gebäudestandards. Die Kosten BKP 1–5 pro HNF befinden sich für alle Fallbeispiele (mit Ausnahme von Nr. 5) im Bereich von rund CHF 4'000 bis CHF 5'000. Einen Einfluss der Bauweise ist in den Kosten nicht ersichtlich. Die Massivholzbauweise der Fallbeispiele 3 und 4 ist in der gleichen Grössenordnung wie die Rahmenbauweise der Fallbeispiele 1 und 6.

Fallbeispiel-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8
CHF BKP 1–5/ m ³ GV ⁽¹⁾	894	795	834	1'165	1'583	1'060	950	1'127
CHF BKP 1–5/ m ² GF ⁽²⁾	3'551	2'508	2'777	3'014	4'935	2'611	3'145	3'497
CHF BKP 1–5/ m ² HNF	4'812	4'018	4'304	5'163	6'266	4'370	4'968	4'551
CHF BKP 2/ m ³ GV ⁽¹⁾	775	614	670	1'041	1'459	934	791	1'037
CHF BKP 2/ m ² GF ⁽²⁾	3'080	1'938	2'233	2'694	4'547	2'301	2'619	3'218
CHF BKP 2/ m ² HNF	4'175	3'106	3'461	4'615	5'773	3'851	4'136	4'188
CHF BKP 214 ⁽³⁾ / m ³ GV ⁽¹⁾	96	100	125	222	213	110	167	201
CHF BKP 214 ⁽³⁾ / m ² GF ⁽²⁾	382	314	417	575	663	272	551	623
CHF BKP 214 ⁽³⁾ / m ² HNF	518	504	646	986	842	455	871	811

⁽¹⁾ Oberirdisches Gebäudevolumen

⁽²⁾ Geschossfläche ohne Tiefgarage

⁽³⁾ Montagebau in Holz. Darin enthalten sind unter anderem Kosten für Zimmerarbeiten, Ingenieurholzbau, Holzelementbau, Bekleidungen, Gerüste, Dächer und Unterkonstruktionen.

In Abbildung 9 sind die Baukosten BKP 2 in Abhängigkeit der verbauten Holzmenge für jedes Fallbeispiel abgebildet. Es scheint, dass die Baukosten mit zunehmendem Holzanteil steigen. Aufgrund des kleinen Datensatzes kann jedoch keine abschliessende Antwort darauf gegeben werden, wie sehr der Holzanteil in der Tragkonstruktion die Baukosten erhöht.

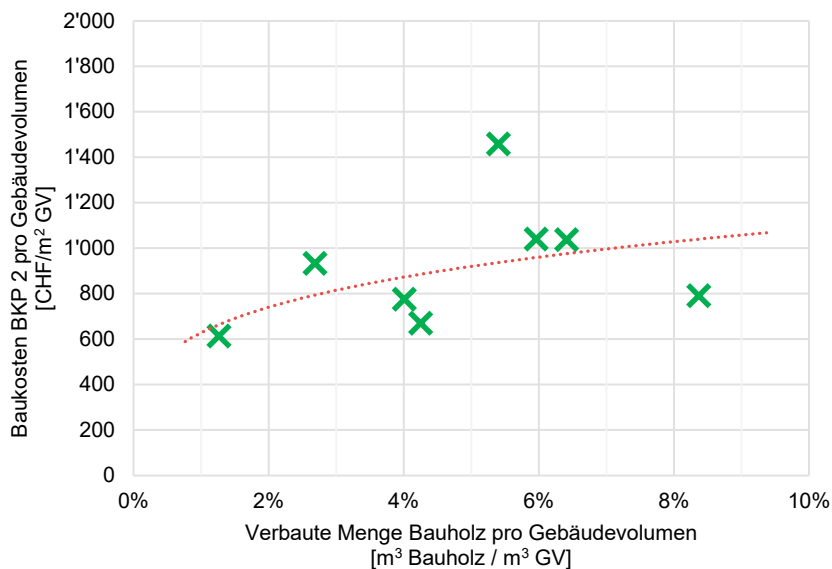


Abbildung 9 : Verbaute Menge Bauholz und Baukosten BKP 2 pro Gebäudevolumen. Trendlinie in Rot angedeutet. Auswertung: Wüest Partner

Tabelle 2: Auswertung der Kostenkennzahlen für acht Holzbauten. Auswertung: Wüest Partner

Mit zunehmender Holzmenge zeigt sich in den Auswertungen jedoch auch eine Abflachung dieses Effekts. Die Nutzung von Skaleneffekten, Wiederholungen und modulare Planung fördern dabei eine effiziente Holzbauweise.

Es zeigt sich jedoch auch pauschal, dass mit einem grossen Holzanteil preiswert gebaut werden kann. Das Fallbeispiel mit dem grössten Holzanteil von 8%, gemessen am Gebäudevolumen, liegt mit den Baukosten BKP 2 pro GV nämlich im unteren Mittelfeld der Auswertung.

Kostenvergleich mit Referenzdatensatz

Die vollständige grafische und tabellarische Auflistung aller Kostenkennwerte findet sich im Anhang B ab Seite 43. Die untenstehende Abbildung vergleicht die Holzbauten mit dem Referenzdatensatz. Die Referenzgebäude, welche zusätzlich energetisch zertifiziert sind, wurden zusätzlich noch separat ausgewertet. Es zeigt sich, dass der Holzbau im Median teurer abschneidet als die Massivbauten. Das 50%-Quantil der Holzbauten liegt knapp unterhalb des 70%-Quantils der ausgewerteten Massivbauten.

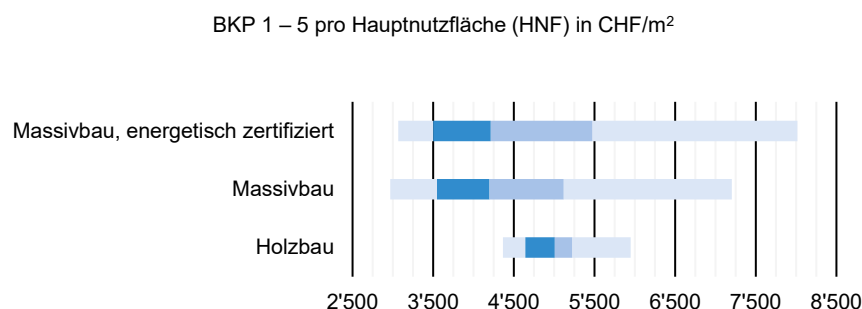


Abbildung 10: Kostenbenchmarks für die Baukosten BKP 1–5 pro Hauptnutzfläche. Unterteilung in Massivbau (zusätzliche Unterteilung energetisch zertifiziert) und in Holzbau.
Auswertung: Wüest Partner

CHF BKP 1–5 pro HNF	10%-Quantil	30%-Quantil	50%-Quantil	70%-Quantil	90%-Quantil
Massivbau, energetisch zertifiziert	3'067	3'499	4'206	5'283	8'018
Massivbau	2'967	3'549	4'199	5'119	7'202
Holzbau	4'365	4'642	5'007	5'228	5'950

Es kann jedoch auch gesagt werden, dass die Streuung der Kennwerte für die Holzbauten viel weniger stark ausfällt, als diejenigen der Referenzmenge. Ausserdem weisen die Holzbauten energetisch alle mindestens den Minergie-Standard auf und es handelt sich insgesamt um qualitativ hochwertige Bauwerke. Im Schnitt liegen die Holzbauten knapp unter dem 70%-Quantil der Massivbauten, was sicherlich auch dem Ausbaustandard und v.a. dem Innovationsgrad der Fallbeispiele geschuldet ist.

Fazit Baukosten

Die Baukosten der Holzbauten fallen im direkten Vergleich mit den Massivbauten etwas höher aus und liegen im Median leicht unterhalb des 70%-Quantils der Massivbauten. Dies ist nicht verwunderlich, da die Fallbeispiele alle durch hohe Standards überzeugen und teilweise auch grosse Entwicklungskosten in diese Bauten mit Pioniercharakter einfließen. Die Streuung der Kostenkennzahlen fällt für die Holzbauten dagegen deutlich kleiner aus, als diejenige der Massivbauten. Dies lässt sich sicherlich mit einer Planungs- und Kostensicherheit erklären, die der Holzbau durch seine modulare Bauweise bietet. Andererseits weisen die Holzbauten alle einen ähnlichen Gebäudestandard auf.

In der Auswertung der Fallbeispiele hat sich gezeigt, dass die Baukosten in Abhängigkeit der verbauten Holzmenge unterschiedlich hoch ausfallen. Die Baukosten steigen mit zunehmendem Holzanteil an. Es scheint, dass der initiale Aufwand der Holzbauweise unabhängig der verbauten Mengen Mehrkosten verursacht, die aufgrund des Skalen- und Wiederholungseffektes in der Planung und Ausführung unterproportional zur verbauten Holzmenge ansteigen.

Die Bauzeit hat für Investoren einen wesentlichen Einfluss auf die Entscheidungsfindung, da ein schneller Projektfortschritt mit einer möglichst frühen Vermietung schnellere Erträge verspricht. Diesem Anliegen wird der Holzbau mit seiner modularen Bauweise sehr gut gerecht. Für das 10-stöckige Holzhochhaus auf dem Suurstoffi Areal in Rotkreuz wurde mittels Building Information Modeling (BIM) geplant. Um die enge Terminplanung einzuhalten, wurde gemäss (Zug Estates Holding AG, 2019) auf eine Holzbaulösung gesetzt, da die digitalen Planungs- und Prozessketten im Holzbau bereits üblich sind und eine hohe Termintreue erreicht werden kann. Die gewählte Holz-Beton-Verbundkonstruktion erlaubte eine verkürzte Bauzeit von vier bis sechs Monaten bei gleichbleibenden Erstellungskosten.

In den Kostenbenchmarks in Abbildung 10 ist der Einfluss der Bauzeit nicht berücksichtigt. Wird diesem Umstand Rechnung getragen, so können vereinfacht betrachtet Mietzinseinnahmen, die durch die Zeitersparnis entstehen, von den Baukosten abgezogen werden. In einem Gedankenbeispiel lassen sich so für ein Wohngebäude im grossstädtischen Raum an guter Mikrolage zwischen CHF 30 – 35 pro m² Wohnfläche und Monat Zeitersparnis auf die Baukosten abziehen. Durch ein halbes Jahr Zeitersparnis lassen sich somit die Baukosten um ca. CHF 200.- pro m² Wohnfläche reduzieren.

3.4 Wirtschaftlichkeit

Als Kenngrösse für die Wirtschaftlichkeit einer betriebenen Liegenschaft kann die kalkulatorische Rendite (entspricht der Bruttoanfangsrendite) untersucht werden. Die Kenngrösse errechnet sich aus dem aktuellen Sollertrag (Mieteinnahmen), dividiert durch den Kaufpreis oder die Erstellungskosten inklusive des Landwertes. Für die Auswertung der Holzbauten wird die Bruttoanfangsrendite über den Sollertrag, dividiert durch die Anlagekosten inkl. Landwert, errechnet.

$$\text{Brutto Anfangsrendite} = \frac{\text{Sollertrag durch Mieteinnahmen}}{\text{Anlagewert} + \text{Landwert}}$$

In der Schweiz nimmt die Zahlungsbereitschaft für Direktanlagen in Form von Immobilien seit einigen Jahren kontinuierlich zu, was sich in sinkenden Anfangsrenditen zeigt. Je höher der Kaufpreis ausfällt, den ein Investor bereit ist für eine Liegenschaft zu zahlen, desto kleiner fällt die Anfangsrendite aus.

Die Differenz zwischen der Brutto- und der Nettoanfangsrendite entsteht aus den Aufwendungen, die der Eigentümer einer Liegenschaft zu tragen hat. Darunter fallen Versicherungs- und Verwaltungskosten, evtl. Liegenschaftssteuern, Instandhaltungs- und Instandsetzungskosten. Je älter eine Liegenschaft ist, desto grösser fallen die Instandhaltungs- und Instandsetzungskosten an und desto grösser fällt der Unterschied von Brutto- zu Nettoanfangsrendite aus. Für neue Liegenschaften beträgt der Unterschied von Brutto- zu Nettoanfangsrendite meist weniger als 1%.

Der Vergleich von Transaktionen von Wohnliegenschaften im Jahr 2019 für sehr gute bis exzellente Makrolagen mit den ausgewerteten Fallbeispielen ist in Abbildung 11 ersichtlich.

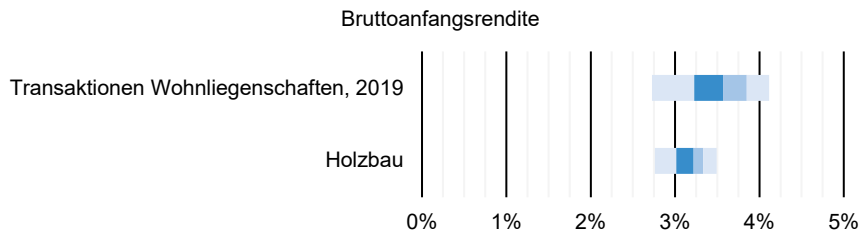


Abbildung 11: Bruttoanfangsrenditen für Wohnliegenschaften (Transaktionen 2019) an sehr guter bis exzellenter Makrolage und untersuchte Fallbeispiele.

