

Endbericht

Low-Tech Lösungen für lebenszyklusorientiertes Bauen im mehrgeschossigen Wohnbau

Laufzeit:	01.07.2019-31.12.2020
Förderung:	aus Mitteln der Wohnbauforschung Land Salzburg
Lead Partner:	FH Salzburg GmbH – Studiengang Smart Building
Projektpartner:	Kompetenzzentrum Bauforschung der Bundesinnung Bau (vormals Innovations- und Forschungsstelle BAU der Landes- innung BAU Salzburg) Kammer der ZiviltechnikerInnen, ArchitektInnen und IngenieurInnen für Oberösterreich und Salzburg
Projektleitung FH Salzburg:	Dipl. Ing. (FH) Lutz Dorsch M.BP.
Mitarbeit:	Dipl. Ing. Patricia Reindl, BSc

Kurzfassung

Das vorliegende Forschungsprojekt beschäftigt sich mit den Lebenszykluskosten von Low-Tech Maßnahmen im Vergleich zu Gebäudekomponenten von herkömmlichen Bauten. Dabei wird ausschließlich die Gebäudekategorie Wohnen betrachtet und hierbei, aufgrund der derzeitigen und voraussichtlich anhaltenden Wohnungsnot, auf Mehrfamilienwohnhäuser fokussiert.

Zu Beginn des Projekts wird ausgehend von der Analyse bereits umgesetzter Gebäude der Begriff Low-Tech geschärft und eine projektinterne Definition formuliert. Diese Definition stützt sich auf die vier Säulen Gebäudeentwurf, Bautechnik, Gebäudetechnik und Gebäudenutzung.

Um Maßnahmen zur Umsetzung von Low-Tech Konzepten mit herkömmlichen mehrgeschossigen Wohnbauten vergleichen zu können, wird ein Vergleichsgebäude definiert. Dieses besitzt jene Gebäudeigenschaften, die laut Informationen aus der ZEUS-Daten, am häufigsten im Land Salzburg bei Mehrfamilienhäusern in den letzten fünf Jahren umgesetzt wurden.

Die Wahl der zu untersuchenden Low-Tech Maßnahmen fällt auf folgende Themen:

- Optimierung der Gebäudeausrichtung
- Fensterflächenanteil
- Sonnenschutzmaßnahmen
- Monolithische Bauweise
- Wohnungslüftungsanlage
- Solarthermie für die Trinkwarmwasserbereitung
- Wärmeerzeugung

Diese Maßnahmen werden sowohl energetisch als auch ökonomisch bewertet, um ein vollständiges Bild für die darauffolgenden Schlussfolgerungen zu schaffen.

Die Ergebnisse bestätigen, dass Entscheidungen in der Planungsphase unbedingt aufgrund der gesamten Lebenszykluskosten getroffen werden sollen. Eine ausschließliche Betrachtung der Herstellungskosten kann zu höheren Folgekosten und damit zu höheren Gesamtkosten führen.

Die Berechnung der Varianten zeigt jedoch, dass eine ökonomische Bewertung der Maßnahmen über den gesamten Gebäudelebenszyklus, die eine allgemeingültige Aussage ermöglicht, aus verschiedenen Gründen nur bedingt möglich ist. Ein Grund liegt in der langen Gebäudenutzungsdauer. Über ein Zeitfenster von mehreren Jahrzehnten kann keine verlässliche Prognose über Preisentwicklungen oder die Klimaveränderung erstellt werden. Auch die zukünftigen Kosten für den Rückbau lassen sich nur schwer abschätzen. Deshalb wird in den Erläuterungen zu den Kostenberechnungen auch speziell auf die Sensitivität dieser Parameter eingegangen.

Abschließend werden aufgrund der Projektergebnisse Empfehlungen für die Fortschreibung der Anforderungen im Rahmen der Wohnbauförderung abgeleitet.