Quelle: Wüest Partner

Bruttoanfangsrendite	10%-Quantil	30%-Quantil	50%-Quantil	70%-Quantil	90%-Quantil
Transaktionen Wohnliegenschaften, 2019	2.73%	3.23%	3.57%	3.85%	4.12%
Holzbau	2.76%	3.01%	3.22%	3.33%	3.49%

Die untersuchten Holzbauten weisen im Median eine Bruttoanfangsrendite von 3.2% auf. Der 50%-Quantil Wert der vergleichbaren Wohnliegenschaften im 2019 ist mit 3.6% etwas höher angesiedelt. Das 30%-Quantil der vergleichbaren Wohnliegenschaften beträgt jedoch ebenfalls 3.2%.

Fazit Wirtschaftlichkeit

Die Auswertung der Holzbauten beruht auf Modellannahmen von Wüest Partner und kann deshalb vom wirklichen Wert etwas abweichen. Die Auswertung zeigt jedoch auf, dass alle Holzbauten zum heutigen Zeitpunkte eine Rendite aufweisen, welche den Erwartungen von institutionellen Investoren voll und ganz entsprechen.

3.5 Nachhaltigkeit

Die Auswirkungen von verschiedenen Baumaterialien auf die Umwelt wird gemäss Richtlinien der Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren (KBOB) mittels Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) quantifiziert. Die kumulierte Wirkung verschiedener Treibhausgase werden in Bezug auf die Leitsubstanz CO₂ als Treibhausgasemissionen quantifiziert. Dafür werden die Treibhauspotenziale der im Kyoto-Protokoll festgehaltenen Treibhausgase Methan (CH₄), Lachgas (N₂O), teilhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe (HFKW), perfluorierte Kohlenwasserstoffe (PFKW) und Schwefelhexafluorid (SF₆) gemäss dem 5. Sachstandsbericht des IPCC (2013) auf das Treibhausgaspotenzial von CO₂ umgerechnet.

Treibhausgasemissionen entstehen in der Herstellung und der Entsorgung von Bauteilen. Diese sogenannte Primärenergie setzt sich aus einem erneuerbaren und nicht erneuerbaren Anteil zusammen. Der nicht erneuerbare Anteil an Primärenergie wird auch als «Graue Energie» bezeichnet.

Ein bedeutender Teil der Treibhausgasemissionen im Lebenszyklus vieler Gebäude entsteht jedoch in der Nutzungsphase durch den Betrieb. Dieser Anteil ist umso grösser, je schlechter ein Gebäude gedämmt ist. In der Schweiz weisen beispielsweise viele Bauten aus den 1960er und 1970er Jahren gar keine Fassadendämmung auf. Die THG-Emissionen aus dem kumulierten Wärme- und Strombedarf fallen dann zum Teil deutlich höher aus als die Graue Energie, die in die Herstellung und Entsorgung der Baumaterialien investiert wurde. Grundsätzlich gilt, je besser ein Gebäude thermisch gedämmt ist, desto geringer fallen die THG-Emissionen im laufenden Betrieb an.

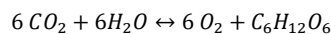
Eine weitere Betrachtungsweise der Nachhaltigkeit beruht auf der Methode der ökologischen Knappheit und fasst ein breites Spektrum von Umweltbelastungen in einer

Kennzahl zusammen, den sogenannten Umweltbelastungspunkten (UBP). Die Ermittlung der Umweltbelastung erfolgt, in dem die Mengen aller emittierten Schadstoffe oder sonstiger Belastungen mit jeweiligen Ökofaktoren multipliziert werden. Je schädlicher die Einwirkung ist, desto höher fällt der Ökofaktor aus. Berücksichtigte Faktoren sind hierbei nebst dem THG-Potenzial und der Primärenergie unter anderem auch das Ozonabbaupotenzial, die Bodenversäuerung, krebserzeugendes Potenzial, die Erschöpfung von Ressourcen etc.

Die Ökofaktoren werden anhand der Schweizer Umweltziele festgelegt. Je mehr ein Kriterium ein gesetztes Umweltschutz-Ziel überschreitet, desto grösser wird der Ökofaktor. In der vorliegenden Studie wird diese Betrachtungsweise jedoch nicht weiterverfolgt.

CO₂-Bindung von Bauholz

Die Menge an gebundenem CO₂ im Bauholz wird für die Fallbeispiele über die verbaute Holzmenge bestimmt. Für die Photosynthese wird Kohlenstoffdioxid (CO₂) und Wasser (H₂O) mittels Sonnenenergie in Sauerstoff (O₂) und Glucose (C₆H₁₂O₆) umgewandelt. Der Kohlenstoff (C) dient dem organischen Aufbau des Baumes und wird im Holz gebunden.



Chemische Formel der Photosynthese.

Holz besteht zu ca. 50% aus Kohlenstoff (C) Atomen. Mit einer mittleren Darrdichte von ca. 500 kg pro Kubikmeter Bauholz sind somit rund 250 kg Kohlenstoff gespeichert. Für die Anreicherung von 1 kg Kohlenstoff werden rund 3.67 kg CO₂ aus der Atmosphäre benötigt.⁹

In einem Kubikmeter Holz sind somit rund 917 kg CO₂ aus der Atmosphäre gespeichert, was vereinfacht mit einer Tonne gleichgesetzt wird.

1 m³ Holz ≅ 1 Tonne gebundenes CO₂ aus der Atmosphäre

In den untersuchten Fallbeispielen wurde unterschiedlich viel Holz verbaut. Dies nicht nur in absoluten Zahlen ausgedrückt, sondern auch relativ z. B. im verbauten Bauholz pro HNF. Die untenstehende Tabelle macht eine Vergleichsrechnung für die Fallbeispiele über das zurückgehaltene atmosphärische CO₂ im Baustoff Holz.

Vergleichsrechnung für atmosphärisch gebundenes CO₂ im Holz.

Fallbeispiel-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8
Verbaute Menge Bauholz, in Tonnen	825	102	285	1'126	315	261	2'399	450
Verbautes Bauholz pro m ² o.i. GF, in Kilogramm	81	20	71	101	84	39	144	99
Gebundenes CO ₂ , in Tonnen	1'650	205	569	2'252	630	521	4'797	900
Anzahl Flüge ZHR JFK, retour, Economy	565	70	195	775	215	180	1'650	310
Anzahl Weltumrundungen im Mittelklassewagen	131	16	45	179	50	41	381	72

Die eindrücklichen Zahlen zeigen auf, wie viel CO₂ sich in einer Holzbaukonstruktion binden lassen. Im Gegensatz zu Beton und Stahl, die keinen solchen Effekt aufweisen, kann mit Holz eine Verzögerung von CO₂ Emissionen erreicht werden, indem diese über viele Jahre im Bauwerk gespeichert werden. Das gebundene CO₂ wird

⁹ Die molare Masse von CO₂ ist gleich 44 g/mol, diejenige von C ist gleich 12 g/mol. Der Umrechnungsfaktor von CO₂/C entspricht somit 3.67.

am Ende des Lebenszyklus z.B. durch die Gewinnung von zusätzlicher Energie (durch die Verbrennung) freigesetzt.

Graue Energie

Es stellt sich immer wieder die Frage, ob Holzgebäude besser abschneiden betreffend grauer Energie und Treibhausgasemissionen als konventionelle Massivbauten. Für eine Beurteilung ist es notwendig, einen direkten Vergleich auf Bauteilebene vorzunehmen. Die Anforderungen an Schallschutz und Wärmedämmung stellen dabei kritische Randbedingungen dar. Es kann sein, dass eine Holzbaudecke mit einer Spannweite von 3 Meter aufgrund der tieferen Schallschutzanforderungen in Bezug auf die Nachhaltigkeit besser abschneidet als eine konventionelle Stahlbetondecke. Bei einer Erhöhung der Spannweite auf z. B. 6 Meter schneidet unter Umständen die Stahlbetondecke besser ab. Für den interessierten Leser sei hier der Hinweis gemacht, dass Internetquellen wie www.lignumdata.ch für Holzbauteile bereits viele Informationen über einzelne Bauteile wie ökologischer Indikatoren, Holzschutzmittel und Formaldehydanteil ausweisen.

Um die Fragestellung nach der Umweltbilanz von Holzbau und Massivbau zu erörtern, sind nachfolgend drei Fallbeispiele aufgezeigt, die anhand konkreter Variantenstudien Massivbau und Holzbau miteinander verglichen haben.

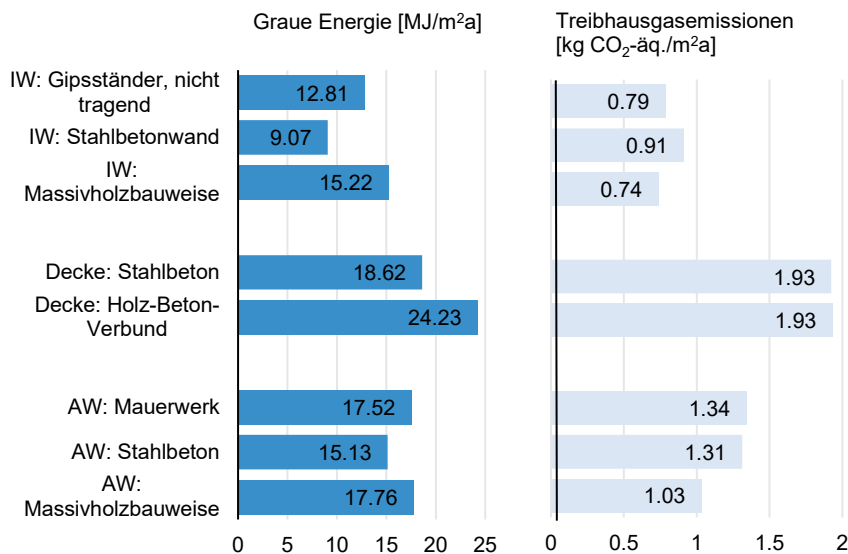
Beispiel 1 | Freistehende Wohnüberbauung im Agglomerationsraum mit hohen Schallschutzanforderungen

(Studio Durable, 2018) hat für eine realisierte Wohnüberbauung im Agglomerationsraum eine Variantenstudie der Fassaden und Tragsysteme bezüglich Bauphysik und Nachhaltigkeit durchgeführt. Die Anforderungen an den Schallschutz waren in diesem Projekt sehr hoch. Die verschiedenen Tragstrukturen wurden gemäss den statischen und bauphysikalischen Anforderungen projektiert. Die Aussenwandkonstruktionen wurden in drei Varianten untersucht, die da wären Mauerwerk (MW), Stahlbeton (SB) und Holz. Mit der hinterlüfteten Aussenwanddämmung wurde für das MW einen U-Wert von 0.14 W/m²K und für die anderen beiden Varianten 0.15 W/m²K erreicht.

Abbildung 12: Graue Energie und Treibhausgasemissionen für verschiedene Bauweisen, Quelle: (Studio Durable, 2018)

Legende:

IW Innenwand
AW Aussenwand



Die Geschossdecken wurden auf die Schallschutzanforderungen überprüft. Die Holz-Beton-Verbunddecke konnte dabei die gesetzlich vorgeschriebene Minimalanforderung an den Trittschallschutz nur knapp einhalten. Grund dafür liegt in der fehlenden Masse, die sich im Fall der SB-Decke positiv auf den Trittschall auswirkt. Die Schallschutzanforderungen der Gebäudehülle wurden ebenfalls untersucht. Alle drei Varianten konnten die Standardanforderungen an den Schallschutz erfüllen. Es wurde jedoch festgestellt, dass mit zunehmenden Schallschutzanforderungen die Holzbaukonstruktion technisch immer schwieriger auszuführen wird. Die Massivbaukonstruktion wurde für diese speziellen Anforderungen darum als die günstigere Variante identifiziert.

Die Stahlbetonkonstruktionen fielen in der Bilanzierung der grauen Energie leicht besser aus als diejenigen in Holzbauweise. In der Betrachtung der Treibhausgasemissionen schnitten hingegen die Bauteile in Holzbauweise leicht besser ab.

Hinsichtlich Umweltbelastung in der Erstellung, im Ersatz und in der Entsorgung wurden die Variante in Stahlbeton und diejenige in Holzbauweise gleichermassen beurteilt.

Beispiel 2 | Wohn- und Gewerbeliegenschaft im innerstädtischem Raum mit hohen Schallschutzanforderungen

Der Frage des grauen Energieverbrauchs von Holz- und Massivbauten ging auch (Klingler & Kasser, 2012) in einer Ausgabe der Zeitschrift «Espazium» auf den Grund. Es wurde das aus Holzbau realisiertes Wohn- und Geschäftsgebäude an der Badenerstrasse 380 in Zürich ausgewertet und mit einer Variante in Massivbauvariante verglichen. Das Holzbaugeschäft weist Treppenhäuser in Massivbauweise auf. Die Aussenwände stellen eine Massivholzkonstruktion mit einer äusseren Bekleidung aus 15 mm starken Glasfaserbetonelementen dar. Der Transport zur Baustelle, der Baustellenbetrieb und die Baustellenabfälle wurden der Vergleichbarkeits- und Einfachheit halber vernachlässigt. Die U-Werte der Aussenwände und der Dachkonstruktion waren in beiden Varianten identisch, ebenso die Fenster, Haustechnik sowie das Untergeschoss.

In der Betrachtung der grauen Energie schnitt der Holzbau mit rund 106 MJ pro m² EBF und Jahr knapp besser ab als der Massivbau mit 113 MJ pro m² EBF und Jahr. Der Anteil der Haustechnik an der grauen Energie ist beträchtlich und machte in beiden Varianten rund 20 bis 25% aus. Die Treibhausgasemissionen fielen für die Holzbauweise mit 7.4 kg/m²a im Vergleich zur Massivbauweise mit 8.5 kg/m²a rund 13% tiefer aus.

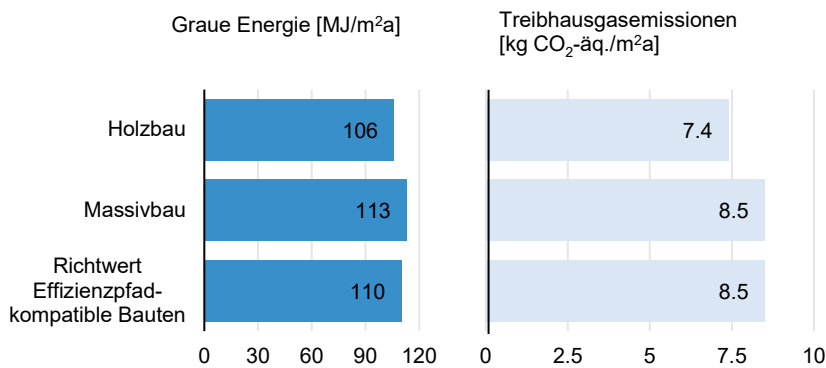
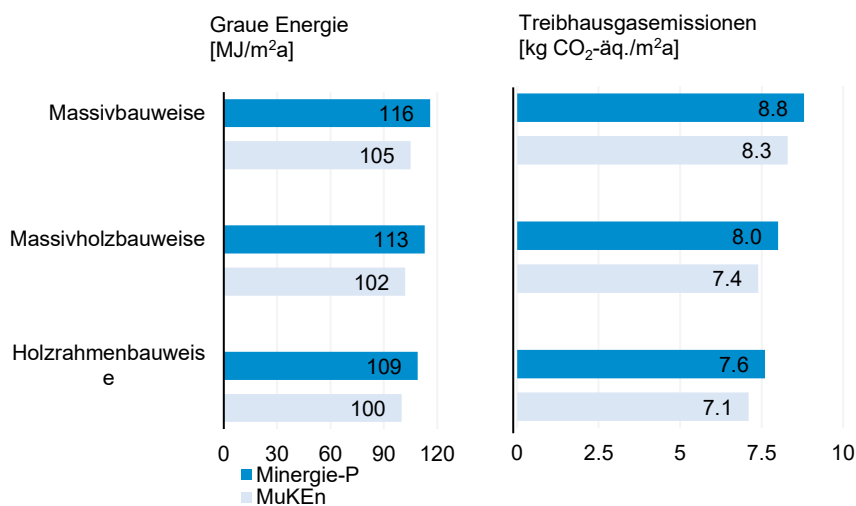


Abbildung 13: Graue Energie und Treibhausgasemissionen im Variantenvergleich für das Wohn- und Geschäftsgebäude an der Badenerstrasse 380 in Zürich.
Quelle: (Klingler & Kasser, 2012)

Beispiel 3 | Studie der Wohnüberbauung «Hegianwandweg» in Zürich

Die Wohnüberbauung Hegianwandweg in Zürich wurde in einer Studie von (Aeschbacher, et al., 2011) als Referenzobjekt für eine Untersuchung der Auswirkungen unterschiedlicher Baukonstruktionen auf die Ökologie verwendet. Untersucht wurden drei Konstruktionsvarianten Holzrahmenbauweise, Massivholzbauweise und Massivbauweise und zwei verschiedene energetische Anforderungen MuKE n (Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich) und Minergie-P.



Im Vergleich der grauen Energie aus der Erstellung der Bauteile schnitt die Leichtbauweise (Rahmenbauweise) für beide energetischen Szenarien am besten ab. Im Standardfall für die Anforderung nach MuKE n wies die Massivbauweise rund 5% und für diejenige nach Minergie-P sogar rund 7% mehr graue Energie auf.

Graue Energie in MJ pro m² und Jahr

	Holzrahmenbauweise		Massivholzbauweise		Massivbauweise	
	MuKE _n	Minergie-P	MuKE _n	Minergie-P	MuKE _n	Minergie-P
Gebäude unter Terrain	8	11	8	11	8	11
Aussenwand	7	8	9	11	10	12
Fenster, Balkone	23	24	23	24	24	25
Decken, Innenwände	16	16	14	14	18	18
Dächer	7	8	7	8	7	8
Innenausbau	19	20	22	23	19	20
Haustechnik	18	22	18	22	18	22
Total	100	109	102	113	105	116

Tabelle 3: Graue Energie in MJ/m²a aus der Erstellung für das Referenzobjekt «Hegianwandweg», Quelle: (Aeschbacher, et al., 2011)

In der Auswertung der Treibhausgasemissionen schneidet der Leichtbau in Rahmenbauweise ebenfalls am besten ab. Der Massivbau schliesst rund 16% schlechter ab.

Treibhausgasemissionen in kg CO₂-äq. pro m² und Jahr

	Holzrahmenbauweise		Massivholzbauweise		Massivbauweise	
	MuKE _n	Minergie-P	MuKE _n	Minergie-P	MuKE _n	Minergie-P
Gebäude unter Terrain	0.8	0.9	0.8	0.9	0.8	0.9
Aussenwand	0.4	0.4	0.5	0.6	0.6	0.7
Fenster, Balkone	1.6	1.7	1.6	1.7	1.8	1.8
Decken, Innenwände	1.2	1.2	1.3	1.3	1.8	1.8
Dächer	0.4	0.5	0.4	0.5	0.5	0.6
Innenausbau	1.4	1.5	1.6	1.6	1.5	1.6
Haustechnik	1.2	1.4	1.2	1.4	1.2	1.4
Total	7.1	7.6	7.4	8.0	8.3	8.8

Tabelle 4: Treibhausgasemissionen in kg CO₂-äq./m²a aus der Erstellung für das Referenzobjekt «Hegianwandweg», Quelle: (Aeschbacher, et al., 2011)

Die Massivholzbauweise liegt für beide Betrachtungen zwischen der Rahmenbauweise aus Holz und der Massivbauweise, was unter anderem mit der hohen Umweltbelastung der Klebstoffe zusammenhängt, die in dieser Konstruktionsweise zur Anwendung kommen.

Fazit Nachhaltigkeit

In den drei vorgestellten Studien konnte gezeigt werden, dass Konstruktionsbauweisen aus Holz in einer ökologischen Betrachtung mindestens gleich gut – meistens jedoch sogar besser – wie Massivbauten abschneiden.

Damit Holzbauten aber möglichst nachhaltig eingesetzt werden können, ist darauf zu achten, dass einzelne Bauteile nicht zu kompliziert aufgebaut sind. Ein aus vielen Schichten verleimtes Holzbauteil kann den ökologischen Vorteil sogar gänzlich zum Verschwinden bringen.

Werden anspruchsvolle Vorgaben an die Wärmedämmung gestellt, kann sich der Holzbau gegenüber dem Massivbau noch stärker profilieren. Werden aber hohe Anforderungen an den Schallschutz gestellt, wird der Massivbau aufgrund der grossen Eigenmasse meist nachhaltigere Lösungen bieten können.

Holzbau bietet sich aus einer nachhaltigen Perspektive fast immer an, da im «schlimmsten» Fall die Umweltbelastung das gleiche Ausmass wie die Massivbauweise aufweist, jedoch meistens besser abschneidet.

4 Diskussion

In der vorliegenden Studie wurden acht Fallbeispiele untersucht, die alle an sehr guten bis exzellenten Makrolagen in der Deutschschweiz realisiert wurden. Die untersuchten Gebäude sind mit einer Ausnahme alle weniger als 10 Jahre alt und weisen noch fast Neubaucharakter auf. Alle Liegenschaften sind sehr hochwertig ausgebaut und einige Projekte weisen energetisch sogar Pioniercharakter auf, der sich in die Baukosten niedergeschlagen hat. Die ausgewerteten Holzbauten lassen sich daher insgesamt als baulich und energetisch hochwertig charakterisieren.

Die Referenzdatensätze, welche für Vergleiche von Kennzahlen und Kenngrößen verwendet werden, sind dagegen heterogener in der baulichen Qualität und Makrolagenrating, sodass deren Aussagekraft etwas allgemeiner ausfällt. Gerade bei der Beurteilung der Kostenkennwerte ist dies unbedingt zu berücksichtigen. In der Studie konnte jedoch gezeigt werden, dass Holzbau aus sowohl nachhaltigen, wie auch wirtschaftlichen Überlegungen zu überzeugen vermag.

4.1 Wirtschaftliche Aspekte, die für den Holzbau sprechen

Die Baukostenkennwerte fallen in der Auswertung für die Holzbauten höher aus als diejenigen der Referenzmengen. Dies kann sicherlich damit begründet werden, dass der bauliche Standard der untersuchten Holzbauten durchwegs hochwertig ausfällt. Die Streuung der Holzbau Kennwerte dagegen fällt gering aus. Es wird davon ausgegangen, dass die im Vergleich mit der Massivbauweise etwas aufwändigeren Planungsprozesse im Holzbau dafür einen einfachen und modularen Bauprozess ermöglichen, der weniger Risiken birgt. Die Kostenplanung kann damit sehr genau erfolgen. Einen Einfluss der verschiedenen Holzbaukonstruktionsarten Rahmenbau, Skelettbau und Massivholzbau auf die Baukosten lässt sich aus den Ergebnissen nicht erörtern. Der untersuchte Datensatz stellt sich dafür als zu klein dar, um verlässliche Aussagen treffen zu können. Es ist jedoch davon auszugehen, dass insbesondere die Wahl der Gebäudehülle einen wesentlich höheren Einfluss auf die Kosten ausübt, als die Wahl der Primärkonstruktion. Die energetischen Anforderungen aus z. B. Minergie-P schlagen sich in hohen Kosten für Fenster, Lüftung und Wärmedämmung nieder.

Trotz im Vergleich mit dem Referenzdatensatz hoher Baukosten können in den untersuchten Holzbauten Renditen erzielt werden, die im heutigen Markt den Vorstellungen von institutionellen Investoren entsprechen. Damit begründen lässt sich dies unter anderem mit den hohen Baulandpreisen an begehrten Makrolagen, die den Einfluss der Baukosten in der Renditebetrachtung minimieren.

Der Einfluss der Bauzeit wurde in der vorliegenden Studie nicht berücksichtigt. Holz als BIM-erprobte Bauweise führt dank hohem Vorfertigungsgrad und der modularen Bauweise jedoch vielfach zu einer Zeitersparnis in der Erstellung, die in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung unbedingt berücksichtigt werden müssen. Die früheren Mietzinseinnahmen können vereinfachend auf der Kostenseite in Abzug gebracht werden. In der gesamtwirtschaftlichen Betrachtung kann sich dies zu Gunsten der Holzbauweise auswirken.

4.2 Nachhaltige Aspekte, die für den Holzbau sprechen

Im Rahmen des Pariser Klimaabkommens hat sich die Schweiz dazu verpflichtet, die Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2030 gegenüber dem Stand von 1990 zu halbieren. Bis 2050 will die Schweiz unter dem Strich gar keine Treibhausgase mehr

produzieren. Das heisst, dass alle anfallenden Treibhausgase durch geeignete Massnahmen kompensiert werden müssen.

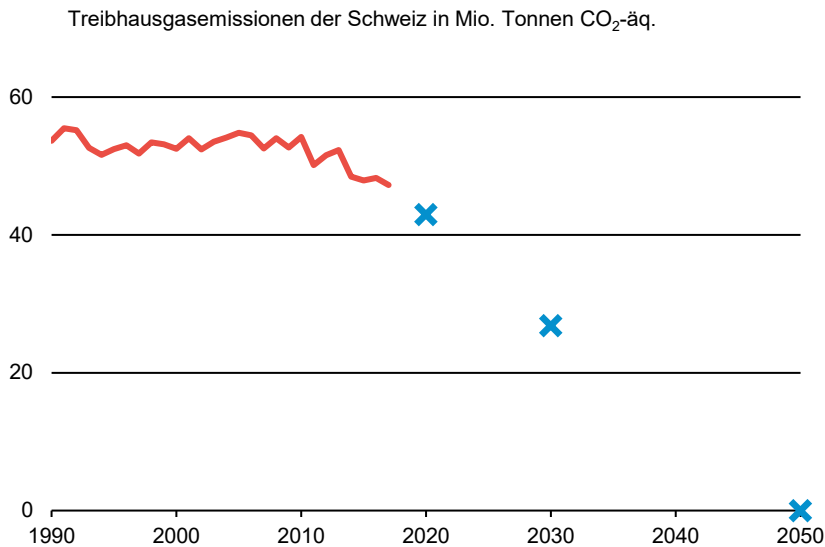


Abbildung 14: Treibhausgasemissionen in CO₂-Äquivalente ohne Senkenleistung des Waldes und Emissionsminderungszertifikate.

× Ziele 2020/ 2030/ 2050

Quelle: BAFU – Treibhausgasinventar, 2018

Die Treibhausgasemissionen der Schweiz sind absolut betrachtet seit 1990 (Referenzjahr für das CO₂-Gesetz) um 9.9 Prozent auf total 48.3 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente gesunken. Dies reicht jedoch nicht ganz aus, um die im CO₂-Gesetz festgelegten Ziele auf Ende 2020 zu erreichen.

Der Gebäudepark verursacht rund 12.5 Mio. Tonnen CO₂-äquivalente an Treibhausgasen pro Jahr und steuert damit rund 25% bis 30% zum jährlichen Ausstoss in der Schweiz bei. Das Einsparpotenzial im Bausektor ist folglich enorm!