Inhalt

1.	Einleitung.....	1
1.1.	Ausgangssituation und Motivation	1
1.2.	Aufgabenstellung & Zielsetzung	2
1.3.	Methodik und Aufbau	2
1.4.	Betrachtungsbereich	4
1.5.	Nutzen für die Wohnbauförderung	4
2.	Lebenszykluskosten	5
3.	Baustandard	9
3.1.	Salzburger Wohnbauförderung	9
3.1.1.	Bauliche Ausnutzbarkeit	9
3.1.2.	Raumeffizienz	9
3.1.3.	Flächeneffizienz	10
3.1.4.	Fassadeneffizienz	10
3.1.5.	Zusammenstellung der Kennzahlen	11
3.2.	Aktueller Baustandard	12
4.	Low-Tech Gebäude	13
4.1.	Definition	13
4.2.	Best-Practice-Beispiele	14
4.2.1.	Mehrfamilienhaus Rüedi (Chur, CH)	14
4.2.2.	Zweifamilienhaus Dämon (Jenbach, A)	16
4.2.3.	Einfamilienhaus H17 (Ermengerst, D)	17
4.2.4.	Einfamilienhaus Gstöhl (Eschen, FL)	18
4.2.5.	Velux Sunlighthouse (Pressbaum, A)	20
4.2.6.	Zu-Haus Döllinger (Auersthal, A)	21
4.3.	Diskussion der Best-Practice-Beispiele	22
4.4.	Fazit	24
5.	Herleitung eines Vergleichsgebäudes	25
5.1.	Auswertung der ZEUS-Daten	26
5.1.1.	Wärmetechnik	27
5.1.2.	Thermische Solaranlage und PV-Anlage	28
5.1.3.	Raumluftechnik	28
5.1.4.	Nutzungseinheiten	29
5.1.5.	Geschossanzahl im ganzen Gebäude	30
5.1.6.	Unterkellerung	31
5.1.7.	Bauweise	31
5.1.8.	Gebäudegeometrie	31
5.1.9.	Thermische Gebäudehülle	32
5.1.10.	Auswahl der Kriterien für das Vergleichsgebäude:	33
5.2.	Auswertung von realisierten Wohnbauprojekten	34
5.3.	Beschreibung des Vergleichsgebäudes	38
6.	Rechenrandbedingungen der Energiebilanz	41
6.1.	Rechenrandbedingungen	41
6.2.	Heizwärmebilanz des Vergleichsgebäudes	43

6.3.	Energiebilanz des Vergleichsgebäudes	45
6.4.	Annahmen für die Lebenszykluskostenberechnungen	47
6.4.1.	Allgemeine Annahmen	47
6.4.2.	Nutzungsdauern sowie Wartungs- und Instandsetzungskosten	49
6.4.3.	Investitions- und Herstellkosten	50
7.	Maßnahmenbetrachtungen	52
7.1.	Optimierung der Gebäudeausrichtung	52
7.1.1.	Beschreibung	52
7.1.2.	Energetische Bewertung	53
7.1.3.	Ökonomische Bewertung	54
7.2.	Fensterflächenanteil	57
7.2.1.	Herleitung	57
7.2.2.	Einfluss des Fensterflächenanteils auf die Einhaltung des LEK _T -Wertes	59
7.2.3.	Beschreibung	64
7.2.4.	Energetische Bewertung	65
7.2.5.	Ökonomische Bewertung	66
7.3.	Sonnenschutzmaßnahmen	67
7.3.1.	Beschreibung	67
7.3.2.	Energetische Bewertung	68
7.3.3.	Ökonomische Bewertung	69
7.4.	Monolithische Bauweise	71
7.4.1.	Herleitung	71
7.4.2.	Beschreibung	75
7.4.3.	Energetische Bewertung	75
7.4.4.	Ökonomische Bewertung	76
7.5.	Wohnungslüftungsanlage	77
7.5.1.	Beschreibung	77
7.5.2.	Energetische Bewertung	79
7.5.3.	Ökonomische Bewertung	80
7.6.	Solarthermie für die Trinkwarmwasserbereitung	81
7.6.1.	Beschreibung	82
7.6.2.	Energetische Bewertung	83
7.6.3.	Ökonomische Bewertung	85
7.7.	Wärmeerzeugung	87
7.7.1.	Beschreibung	87
7.7.2.	Energetische Bewertung	90
7.7.3.	Ökonomische Bewertung	91
8.	Conclusio	95
	Anhang I	99
	Anhang III	115
	Abbildungsverzeichnis	118
	Tabellenverzeichnis	122
	Literaturverzeichnis	123

1. Einleitung

Im Wohnungsbau gibt es eine Tendenz zu komplexerer Steuer- und Regeltechnik für Heizung und Lüftung, sowie zu komplexer werdenden Konstruktionen mit vielen Bauteilschichten. Dadurch können Gebäude zwar in der Nutzung energieeffizienter werden, allerdings steigt damit auch der Aufwand für die Herstellung sowie den Betrieb inklusive Wartung und Instandsetzung.