Der grosse Vorteil von Holz besteht in seiner Fähigkeit, CO₂ zu speichern und für lange Zeit zu binden. Dieser CO₂-Puffer kann dazu genutzt werden, den derzeit weltweit rekordhohen CO₂-Ausstoss zu verlangsamen, indem atmosphärisches CO₂ in Bauteilen, Möbeln etc. so lange wie möglich zurückgehalten wird. Ausserdem werden durch die Verwendung von Holz gleich mehrere CO₂-Substitutionseffekte erreicht.

CO₂-Substitutionseffekt von Holzbauten

Die Wald- und Holzwirtschaft trägt auf verschiedene Weise zur Minderung der Treibhausgasemissionen und damit zum Klimaschutz bei. Bäume speichern während der Wachstumsphase atmosphärisches CO₂ in Form von Kohlenstoff (Chem. C) im Holz ab. Dieses «eingefangene» CO₂ wird für die Photosynthese und den Holzaufbau verwendet und erst beim Verrottungs- oder Verbrennungsprozess wieder freigesetzt. In den internationalen Klimadebatten hat der Wald seit den Verhandlungen um das Kyoto-Protokoll an Bedeutung gewonnen. Der Wald speichert sehr grosse Mengen an gebundenem CO₂ und wird in der Politik daher auch als «CO₂-Senke» bezeichnet. Nebst einer aktiven Bewirtschaftung des Waldes erfordert ein erfolgreicher CO₂-Rückhalt auch die Verwendung des Baustoffes Holz.

Holz weist gleich mehrere positive Eigenschaften in Bezug auf die Verminderung der CO₂-Emissionen auf. Durch den materiellen Substitutionseffekt kann mit der Verwendung von Holz einerseits CO₂ aus der Umwelt gespeichert und andererseits auf CO₂-intensive Herstellungsprozesse wie z. B. die Zementproduktion verzichtet werden.

Mittels energetischer Substitution kann Holz anstelle von fossilen Brennstoffen für die Energiegewinnung verwendet werden.

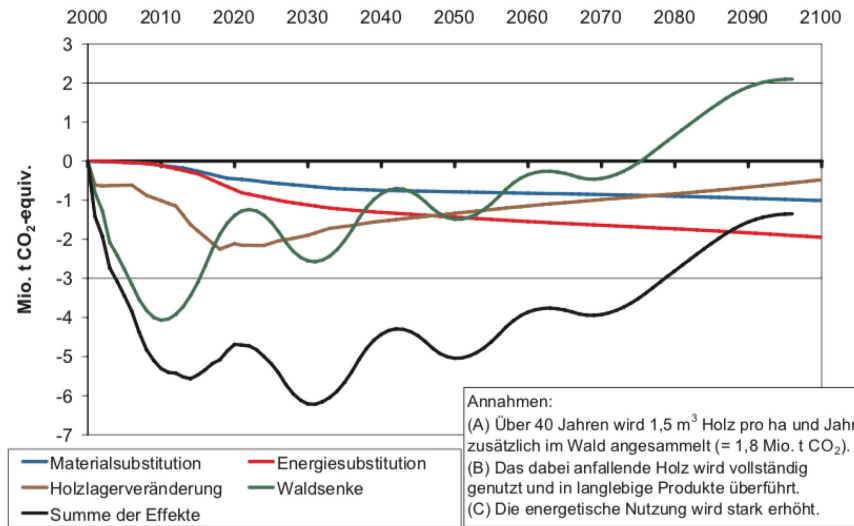


Abbildung 15: Modellrechnung der zeitlichen Abfolge verschiedener Substitutionseffekte von Holz für die Schweiz.
Quelle: (Hofer, Taverna, Werner, Kaufmann, & Thürig, 2007)

In einer Studie von (Walz, Taverna, & Stöckli, 2010) wurden die verschiedenen Substitutionseffekte von Holz für die Schweiz modelliert und die zeitliche Abfolge der CO₂-Effekte aufgezeigt. Für die Modellierung wurde davon ausgegangen, dass die Wald- und Holzwirtschaft im Sinne des Kyoto-Protokolls optimiert wird. In den nächsten Jahrzehnten würde damit eine Zunahme der Holzvorräte im Wald den grössten Effekt auf das gebundene CO₂ aufweisen. Dieser Effekt nimmt jedoch schnell ab und der Wald wird mit der Zeit sogar zu einer Quelle von CO₂-Emissionen. Die Holzlagerung in den Gebäuden, indem Holzbauteile verbaut oder Möbel aufbewahrt werden, führt nach wenigen Jahren schon zu einer grossen Senkenleistung. Die Materials substitution, indem Holz anstelle von anderen Baumaterialien verwendet wird, nimmt analog der Energiesubstitution stetig zu. Die summierten Substitutionseffekte von Holz führen im Modell im Jahr 2100 zu einem negativen CO₂-Ausstoss und somit zu einem positiven Endergebnis.

Aus einer weiteren Studie gemäss (Hofer, Taverna, Werner, Kaufmann, & Thürig, 2007) zu den CO₂-Effekten der Schweizer Wald- und Holzwirtschaft sind nachfolgend wichtige Erkenntnisse aufgeführt:

- Die Verbesserung der CO₂-Bilanz mit dem Wald als CO₂-Lager ist zeitlich begrenzt, da über kurz oder lang die Kapazitätsgrenze erreicht wird. Ausserdem können sich gewisse Risiken, die durch den Menschen nicht beeinflussbar sind, stark auf die CO₂-Bilanz auswirken. Durch einen Waldbrand oder auch Stürme werden plötzlich riesige Mengen an CO₂ frei.
- Die Verarbeitung von möglichst langlebigen Holzprodukten in einer Kaskadennutzung wirkt sich positiv auf die CO₂-Bilanz aus. Eine Kaskadennutzung ermöglicht die stoffliche und energetische Nutzung des Rohstoffes Holz und kombiniert mehrere Substitutionseffekte.
- Die Substitutionseffekte sind in der Schweiz dann am grössten, wenn inländische Holzprodukte verwendet werden.
- Die inländische Produktion von Holzprodukten mit einheimischem Holz ist aus zwei Gründen besonders sinnvoll: Erstens wird die Wertschöpfung erhöht. Es

wird davon ausgegangen, dass durch die vermehrte Holzverwertung und –verwendung bis zu 2 Mia. CHF Wertschöpfung (rund 27'000 Arbeitsplätze) entstehen. Andererseits fällt die Klimawirkung global besser aus, wenn die Holzprodukte in der Schweiz verarbeitet werden.

4.3 **Ausblick**

In der Studie hat sich gezeigt, dass die Holzbauweise heute schon praxistauglich ist und auch in anspruchsvollen Bauwerken eingesetzt wird. Ökologische Überlegungen sprechen ausserdem für eine maximale Verwendung von Holz im Bau.

Um den Holzbau bei professionellen Anlegern attraktiv zu machen, müssen die wirtschaftlichen Voraussetzungen gegeben sein. Die Studie konnte zeigen, dass die ausgewerteten Liegenschaften diese Voraussetzungen erfüllen können. Die sehr gute Makrolage gekoppelt mit hohen erzielbaren Mieterträgen tragen dabei zum wirtschaftlichen Erfolg dieser Projekte bei. In Zukunft wird der Holzbau jedoch auch vermehrt in periphere Lagen mit niedrigen Mietpotenzialen vorstossen müssen, um seinen Marktanteil ausweiten zu können. Dies wird mit einem kostengünstigen Holzbau möglich sein, erfordert jedoch effiziente Planungs- und Realisationsphasen. Die Herausforderung im Holzbau wird sein, diese Rahmenbedingungen für die Investoren schaffen zu können. Der Einbezug der Bauzeiteinsparung durch Holzbauten kann dabei als wichtiges kostenplanerisches Element fungieren.

Die Schweizer Klimaziele verlangen vom Bausektor Lösungen, die sich mit der Holzbauweise teilweise erreichen lassen. Es gilt nun, das Verständnis der ökologischen Holzbauweise einer breiten Immobilien Eigentümerschaft zu vermitteln.

5 Literaturverzeichnis

- Aeschbacher, C., Bartlomé, O., Hofer, P., Knüsel, P., Pfäffli, K., Plüss, I., . . . Werner, F. (2011). *Klimaschonend und energieeffizient bauen mit Holz*. Lignum, Zürich.
- Empa. (2016). *Material- und Energieressourcen sowie Umweltauswirkungen der baulichen Infrastruktur der Schweiz*. Empa. Von BFS: <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/kataloge-datenbanken/publikationen.assetdetail.346707.html> abgerufen
- Hofer, P., Taverna, R., Werner, F., Kaufmann, E., & Thürig, E. (2007). *CO₂-Effekte der Schweizer Wald- und Holzwirtschaft. Szenarien zukünftiger Beiträge zum Klimaschutz*. Bern: Bundesamt für Umwelt.
- KBOB. (2016). *Empfehlung Ökobilanzdaten im Baubereich 2009/1:2016*. Bern.
- Klingler, M., & Kasser, U. (15. 01 2012). *espazium*. Abgerufen am 27. 03 2020 von <https://www.espazium.ch/de/aktuelles/graue-energie-holz-versus-massivbau>
- Studio Durable. (2018). *Beurteilung der Varianten Fassaden & Tragsysteme bezüglich Bauphysik und Nachhaltigkeit*. Zürich: Studio Durable.
- Walz, A., Taverna, R., & Stöckli, V. (2010). Holz nutzen ist wirksamer als Vorräte anhäufen. *Wald und Holz*, 37-40.
- Zug Estates Holding AG. (2019). Das erste Holzhochhaus der Schweiz. *Journal 01/2019*, 32.

Anh. A Kostenkennwerte

Die nachfolgenden Auswertungen sind für die Kostenstruktur BKP 1 – 5 und BKP 2 gemacht. Ausgewertet werden die Kostenkennwerte in Bezug auf das oberirdische Gebäudevolumen (Abk. GV o.i.), die Geschossfläche ohne Tiefgaragenanteil (Abk. GF) und die Hauptnutzfläche (Abk. HNF).

Die Baukosten BKP 1 – 5 fallen für die untersuchten Holzbauten im Vergleich mit den Massivbauten etwas höher aus. Der Median der Holzbauten befindet sich etwas unterhalb der 70%-Quantil Marke der Referenzdatensätze. Sieben der acht untersuchten Holzbauten weisen aufgrund ihrer energetischen Anforderungen kompakte Gebäudetypologien auf, was die Kosten pro Gebäudevolumen generell höher ausfallen lässt.

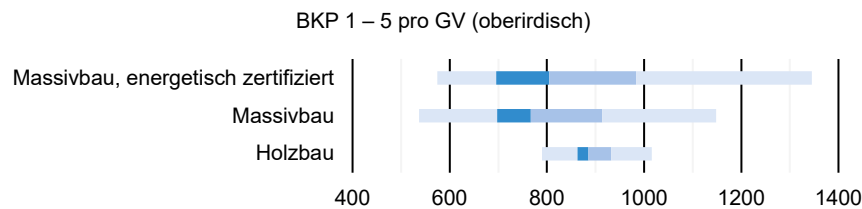


Abbildung 16: Kostenkennwerte CHF BKP 1 – 5 pro m³ oberirdisches Gebäudevolumen.
Auswertung: Wüest Partner

CHF BKP 1 – 5 / GV (oberirdisch)	10%-Quantil	30%-Quantil	50%-Quantil	70%-Quantil	90%-Quantil
Referenzdatensatz Massivbau, Minergie	575	696	805	983	1'345
Referenzdatensatz Massivbau	537	698	767	914	1'148
Fallbeispiele	790	863	886	932	1'016

Die Baukosten BKP 1 – 5 pro Geschossfläche befinden sich für die untersuchten Fallbeispiele zwischen rund CHF 2'500 und CHF 3'200 und weisen damit eine im Vergleich mit den Referenzdatensätzen sehr kleine Streuung auf. Der Gebäudestandard der acht Fallbeispiele untereinander ist in etwa vergleichbar.

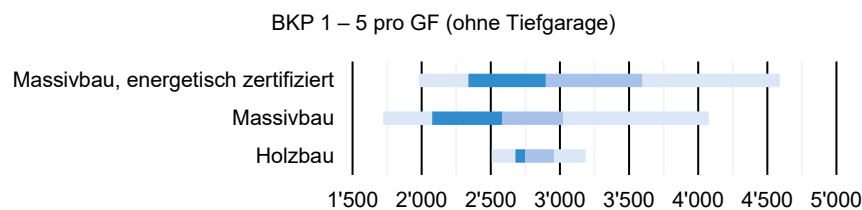


Abbildung 17: Kostenkennwerte CHF BKP 1 – 5 pro m² Geschossfläche ohne Tiefgarage.
Auswertung: Wüest Partner

CHF BKP 1 – 5 / GF (ohne Tiefgarage)	10%-Quantil	30%-Quantil	50%-Quantil	70%-Quantil	90%-Quantil
Referenzdatensatz Massivbau, Minergie	1'981	2'337	2'899	3'596	4'590
Referenzdatensatz Massivbau	1'721	2'076	2'581	3'026	4'078
Fallbeispiele	2'507	2'679	2'747	2'959	3'186

Die Baukosten BKP 1 – 5 pro HNF werden im Kapitel 3.3 im Detail erläutert.

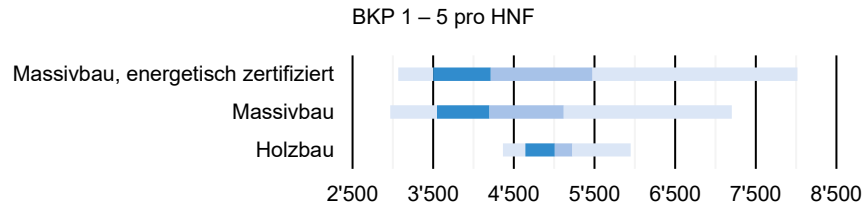


Abbildung 18: Kostenkennwerte CHF BKP 1 – 5 pro m² Hauptnutzfläche.
Auswertung: Wüest Partner

CHF BKP 1 – 5 / HNF	10%-Quantil	30%-Quantil	50%-Quantil	70%-Quantil	90%-Quantil
Referenzdatensatz Massivbau, Minergie	3'067	3'499	4'213	5'478	8'018
Referenzdatensatz Massivbau	2'967	3'549	4'199	5'119	7'202
Fallbeispiele	4'365	4'642	5'007	5'228	5'950

Die Kostenkennwerte auf der Betrachtungsebene BKP 2 zeigen das gleiche Bild wie diejenige auf Ebene BKP 1 – 5. Da die Planungskosten in den Fallbeispielen einheitlich der Position BKP 2 zugeordnet sind, stellt diese Position – die durchschnittlich über 86% der Gesamtkosten beinhaltet – den grössten Kostenanteil dar.

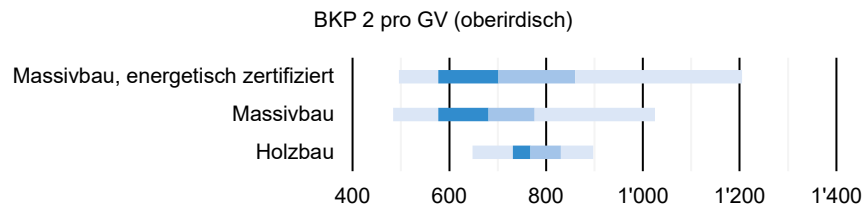


Abbildung 19: Kostenkennwerte CHF BKP 2 pro m³ oberirdisches Gebäudevolumen.
Auswertung: Wüest Partner

CHF BKP 2 / GV (oberirdisch)	10%-Quantil	30%-Quantil	50%-Quantil	70%-Quantil	90%-Quantil
Referenzdatensatz Massivbau, Minergie	496	577	702	861	1'205
Referenzdatensatz Massivbau	484	577	681	776	1'025
Fallbeispiele	648	732	768	830	898

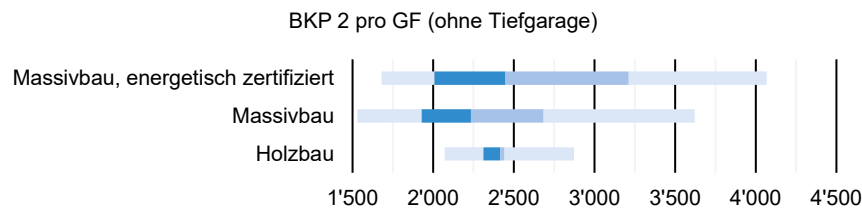


Abbildung 20: Kostenkennwerte in CHF BKP 2 pro m² Geschossfläche ohne Tiefgarage.
Auswertung: Wüest Partner

CHF BKP 2 / GF (ohne Tiefgarage)	10%-Quantil	30%-Quantil	50%-Quantil	70%-Quantil	90%-Quantil
Referenzdatensatz Massivbau, Minergie	1'680	2'007	2'448	3'213	4'068
Referenzdatensatz Massivbau	1'530	1'928	2'233	2'684	3'621
Fallbeispiele	2'070	2'312	2'417	2'443	2'873

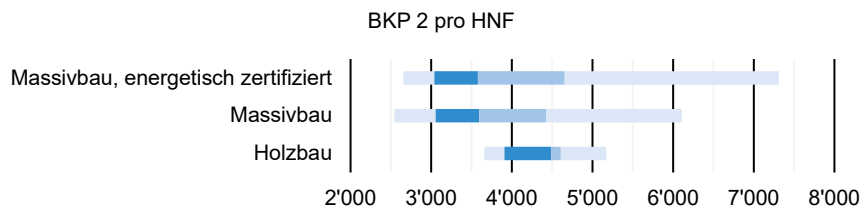


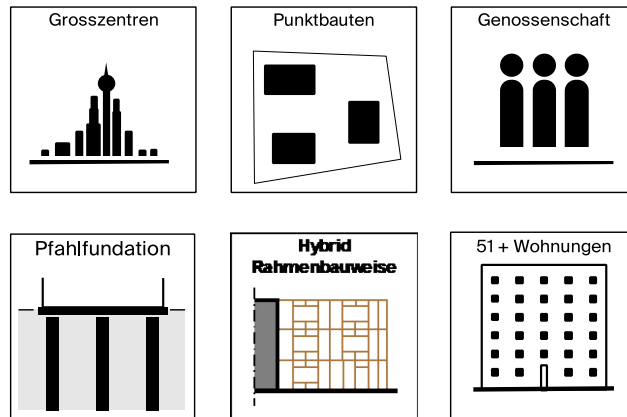
Abbildung 21: Kostenkennwerte in CHF BKP 2 pro m² Hauptnutzfläche.
Auswertung: Wüest Partner

CHF BKP 2 / HNF	10%-Quantil	30%-Quantil	50%-Quantil	70%-Quantil	90%-Quantil
Referenzdatensatz Massivbau, Minergie	2'656	3'041	3'578	4'654	7'310
Referenzdatensatz Massivbau	2'542	3'055	3'594	4'429	6'106
Fallbeispiele	3'658	3'909	4'487	4'608	5'172

Anh. B Fallbeispiele

I Fallbeispiel Nr. 1

Übersicht



Projekt	Wohnüberbauung mit über 50 Wohnungen, über 50 Parkplätzen und Kinderbetreuungsangebot
Energiezertifikat	Minergie
Erstellungszeitraum	2000 – 2010
Bauherr	Genossenschaft
Standort	Grosszentrum
Typologie	Mehrere fünfgeschossige Punktbauten auf gemeinsamem Betonsockel
Gebäudebeschrieb	<p>Es handelt sich um im Grundriss rechteckige, kubische Bauten mit Flachdach und teilweisen Attikageschossaufbauten. Die Überbauung weist insgesamt über 50 Wohnungen, eine Kindertagesstätte und über 50 vermietete Parkplätze auf. Das aus einem Architekturwettbewerb hervorgegangene Bauprojekt überzeugte durch die schlichte Architektursprache und die städtebauliche Integration. Ursprünglich war ein Projekt in Massivbauweise geplant. In diversen Gesprächen mit Holzbaufachleuten entstand die Idee einer Mischbaulösung, welche schlussendlich auch realisiert werden konnte. Bei der primären Tragkonstruktion handelt sich um ein Zusammenspiel von Beton und Holz. Der gemeinsame Sockel, der Hangseitig unter Terrain liegt, und die Treppenanlagen und Nassräume bestehen aus Beton. An den Kern angeschlossen sind Brettstapeldecken mit Anhydritaufbau, die rund 6 Meter weit spannen. Über Fassadenstürze werden die vertikalen Lasten in die Hauptständer übertragen, welche diese über eine Pfahlfundation ins Erdreich weiterleiten. Die horizontale Aussteifung erfolgt über Scheibenwirkung der Decken, welche die Lasten in die Kerne übertragen. Der Flachdachaufbau besteht aus Brettstapelementen, über welche die Isolations- und Abdichtungsschicht zu liegen kommt. Das Dach ist extensiv begrünt.</p> <p>Als Fassade wurde eine hinterlüftete Putzträgerplatte verwendet, welche nicht brennbar und auf einer Holzständerwand mit Mineralfaserdämmung befestigt ist. Die grossen Fenster sorgen für eine gute natürliche Belichtung.</p> <p>Dank hohen Dämmwerten der Aussenwand- und Deckenelemente erfüllt die Wohnsiedlung die Anforderungen an den Minergie Standard.</p>
Wohnstandard	Der Wohnungsstandard ist insgesamt überdurchschnittlich. Die Grundrissgestaltung der Wohneinheiten lässt eine flexible Nutzung zu. Die Zimmer sind mindestens 13.5 m ² gross, die Wohnzimmer mindestens 28 m ² . Alle Wohnungen liegen über Eck und die Fenster sind mehrheitlich raumhoch.



Standort und Markt

Erreichbarkeit	Vom Standort aus können innerhalb einer halben Stunde mit dem Auto über 1.5 Mio. Einwohner und zwischen 1.0 und 1.5 Mio. Beschäftigte (Vollzeit-äquivalente) in der Schweiz erreicht werden.
Infrastruktur	Die vorhandene Infrastruktur ist sehr reichhaltig. ÖV- und MIV-Anbindung sind sehr gut. Im Standort- und Marktrating von Wüest Partner gilt der Standort als Ort mit exzellenter Standortqualität.
Steuerbelastung	Die Steuerbelastung am Standort fällt niedriger aus als der Schweizer Durchschnitt und bewegt sich im unteren Mittelfeld sowohl für Alleinstehende, wie auch Verheiratete.
Angebotspreise	Die mittlere Angebotsmiete (netto) für Mietwohnungen liegt bei ca. CHF 330 pro m ² und Jahr (vgl. nationaler Durchschnitt CHF 190 pro m ² und Jahr). Die Leerstandsquote bei Wohnungen lag im Mittel der letzten fünf Jahre mit unter 0.5% deutlich unter dem Schweizer Referenzwert von 1.7%. Die Angebotsquote für Mietwohnungen (Anzahl ausgeschriebener Immobilien im Verhältnis zum Bestand) bewegt sich bei 3.0 – 3.5% (Schweiz: 7.4%).

Kennwerte

GV, nach SIA 416	40'000 – 60'000 m ³
GF	10'000 – 20'000 m ² , davon 10'000 – 20'000 m ² oberirdisch
HNF	5'000 – 10'000 m ² , davon 200 – 300 m ² Gewerbe
BKP 1-5/ m ³ GV o.i.	894 CHF
BKP 1-5/ m ² GF	3'551 CHF
BKP 1-5/ m ² HNF	4'812 CHF
BKP 2/ m ² GV o.i.	775 CHF
BKP 2/ m ² GF	3'080 CHF
BKP 2/ m ² HNF	4'175 CHF
BKP 214/ m ² GV o.i.	96 CHF
BKP 214/ m ² GF	382 CHF
BKP 214/ m ² HNF	518 CHF
Jahresmietertrag ¹	CHF 2'600'000 p.a.
Landanteil ²	155 – 160% der Erstellungskosten BKP 1-9
Kalkulatorische Rendite ³	3.0%

Nachhaltigkeit

CO ₂ - Bindung ⁴	1'800 t
Anteil CH-Holz	Keine Angabe
Effizienz Gebäudehülle	
Effizienz Gesamtenergie	

¹ Einschätzung Wüest Partner unter der Annahme einer Vermietung zu Marktkonditionen

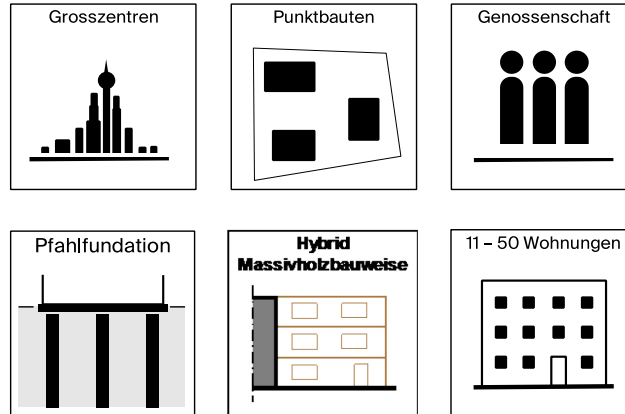
² Landanteil an Erstellungskosten gemäss Baulandpreismodell Wüest Partner

³ Jahresmietertrag geteilt durch Anlagekosten inkl. Landwert

⁴ Vereinfachte Annahme, dass 1 m³ Bauholz = 1 Tonne gebundenes CO₂ aus der Atmosphäre

II Fallbeispiel Nr. 2

Übersicht



Projekt	Wohnüberbauung mit 11 bis 50 Wohneinheiten, < 10 Einstellplätzen und gewerblicher Nutzung im Erdgeschoss
Energiezertifikat	2000 Watt Areal (Gebäude nicht gesondert zertifiziert)
Erstellungszeitraum	2010 – 2020
Bauherr	Genossenschaft
Standort	Grosszentrum
Typologie	Fünfgeschossiger Punktbau auf Areal mit gemeinsamer Tiefgarage
Gebäudebeschrieb	<p>Das Gebäude ist Bestandteil einer Arealüberbauung und gliedert sich als fast quadratische Punktbaute mit gemeinschaftlich genutztem Erdgeschoss nahtlos in die Umgebung ein. Der städtebauliche Ansatz der Arealüberbauung wurde im Projekt konsequent umgesetzt. Als Ausgangslage wurde der Cluster als private Minimaleinheit gewählt. Die tragenden Aussenwände der jeweiligen Cluster erlauben eine freie Einteilung im Inneren von jeweils zwei bis drei Zimmer, wahlweise mit oder ohne Teeküche und Nasszelle. Die dazwischenliegenden Räume spannen den öffentlichen Raum auf und bieten Platz für gemeinschaftliches Wohnen. Die klassischen Wohnungsgrössen mit 3.5 bis 4.5 Zimmern werden ergänzt durch Studios und zumietbare Zimmer. Die Erschliessungskerne und die Decken im Kern- und Erschliessungsbereich sind in Massivbauweise ausgeführt. Im Wohnbereich wurde eine Hohlkastendecke in Holzbauweise verbaut. Die Innenwände im Wohnbereich und die Aussenwände wurden in Massivholzbauweise ausgeführt.</p> <p>Eine mit Faserzementschindeln bekleidete und hinterlüftete Gebäudehülle bildet die Fassade aus.</p>
Wohnstandard	Die Grundrissgestaltung ist aufgrund der Tragstruktur sehr flexibel. Das Wohnkonzept Cluster stellt eine moderne und urbane Wohnform dar, die ein entsprechendes Mieterklientel erfordert. Die bauliche Substanz und die architektonische Ausgestaltung der Grundrisse führen zu einem überdurchschnittlichen Wohnstandard.