Der Trend in der internationalen Bauszene kehrt jedoch zu traditionellen Methoden und Bauweisen zurück und versucht alte Ansätze neu zu interpretieren und in „Low-Tech“ Gebäuden zu realisieren (Cody, 2014, High Tech or Low Tech). Planer und Architekten stehen im Zentrum dieser Entwicklung. Für sie wird es von besonderer Wichtigkeit sein, die Möglichkeiten und Einschränkungen von Low-Tech Lösungen frühzeitig zu erkennen, zu verstehen und in ihrer Planung zu berücksichtigen.

Eine hochwertige integrale Planung, unter Berücksichtigung der konstruktiven und bauphysikalischen Zusammenhänge sowie der haustechnischen Ausführungsmöglichkeiten, bildet die Grundlage für aktuelle Low-Tech Ansätze. Das Low-Tech Prinzip fordert ein Zusammenspiel zwischen klimatischen Randbedingungen, Materialwahl, Konstruktion, Gebäudepositionierung und -geometrie sowie den reduzierten Einsatz von Technologie.

Das Hauptaugenmerk bei der Realisierung von Low-Tech Gebäuden, welches Innovation in der Reduktion sucht, liegt im Aufzeigen von Alternativen zur Übertechnisierung in der Gebäudetechnik und Baukonstruktion.

1.1. Ausgangssituation und Motivation

Der höhere Technisierungsgrad in Gebäuden bzw. die höhere Komplexität der Bauteilschichten ermöglichen großen Spielraum in der Entwurfsphase. Fehler im Entwurf, wie beispielsweise durch zu große Fensterflächenanteile oder zu geringe Kompaktheit, können durch zusätzlichen Einsatz von Gebäudetechnik ausgeglichen werden. Dieser Einsatz von Technologien kann wiederum zu einem höheren Aufwand sowie zu höheren Kosten in Herstellung, Betrieb und Wartung führen. Zusätzlich haben Gebäudetechnikkomponenten grundsätzlich eine geringere Nutzungsdauer als Komponenten der Bautechnik, wodurch sich Austauschintervalle verkürzen und somit die Instandhaltungskosten sowie der Ressourcenverbrauch steigen. Natürlich gibt es auch Gebäude, die neben einem hohen Technisierungsgrad auch einen optimierten Gebäudeentwurf aufweisen. Jedoch stellt sich hier die Frage, ob der erhöhte Aufwand und die zusätzlich benötigte Technik in Relation zur Energie- und Ressourcensparung durch diese steht, wenn der Lebenszyklus dieser Produkte mitbetrachtet wird. Somit gilt es zu untersuchen, wie man durch den Gebäudeentwurf die beste Voraussetzung zur reduzierten Gebäudetechnik schaffen kann und welche Kostenunterschiede sich hier ergeben können.

1.2. Aufgabenstellung & Zielsetzung

Der Schwerpunkt des Forschungsprojektes liegt in der Auswahl von Einzelmaßnahmen, Baukonstruktionen und Komponenten, deren Zusammenspiel ein Low-Tech Gebäude ergeben. Darauf folgend soll eine Analyse der Lebenszykluskosten der ausgewählten Low-Tech Lösungen im Vergleich mit dem derzeitigen Baustandard im mehrgeschossigen Wohnbau durchgeführt werden.

Eine lebenszykluskostenorientierte Planung ermöglicht geringere Folge- und Nutzungskosten und stellt somit eine energetische, ökologische und volkswirtschaftliche Schonung von Ressourcen dar.

Folgende Forschungsfragen werden in diesem Projekt behandelt:

- Welche Definition für Low-Tech Gebäude im mehrgeschossigen Wohnbau kann nach einer umfassenden Recherche formuliert werden?
- Welche Wohngebäude wurden bereits als Low-Tech Gebäude realisiert?
 - Inwiefern erfüllen diese Gebäude die Anforderungen laut der erarbeiteten Definition?
 - Was sind deren Unterschiede zum derzeitigen Baustandard?
- Können durch die Umsetzung von Low-Tech Maßnahmen geringere Errichtungs- und Betriebskosten erzielt werden?
- Welche Einzelmaßnahmen haben die größten Auswirkungen auf die drei Säulen der Nachhaltigkeit (ökologisch, ökonomisch, sozial) und sollen somit in der Wohnbauförderung stärker beachtet werden?