Standort und Markt

Erreichbarkeit	Vom Standort aus können innerhalb einer halben Stunde mit dem Auto über 1.5 Mio. Einwohner und zwischen 1.0 und 1.5 Mio. Beschäftigte (Vollzeit-äquivalente) in der Schweiz erreicht werden.
Infrastruktur	Die vorhandene Infrastruktur ist sehr reichhaltig. ÖV- und MIV-Anbindung sind sehr gut. Im Standort- und Marktrating von Wüest Partner gilt der Standort als Ort mit exzellenter Standortqualität.
Steuerbelastung	Die Steuerbelastung am Standort fällt niedriger aus als der Schweizer Durchschnitt und bewegt sich im unteren Mittelfeld sowohl für Alleinstehende, wie auch Verheiratete.
Angebotspreise	Die mittlere Angebotsmiete (netto) für Mietwohnungen liegt bei ca. CHF 330 pro m ² und Jahr (vgl. nationaler Durchschnitt CHF 190 pro m ² und Jahr). Die Leerstandsquote bei Wohnungen lag im Mittel der letzten fünf Jahre mit unter 0.5% deutlich unter dem Schweizer Referenzwert von 1.7%. Die Angebotsquote für Mietwohnungen (Anzahl ausgeschriebener Immobilien im Verhältnis zum Bestand) bewegt sich bei 3.0 – 3.5% (Schweiz: 7.4%).

Kennwerte

GV, nach SIA 416	10'000 – 20' 000 m ³
GF	5'000 – 10' 000 m ²
HNF	< 5'000 m ² , davon 100 – 200 m ² Gewerbe
BKP 1-5/ m3 GV	795 CHF
BKP 1-5/ m2 GF	2'508 CHF
BKP 1-5/ m2 HNF	4'018 CHF
BKP 2/ m2 GV	614 CHF
BKP 2/ m2 GF	1'938 CHF
BKP 2/ m2 HNF	3'106 CHF
BKP 214/ m2 GV	100 CHF
BKP 214/ m2 GF	314 CHF
BKP 214/ m2 HNF	504 CHF
Jahresmietertrag ¹	CHF 1' 150'000.- p.a.
Landanteil ²	160 – 165% der Erstellungskosten BKP 1-9
Kalkulatorische Rendite ³	3.1%

Nachhaltigkeit

CO2- Bindung ⁴	205 t
Anteil CH-Holz	Keine Angabe
Effizienz Gebäudehülle	
Effizienz Gesamtenergie	

¹ Einschätzung Wüest Partner unter der Annahme einer Vermietung zu Marktkonditionen

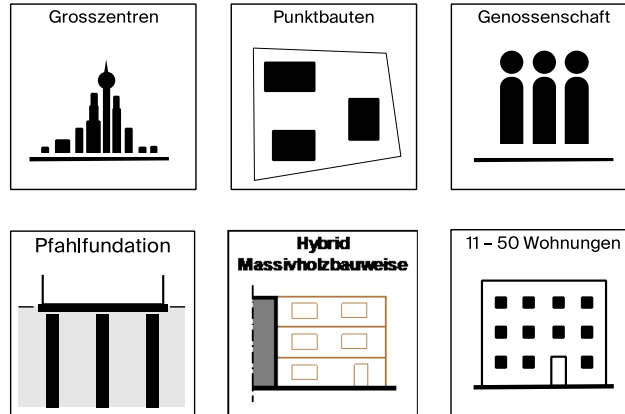
² Landanteil an Erstellungskosten gemäss Baulandpreismodell Wüest Partner

³ Jahresmietertrag geteilt durch Anlagekosten inkl. Landwert

⁴ Vereinfachte Annahme, dass 1 m³ Bauholz = 1 Tonne gebundenes CO₂ aus der Atmosphäre

III Fallbeispiel Nr. 3

Übersicht



Projekt	Wohnüberbauung mit 11 bis 50 Wohneinheiten, < 10 Einstellplätzen und gewerblicher Nutzung im Erdgeschoss
Energiezertifikat	2000 Watt Areal (Gebäude nicht gesondert zertifiziert)
Erstellungszeitraum	2010 – 2020
Bauherr	Genossenschaft
Standort	Grosszentrum
Typologie	Fünfgeschossiger Punktbau auf Areal mit gemeinsamer Tiefgarage
Gebäudebeschrieb	<p>Das im Grundriss rechteckige Gebäude steht am Rande einer Arealüberbauung und kann von einer grossen angrenzenden Freifläche profitieren. Auf dem Erdgeschosssockel in Massivbauweise sind vier darüberliegende Geschosse dreiseitig um einen «Innenhof» angeordnet. Es entsteht ein grosszügiger Hofraum. Durch das teilweise Weglassen zweier Stockwerke entstand eine Terrasse auf halber Höhe der Wohngeschosse. Dieser teilweise gedeckte, zweigeschossige Aussenraum ersetzt die individuellen Aussenräume der Wohnungen, die zugunsten einer kompakten Gebäudehülle eingespart werden konnten.</p> <p>Die Konstruktion besteht aus einer unverkleideten, massiven Holzbauweise und Kernen in Massivbauweise. Alle tragenden Elemente wie Geschossdecken, Aussenwände, Wohnungstrennwände, Stützen und Unterzüge sind aus Fichte-Massivholz vorfabriziert und wurden elementweise vor Ort aufgerichtet. Fundiert ist das Gebäude auf Pfählen.</p> <p>Bekleidet ist das Gebäude mit einer hinterlüfteten Fassade mit Faserzementschindeln.</p>
Wohnstandard	Die Wohnungen sind in einfache Grundrisse gegliedert, profitieren von einer zwei- bis dreiseitigen Orientierung und erfüllen die Flächenvorgaben des Eco-Standards der Genossenschaft. Der Wohnungsstandard wird allgemein als durchschnittlich eingeschätzt.


Standort und Markt

Erreichbarkeit	Vom Standort aus können innerhalb einer halben Stunde mit dem Auto über 1.5 Mio. Einwohner und zwischen 1.0 und 1.5 Mio. Beschäftigte (Vollzeit-äquivalente) in der Schweiz erreicht werden.
Infrastruktur	Die vorhandene Infrastruktur ist sehr reichhaltig. ÖV- und MIV-Anbindung sind sehr gut. Im Standort- und Marktrating von Wüest Partner gilt der Standort als Ort mit exzellenter Standortqualität.
Steuerbelastung	Die Steuerbelastung am Standort fällt niedriger aus als der Schweizer Durchschnitt und bewegt sich im unteren Mittelfeld sowohl für Alleinstehende, wie auch Verheiratete.
Angebotspreise	Die mittlere Angebotsmiete (netto) für Mietwohnungen liegt bei ca. CHF 330 pro m ² und Jahr (vgl. nationaler Durchschnitt CHF 190 pro m ² und Jahr). Die Leerstandsquote bei Wohnungen lag im Mittel der letzten fünf Jahre mit unter 0.5% deutlich unter dem Schweizer Referenzwert von 1.7%. Die Angebotsquote für Mietwohnungen (Anzahl ausgeschriebener Immobilien im Verhältnis zum Bestand) bewegt sich bei 3.0 – 3.5% (Schweiz: 7.4%).

Kennwerte

GV, nach SIA 416	10'000 – 20'000 m ³ (nur oberirdisches Gebäudevolumen)
GF	< 5'000 m ²
HNF	< 5'000 m ² , davon 100 – 200 m ² Gewerbe
BKP 1-5/ m ³ GV	834 CHF
BKP 1-5/ m ² GF	2'777 CHF
BKP 1-5/ m ² HNF	4'304 CHF
BKP 2/ m ² GV	670 CHF
BKP 2/ m ² GF	2'233 CHF
BKP 2/ m ² HNF	3'461 CHF
BKP 214/ m ² GV	125 CHF
BKP 214/ m ² GF	417 CHF
BKP 214/ m ² HNF	646 CHF
Jahresmietertrag ¹	CHF 830'000.- p.a.
Landanteil ²	150 – 155% der Erstellungskosten BKP 1-9
Kalkulatorische Rendite ³	2.8%

Nachhaltigkeit

CO ₂ - Bindung ⁴	570 t
Anteil CH-Holz	Keine Angabe
Effizienz Gebäudehülle	
Effizienz Gesamtenergie	

¹ Einschätzung Wüest Partner unter der Annahme einer Vermietung zu Marktkonditionen

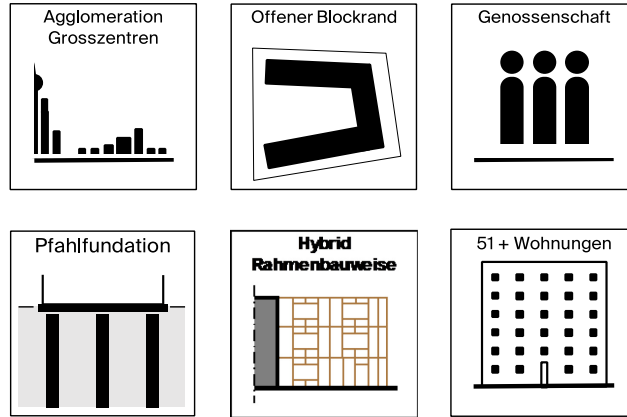
² Landanteil an Erstellungskosten gemäss Baulandpreismodell Wüest Partner

³ Jahresmietertrag geteilt durch Anlagekosten inkl. Landwert

⁴ Vereinfachte Annahme, dass 1 m³ Bauholz = 1 Tonne gebundenes CO₂ aus der Atmosphäre

IV Fallbeispiel Nr. 4

Übersicht



Projekt	Wohnüberbauung mit > 50 Wohneinheiten und < 10 Parkplätzen
Energiezertifikat	Minergie-P
Erstellungszeitraum	2010 – 2020
Bauherr	Genossenschaft
Standort	Agglomerationsraum Grosszentrum
Typologie	Reihenhäuser und aufgelöster Blockrand mit fünfstöckiger Wohnnutzung.
Gebäudebeschrieb	<p>Die länglichen und der dreigeteilte U-förmige Baukörper sind eingebettet in einem naturnahen und kindergerecht gestalteten Aussenraum. Die Siedlung weist im Untergeschoss Parkierungsmöglichkeit für mehrere hundert Velos auf. Insgesamt bietet die Siedlung Raum für über 50 Wohneinheiten in der Grösse zwischen 1.5 und 6.5 Zimmern, die teilweise als Maisonette-Wohneinheiten über zwei Geschossen angeordnet sind. Rund die Hälfte aller Wohnungen wurden im Stockwerkeigentum veräussert.</p> <p>Die grosszügig angelegten Laubengänge und die Erschliessungskerne betonen bewusst den Übergang zwischen öffentlichem und privatem Raum. Untergeschosse, die Treppenhäuser sowie brandabschnittsbildende Mauern wurden in Massivbauweise erstellt. Die übrige Tragkonstruktion wurde in hybridem Holzbau ausgeführt. Holz-Beton-Verbunddecken mit Brettstapелеlementen spannen zwischen den Fassaden, sodass die Raumunterteilung mittels nichttragender Gipswände ausgeführt werden konnte. Im Innern erfolgt die Lastabtragung punktuell mittels Stahlstützen. In den nicht unterkellerten Gebäudeteilen wurde eine Pfahlfundation notwendig und in den unterkellerten Bereichen konnte flach fundiert werden.</p> <p>Für die Flachdächer wurden Kastenelemente verwendet, die extensiv begrünt wurden.</p> <p>Die Fassaden sind als vorgehängte Schalen mit vorvergrauter Fichte sowie naturbelassener Fichte und Lärche ausgeführt. Aufgrund der feuerpolizeilichen Vorschriften wurden in den Laubengängen Eternitplatten als Fassadenelemente verbaut.</p> <p>Die Siedlung erfüllt den Passivhaus-Standard (Minergie-P). Ein guter Teil des verbauten Holzes stammt ausserdem aus Schweizer Wäldern.</p>
Wohnstandard	Die Wohnungen weisen grosszügige Grundrisse mit guter Möblierbarkeit auf. Die zweiseitige Orientierung schafft eine gute natürliche Belichtung und steigert den Wohnkomfort. Der Wohnstandard wird insgesamt als gehoben bewertet.



Standort und Markt

Erreichbarkeit	Vom Standort aus können innerhalb einer halben Stunde mit dem Auto zwischen 0.5 und 1.0 Mio. Einwohner und zwischen 0.5 und 1.0 Mio. Beschäftigte (Vollzeitäquivalente) in der Schweiz erreicht werden.
Infrastruktur	Der Standort ist mittels ÖV und MIV gut erschlossen. Die nächste Grossstadt ist in unter 15 min erreichbar. Es gibt eine reichhaltige Infrastruktur mit diversen Einkaufsmöglichkeiten und gastronomischem Angebot. Im Standort- und Markttrating von Wüest Partner gilt der Standort als Ort mit sehr guter Standortqualität.
Steuerbelastung	Die Steuerbelastung am Standort fällt deutlich höher aus als der Schweizer Durchschnitt und bewegt sich im obersten Drittel sowohl für Alleinstehende, wie auch Verheiratete.
Angebotspreise	Die mittlere Angebotsmiete (netto) für Mietwohnungen liegt bei ca. CHF 200 pro m ² und Jahr (vgl. nationaler Durchschnitt CHF 190 pro m ² und Jahr). Die Leerstandsquote bei Wohnungen lag im Mittel der letzten fünf Jahre mit unter 1.0 bis 1.5% im Bereich des Schweizer Referenzwertes von 1.7%. Die Angebotsquote für Mietwohnungen (Anzahl ausgeschriebener Immobilien im Verhältnis zum Bestand) bewegt sich bei 6.0 – 6.5% (Schweiz: 7.4%).

Kennwerte

GV, nach SIA 416	40'000 – 60'000 m ³ , davon 20'000 – 40'000 m ³ oberirdisch
GF	10'000 – 20'000 m ² , davon 10'000 – 20'000 m ² oberirdisch
HNF	5'000 – 10'000 m ²
BKP 1-5/ m ³ GV o.i.	1'165 CHF
BKP 1-5/ m ² GF	3'014 CHF
BKP 1-5/ m ² HNF	5'163 CHF
BKP 2/ m ² GV o.i.	1'041 CHF
BKP 2/ m ² GF	2'694 CHF
BKP 2/ m ² HNF	4'615 CHF
BKP 214/ m ² GV o.i.	222 CHF
BKP 214/ m ² GF	575 CHF
BKP 214/ m ² HNF	986 CHF
Jahresmietertrag ¹	CHF 2'200'000.– p.a.
Landanteil ²	40 –45% der Erstellungskosten BKP 1-9
Kalkulatorische Rendite ³	3.6%

Nachhaltigkeit

CO ₂ - Bindung ⁴	2'250 t
Anteil CH-Holz	Schweizer Holz wurde verbaut, genauer Anteil unbekannt.
Effizienz Gebäudehülle	
Effizienz Gesamtenergie	

¹ Einschätzung Wüest Partner unter der Annahme einer Vermietung zu Marktkonditionen

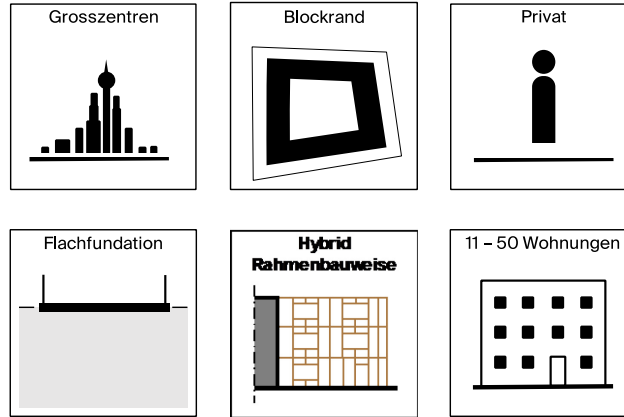
² Landanteil an Erstellungskosten gemäss Baulandpreismodell Wüest Partner

³ Jahresmietertrag geteilt durch Anlagekosten inkl. Landwert

⁴ Vereinfachte Annahme, dass 1 Tonne Bauholz = 1 Tonne gebundenes CO₂ aus der Atmosphäre

V Fallbeispiel Nr. 5

Übersicht



Projekt	Wohnüberbauung mit 11 – 50 Wohnungen, 11 –50 Einstellplätze und Ge- werbeflächen für 11 – 50 Arbeitsplätze
Energiezertifikat	Minergie-P-Eco
Erstellungszeitraum	2010 – 2020
Bauherr	Privat
Standort	Grosszentrum
Typologie	Sechsgeschossige Wohn- und Bürohäuser als Teil von Blockrandbebau- ungen
Gebäudebescrieb	<p>Die Gebäude wurden in vorfabrizierter Holzbauweise konstruiert und sind Teil von Blockrandbebauungen. Die Gebäude sind konstruktiv gleich ausgeführt, unterscheiden sich jedoch in der Grösse, Struktur und Ausformulierung. Die Gebäude sind flach fundiert und über die Tiefgarage miteinander verbunden. Die erdberührten Wände im Untergeschoss und die Treppkerne wurden in Massivbauweise ausgeführt. Die Aussenwände sind tragend und bestehen aus grossformatigen Holzfertigelementen. Die Innenwände sind grösstenteils nicht tragend und erlauben eine sehr flexible Grundrissgestaltung. Die Decken wurden als Holzbetonverbunddecken mit teilweise sichtbarer Unterschicht erstellt.</p> <p>Die Fassaden sind mit kleinteiligen Naturschieferplatten bekleidet.</p> <p>Die Gebäude sind im Minergie-P-Eco Standard zertifiziert. Sie verfügen über eine Pellet-Heizung. Die Warmwasserproduktion wird des Weiteren durch an der Fassade angeordnete, geschosshohe Sonnenkollektoren unterstützt. Eine Photovoltaikanlage auf dem Dach deckt den Strombedarf der Haustechnik inkl. des allgemein anfallenden Stroms und generiert zusätzlich einen Überschuss, der den Haushaltsstrombedarf von rund 5 bis 6 Wohnungen decken kann. Die Luft der Lüftung wird mittels Erdsonden auf die richtige Temperatur gebracht.</p>
Wohnstandard	Der Ausbaustandard ist insgesamt gehoben. Die Grundrisse weisen eine grosse Flexibilität in Ihrer Nutzung auf und sind grosszügig geschnitten. Die Materialisierung ist hochwertig (Eichenparkett, Glasmosaikplatten, etc.) und die Technik reichhaltig (Kombisteamer, Waschturm). Die Terrassen weisen hochwertige Bodenbeläge aus Thermoesche auf und verfügen über Steckdosen und Wandanschlüsse.


Standort und Markt

Erreichbarkeit	Vom Standort aus können innerhalb einer halben Stunde mit dem Auto über 1.5 Mio. Einwohner und zwischen 1.0 und 1.5 Mio. Beschäftigte (Vollzeit-äquivalente) in der Schweiz erreicht werden.
Infrastruktur	Die vorhandene Infrastruktur ist sehr reichhaltig. ÖV- und MIV-Anbindung sind sehr gut. Im Standort- und Marktrating von Wüest Partner gilt der Standort als Ort mit exzellenter Standortqualität.
Steuerbelastung	Die Steuerbelastung am Standort fällt niedriger aus als der Schweizer Durchschnitt und bewegt sich im unteren Mittelfeld sowohl für Alleinstehende, wie auch Verheiratete.
Angebotspreise	Die mittlere Angebotsmiete (netto) für Mietwohnungen liegt bei ca. CHF 330 pro m ² und Jahr (vgl. nationaler Durchschnitt CHF 190 pro m ² und Jahr). Die Leerstandsquote bei Wohnungen lag im Mittel der letzten fünf Jahre mit unter 0.5% deutlich unter dem Schweizer Referenzwert von 1.7%. Die Angebotsquote für Mietwohnungen (Anzahl ausgeschriebener Immobilien im Verhältnis zum Bestand) bewegt sich bei 3.0 – 3.5% (Schweiz: 7.4%).

Kennwerte

GV, nach SIA 416	10'000 – 20' 000 m ³ , davon 10'000 – 20' 000 m ³ oberirdisch
GF	5'000 – 10' 000 m ² , davon < 5' 000 m ² oberirdisch
HNF	< 5'000 m ² , davon 1' 000 – 1' 500 m ² Gewerbe
BKP 1-5/ m ³ GV o.i.	1'583 CHF
BKP 1-5/ m ² GF	4'935 CHF
BKP 1-5/ m ² HNF	6'266 CHF
BKP 2/ m ² GV o.i.	1'459 CHF
BKP 2/ m ² GF	4'547 CHF
BKP 2/ m ² HNF	5'773 CHF
BKP 214/ m ² GV o.i.	213 CHF
BKP 214/ m ² GF	663 CHF
BKP 214/ m ² HNF	842 CHF
Jahresmietertrag ¹	CHF 1' 450'000 p.a.
Landanteil ²	180 – 185% der Erstellungskosten BKP 1-9
Kalkulatorische Rendite ³	2.8%

Nachhaltigkeit

CO2- Bindung ⁴	630 t
Anteil CH-Holz	Keine Angabe
Effizienz Gebäudehülle	
Effizienz Gesamtenergie	

¹ Einschätzung Wüest Partner unter der Annahme einer Vermietung zu Marktkonditionen

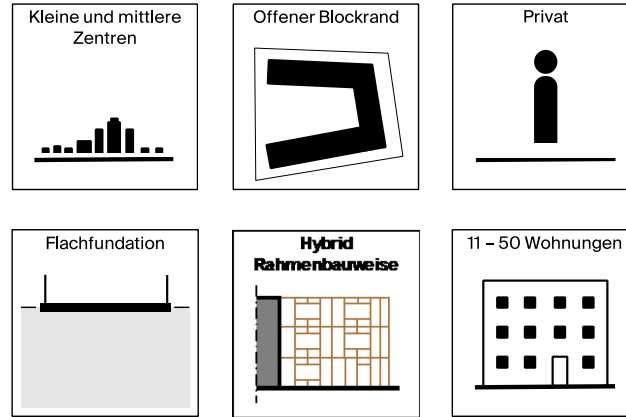
² Landanteil an Erstellungskosten gemäss Baulandpreismodell Wüest Partner

³ Jahresmietertrag geteilt durch Anlagekosten inkl. Landwert

⁴ Vereinfachte Annahme, dass 1 m³ Bauholz = 1 Tonne gebundenes CO₂ aus der Atmosphäre

VI Fallbeispiel Nr. 6

Übersicht



Projekt	Wohnüberbauung mit 11 – 50 Wohnungen und < 10 Einstellplätze
Energiezertifikat	In Anlehnung an 2000-Watt Areal (nicht zertifiziert)
Erstellungszeitraum	2010 – 2020
Bauherr	Privat
Standort	Kleines und mittleres Zentrum
Typologie	U-förmige Blockrandbebauung
Gebäudebeschrieb	<p>Es handelt sich um einen U-förmigen Block, der in Bezug auf die unterschiedliche Nachbarschaft drei bis sechs Vollgeschosse aufweist. Ziel der Überbauung war eine autofreie Siedlung, die bezahlbaren Wohnraum in architektonischer und ökologischer Bauweise ermöglichte. Der Wohnungsmix besteht aus 1.5 bis 5.5 Zimmer, die mittels Veranda alle auf den Innenhof ausgerichtet sind. Speziell sind die nicht verglasten Aussenzimmer, welche bei fast allen Wohnungen angeordnet sind. Die soziale Nachhaltigkeit wird nebst dem Nutzermix durch Gemeinschaftsräume und -gärten unterstützt. Eine Sauna steht den Bewohnern zur Verfügung sowie eine Hausbar, die monatlich geöffnet hat und auf eine wachsende Gemeinschaft zählen darf. Die Konstruktion ist in Hybridbauweise erstellt und flach fundiert. Die Kerne, Geschossdecken und Wohnungstrennwände wurden in Massivbauweise erstellt. Alle übrigen Rohbauteile wie nichttragende Innenwände, Stützen, Aussenwände, und die Fassade wurden in Leichtbauweise (Rahmenbau) aus einheimischem und zertifiziertem Holz konstruiert. Der Dachaufbau besteht aus einem massiv ausgeführten Flachdach, das extensiv begrünt wurde.</p> <p>Das Gebäude wurde nach den Richtlinien des SIA-Effizienzpfades Energie gebaut und orientiert sich an den Zielen der 2000-Watt Gesellschaft. Solaranlagen auf dem Dach sorgen für Warmwasser und Allgemeinstrom.</p>
Wohnstandard	Der Ausbaustandard ist insgesamt durchschnittlich. Die Grundrisse lassen sich flexibel nutzen und die Wohnungsgrößen finden einen guten Kompromiss aus Effizienz und Komfort. Die diversen Gemeinschaftsräume und das Angebot einer gemeinsam genutzten Sauna machen die Wohnungen zusätzlich attraktiv.

Standort und Markt

Erreichbarkeit	Vom Standort aus können innerhalb einer halben Stunde mit dem Auto 1.0 bis 1.5 Mio. Einwohner und zwischen 0.5 und 1.0 Mio. Beschäftigte (Vollzeitäquivalente) in der Schweiz erreicht werden.
Infrastruktur	Die vorhandene Infrastruktur ist reichhaltig. ÖV- und MIV-Anbindung sind sehr gut. Im Standort- und Marktrating von Wüest Partner gilt der Standort als Ort mit sehr guter Standortqualität.
Steuerbelastung	Die Steuerbelastung am Standort bewegt sich im Schweizer Vergleich sowohl für Alleinstehende, wie auch Verheiratete, im unteren Mittelfeld.
Angebotspreise	Die mittlere Angebotsmiete (netto) für Mietwohnungen liegt bei ca. CHF 200 – 250 pro m ² und Jahr (vgl. nationaler Durchschnitt CHF 190 pro m ² und Jahr). Die Leerstandsquote bei Wohnungen lag im Mittel der letzten fünf Jahre mit 0.5 – 1.0% deutlich unter dem Schweizer Referenzwert von 1.7%. Die Angebotsquote für Mietwohnungen (Anzahl ausgeschriebener Immobilien im Verhältnis zum Bestand) bewegt sich bei 5.0 – 5.5% (Schweiz: 7.4%).

Kennwerte

GV, nach SIA 416	20'000 – 40'000 m ³ , davon 10'000 – 20'000 m ³ oberirdisch
GF	5'000 – 10'000 m ² , davon 5'000 – 10'000 m ² oberirdisch
HNF	< 5'000 m ² , davon 1'000 – 1'500 m ² Gewerbe

BKP 1-5/ m3 GV o.i. 1'060 CHF

BKP 1-5/ m2 GF 2'611 CHF

BKP 1-5/ m2 HNF 4'370 CHF

BKP 2/ m2 GV o.i. 934 CHF

BKP 2/ m2 GF 2'301 CHF

BKP 2/ m2 HNF 3'851 CHF

BKP 214/ m2 GV o.i. 110 CHF

BKP 214/ m2 GF 272 CHF

BKP 214/ m2 HNF 455 CHF

Jahresmietertrag¹ CHF 1'250'000 p.a.

Landanteil² 75 – 80% der Erstellungskosten BKP 1-9


Kalkulatorische Rendite³ 3.4%

Nachhaltigkeit

CO₂- Bindung⁴ 520 t

Anteil CH-Holz 100%

Effizienz Gebäudehülle 

Effizienz Gesamtenergie 

¹ Einschätzung Wüest Partner unter der Annahme einer Vermietung zu Marktkonditionen

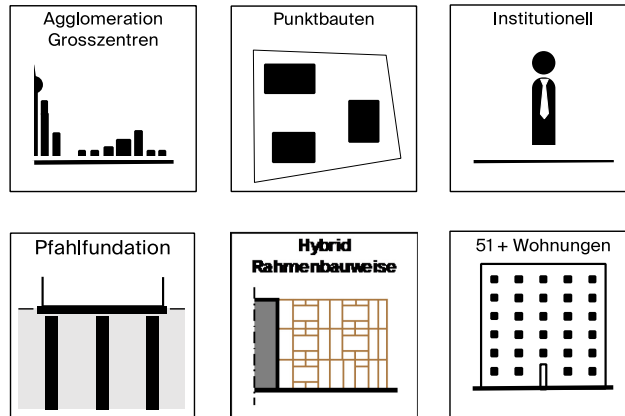
² Landanteil an Erstellungskosten gemäss Baulandpreismodell Wüest Partner

³ Jahresmietertrag geteilt durch Anlagekosten inkl. Landwert

⁴ Vereinfachte Annahme, dass 1 m³ Bauholz = 1 Tonne gebundenes CO₂ aus der Atmosphäre

VII Fallbeispiel Nr. 7

Übersicht



Projekt	Wohnüberbauung mit > 50 Wohnungen und > 50 Einstellplätze
Energiezertifikat	In Anlehnung an Minergie-A (nicht zertifiziert)
Erstellungszeitraum	2010 – 2020
Bauherr	Institutionell
Standort	Agglomeration Grosszentrum
Typologie	Punktbauten mit gemeinsamen Tiefgaragen
Gebäudebeschrieb	<p>Es handelt sich um mehrere Punktbauten, die vier überirdische Vollgeschosse und gemeinsame Tiefgaragen aufweisen. Die Gebäudeformen orientieren sich an den benachbarten Baufeldern und schaffen durch die geschickte Platzierung der Häuser eine durchlässige Struktur, die der Umgebung gerecht wird.</p> <p>Der Wohnungsmix besteht aus 1.5 bis 4.5-Zimmer Wohneinheiten, die als drei- und Vierspänner erschlossen sind und mehrheitlich zwei- oder sogar dreiseitig orientiert sind. Alle Wohnungen verfügen über grosszügig vorgelegte Balkone. Es wurden zwei verschiedene Gebäudetypen auf dem Areal realisiert.</p> <p>Das konstruktive Konzept des ersten Gebäudetyps überzeugt durch eine effiziente Schottenstruktur in Holzbauweise. Es ergeben sich klare ausgerichtete Innenräume. Die Aussenhaut ist in gekantetem Blech ausgeführt. Ab der Tiefgaragendecke wurden die Gebäude als reinen Holzbau realisiert. Die Aussen- und Innenwände sind in Holzrahmenbauweise ausgeführt. Die Stabilisierung erfolgt über die beidseitige Beplankung mittels Gipsfaserplatten. Die Decke und das Dach sind in Holz-Betonverbundbauweise ausgeführt.</p> <p>Der zweite Gebäudetyp wurde mit Erschliessungskernen in Ortbeton ausgeführt. Die von unten sichtbaren Brettspertholzecken schliessen direkt an die Kerne an. Die Innenwände sind aus grossformatigen Brettspertholztafeln mit Gipsfaserplatten bekleidet ausgeführt. Die Aussenwände wurden in Rahmenbauweise ausgeführt.</p> <p>Die Energieversorgung findet auf einer übergeordneten Ebene statt. Es werden Erdspeicher und Gebäudeabwärme für das Heizen und Kühlen verwendet. Des Weiteren sorgen Photovoltaik und Solaranlagen für nachhaltige Wärme- und Energieversorgung. Das Areal kommt ohne externe Zufuhr von Energie aus.</p>
Wohnstandard	Der Ausbaustandard ist insgesamt gehoben. Die Grundrissstruktur ist flexibel nutzbar. Die grosszügigen Balkone schaffen Mehrwert für die Wohneinheiten.



Standort und Markt

Erreichbarkeit	Vom Standort aus können innerhalb einer halben Stunde mit dem Auto 1.0 bis 1.5 Mio. Einwohner und zwischen 0.5 und 1.0 Mio. Beschäftigte (Vollzeitäquivalente) in der Schweiz erreicht werden.
Infrastruktur	Die vorhandene Infrastruktur ist durchschnittlich. ÖV- und MIV-Anbindung sind sehr gut. Im Standort- und Marktrating von Wüest Partner gilt der Standort als Ort mit exzellenter Standortqualität.
Steuerbelastung	Die Steuerbelastung am Standort bewegt sich im Schweizer Vergleich sowohl für Alleinstehende, wie auch Verheiratete, im untersten Quintil.
Angebotspreise	Die mittlere Angebotsmiete (netto) für Mietwohnungen liegt bei ca. CHF 200 – 250 pro m ² und Jahr (vgl. nationaler Durchschnitt CHF 190 pro m ² und Jahr). Die Leerstandsquote bei Wohnungen lag im Mittel der letzten fünf Jahre mit < 0.5% deutlich unter dem Schweizer Referenzwert von 1.7%. Die Angebotsquote für Mietwohnungen (Anzahl ausgeschriebener Immobilien im Verhältnis zum Bestand) bewegt sich bei < 2.0% (Schweiz: 7.4%).

Kennwerte

GV, nach SIA 416	80'000 – 100'000 m ³ , davon 40'000 – 60'000 m ³ oberirdisch
GF	20'000 – 40'000 m ² , davon 10'000 – 20'000 m ² oberirdisch
HNF	10'000 m ²
BKP 1-5/ m3 GV o.i.	950 CHF
BKP 1-5/ m2 GF	3'145 CHF
BKP 1-5/ m2 HNF	4'968 CHF
BKP 2/ m2 GV o.i.	791 CHF
BKP 2/ m2 GF	2'619 CHF
BKP 2/ m2 HNF	4'136 CHF
BKP 214/ m2 GV o.i.	167 CHF
BKP 214/ m2 GF	551 CHF
BKP 214/ m2 HNF	871 CHF
Jahresmietertrag ¹	CHF 3'700'000 p.a.
Landanteil ²	60 – 65% der Erstellungskosten BKP 1 – 9
Kalkulatorische Rendite ³	3.3%

Nachhaltigkeit

CO ₂ - Bindung ⁴	4'800 t
Anteil CH-Holz	Keine Angabe
Effizienz Gebäudehülle	
Effizienz Gesamtenergie	

¹ Einschätzung Wüest Partner unter der Annahme einer Vermietung zu Marktkonditionen

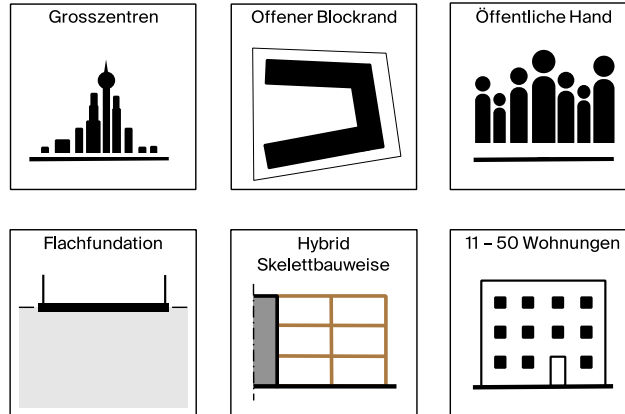
² Landanteil an Erstellungskosten gemäss Baulandpreismodell Wüest Partner

³ Jahresmietertrag geteilt durch Anlagekosten inkl. Landwert

⁴ Vereinfachte Annahme, dass 1 m³ Bauholz = 1 Tonne gebundenes CO₂ aus der Atmosphäre

VIII Fallbeispiel Nr. 8

Übersicht



Projekt	Wohnüberbauung mit 11 – 50 Wohnungen 11 – 50 Einstellplätze und Kinderbetreuung im Erdgeschoss
Energiezertifikat	In Anlehnung an Minergie-P-Eco (nicht zertifiziert)
Erstellungszeitraum	2010 – 2020
Bauherr	Öffentliche Hand
Standort	Grosszentrum
Typologie	U-förmiger Blockrand
Gebäudebeschrieb	<p>Das Gebäude befindet sich in einem von Wohnbauten geprägten Umfeld und ist von einer ruhigen Seitenstrasse her erschlossen. Der Innenhof dient als Erschliessungsraum für alle Wohnungen und die Kindertagesstätte und bildet das Zentrum der Wohngemeinschaft. Der Wohnungsmix besteht aus 1.5-Zimmer bis 5.5-Zimmer Wohnungen, die teilweise als Maisonette-Einheiten ausgeführt wurden. Die Überbauung weist drei Vollgeschosse und ein Untergeschoss mit Einstellplätzen auf.</p> <p>Ab dem Untergeschoss bildet eine hybride Holz-Skelettbauweise das Tragwerk. Die Kerne sind in Massivbauweise ausgeführt. An diese schliessen Balkendecken an, die in regelmässigen Abstand punktuell auf Stützen gelagert sind. Die Raumeinteilung wurde dadurch frei gestaltbar. Mit einer entkoppelten Schüttung von rund 8 cm konnte die Trittschalldämmung garantiert werden. Die Sekundärträger an der Deckenuntersicht sind ersichtlich. Eine abwechselnd dunkle Fichtenlattung und Fenster mit Klappläden prägen das Fassadenbild.</p> <p>Beim Satteldach handelt es sich um einen Kaldachaufbau. Die Überbauung konnte flach fundiert ausgeführt werden.</p> <p>Das Gebäude wurde nach den Richtlinien von Minergie-P-Eco geplant, jedoch nicht zertifiziert.</p>
Wohnstandard	Der Ausbaustandard ist insgesamt hochwertig. Die Grundrisse sind kompakt, weisen durch die regelmässige Tragstruktur jedoch einen sehr guten Nutzwert auf.



Standort und Markt

Erreichbarkeit	Vom Standort aus können innerhalb einer halben Stunde mit dem Auto 0.5 bis 1.0 Mio. Einwohner und bis 0.5 Mio. Beschäftigte (Vollzeitäquivalente) in der Schweiz erreicht werden.
Infrastruktur	Die vorhandene Infrastruktur ist reichhaltig. ÖV- und MIV-Anbindung sind sehr gut. Im Standort- und Marktrating von Wüest Partner gilt der Standort als Ort mit guter Standortqualität.
Steuerbelastung	Die Steuerbelastung am Standort bewegt sich im Schweizer Vergleich sowohl für Alleinstehende, wie auch Verheiratete, im untersten Quintil.
Angebotspreise	Die mittlere Angebotsmiete (netto) für Mietwohnungen liegt bei ca. CHF 200 – 250 pro m ² und Jahr (vgl. nationaler Durchschnitt CHF 190 pro m ² und Jahr). Die Leerstandsquote bei Wohnungen lag im Mittel der letzten fünf Jahre mit < 0.5% deutlich unter dem Schweizer Referenzwert von 1.7%. Die Angebotsquote für Mietwohnungen (Anzahl ausgeschriebener Immobilien im Verhältnis zum Bestand) bewegt sich bei < 2.0% (Schweiz: 7.4%).

Kennwerte

GV, nach SIA 416	20'000 – 40'000 m ³ , davon 10'000 – 20'000 m ³ oberirdisch
GF	5'000 – 10'000 m ² , davon < 5'000 m ² oberirdisch
HNF	< 5'000 m ²
BKP 1-5/ m3 GV o.i.	1'127 CHF
BKP 1-5/ m2 GF	3'497 CHF
BKP 1-5/ m2 HNF	4'551 CHF
BKP 2/ m2 GV o.i.	1'037 CHF
BKP 2/ m2 GF	3'218 CHF
BKP 2/ m2 HNF	4'188 CHF
BKP 214/ m2 GV o.i.	201 CHF
BKP 214/ m2 GF	623 CHF
BKP 214/ m2 HNF	811 CHF
Jahresmietertrag ¹	CHF 1'050'000 p.a.
Landanteil ²	CHF 13'220'000.–
Kalkulatorische Rendite ³	3.3%

Nachhaltigkeit

CO ₂ - Bindung ⁴	900 t
Anteil CH-Holz	Rund 20%
Effizienz Gebäudehülle	
Effizienz Gesamtenergie	

¹ Einschätzung Wüest Partner unter der Annahme einer Vermietung zu Marktkonditionen

² Landanteil an Erstellungskosten gemäss Baulandpreismodell Wüest Partner

³ Jahresmietertrag geteilt durch Anlagekosten inkl. Landwert

⁴ Vereinfachte Annahme, dass 1 m³ Bauholz = 1 Tonne gebundenes CO₂ aus der Atmosphäre