Ziel des Projekts ist die Entwicklung verschiedener Lösungsansätze für zukünftige Low-Tech Gebäude, welche die Vorgaben der Salzburger Wohnbauförderung 2015 (S.WFG, 2015) erfüllen und gleichzeitig geringere Kosten für Errichtung, Betrieb und Wartung mit sich bringen. Dabei werden Lösungsansätze von bereits realisierten Gebäuden in den Bereichen Gebäudetechnik, Bautechnik, Gebäudenutzung und Entwurf analysiert. Neben der Reduktion an Technik gilt es, die energetischen und raumklimatischen Qualitäten beizubehalten.

1.3. Methodik und Aufbau

Vor dem Hintergrund der Vision des Low-Tech Gebäudes mit geringer technischer Ausstattung und gleichzeitiger Gewährleistung der notwendigen energetischen und raumklimatischen Qualität, ist es im Projektablauf zunächst notwendig, bereits realisierte Best Practice Beispiele zu recherchieren und zusammenfassend den Begriff „Low-Tech Gebäude“ zu schärfen.

Der nächste Schritt besteht darin, den aktuellen Baustandard und somit ein Vergleichsgebäude für die späteren Variantenberechnungen zu definieren.

Danach werden die Einzelmaßnahmen, Baukonstruktion und Komponenten für eine Low-Tech Lösung ausgewählt. Schwerpunkte dabei sind die Ausführung der Gebäudehülle, die Materialwahl sowie das Lüftungs- und das Energiekonzept. Die Einhaltung der Förderrichtlinien laut Salzburger

Wohnbauförderungsgesetz (S.WFG, 2015) sowie alle geltenden technischen Vorschriften im Land Salzburg zum Stichtag 01.07.2020 ist dabei selbstverständlich.

Ziel ist in weiterer Folge eine Lebenszykluskostenanalyse durchzuführen. Die Einzelkosten der Maßnahmen, Baukonstruktion und Komponenten werden recherchiert, gesammelt und aufbereitet. Dabei werden zuerst die anfallenden Errichtungskosten für die Einzelmaßnahmen und Konstruktionen sowie für die notwendige Gebäudetechnik erarbeitet. Im nächsten Schritt werden die Folge- und Nutzungskosten der Low-Tech Lösung ermittelt um darauf aufbauend einen Vergleich der Lebenszykluskosten mit jenen des derzeitigen Baustandards zu ermöglichen.

Das Projekt sieht folgende Leistungsbestandteile vor: Auswahl von Einzelmaßnahmen, Baukonstruktionen und Komponenten und darauffolgend eine Analyse der Lebenszykluskosten der ausgewählten Low-Tech Lösungen im Vergleich mit dem derzeitigen Baustandard im mehrgeschossigen Wohnbau in Salzburg.

Im Folgenden werden die Inhalte der einzelnen Arbeitspakete dargestellt:

Tabelle 1: Arbeitspakete und Inhalte

Nr.	Arbeitspaket Bezeichnung	Geplantes Ergebnis
1	Recherche, Analyse, Kriterienkatalog	<ul style="list-style-type: none"> - Bericht zur Literatur und Marktrecherche - Bericht zu bereits ausgeführten Low-Tech Lösungen/Best Practice Beispiele
2	Erarbeitung Low-Tech Lösung	<ul style="list-style-type: none"> - Auswahl der Einzelmaßnahmen - Auswahl von Baukonstruktionen - Auswahl der Komponenten
3	Lebenszykluskostenanalyse	<ul style="list-style-type: none"> - Recherche, Analyse & Aufbereitung der Lebenszykluskostenmethode - Berechnung der Lebenszykluskosten - Gegenüberstellung Low-Tech Lösung vs. Konventioneller Baustandard
4	Projektmanagement	<ul style="list-style-type: none"> - Regelmäßige Abstimmungsmeetings mit der Förderstelle - Online-Workshop mit verschiedenen Interessensgruppen - Dokumentation der Ergebnisse - Endbericht
5	Dissemination	<ul style="list-style-type: none"> - Präsentation der Ergebnisse/Fachvortrag über Veranstaltungen in Kooperation mit Innovations- und Forschungsstelle BAU und Arch+Ing - Veröffentlichung in Zeitschriften und facheinschlägigen Magazinen über die Kanäle der FH Salzburg, der Innovations- und Forschungsstelle BAU sowie der Arch+Ing - Lehre Studiengang „Smart Building“ an der FH Salzburg

1.4. Betrachtungsbereich

Das Forschungsprojekt fokussiert sich auf Low-Tech Gebäude im mehrgeschossigen Wohnbau. Anders als bei Einfamilienhäusern oder Bürogebäuden gibt es hier sehr wenige Best-Practice Beispiele, was den Forschungsbedarf unterstreicht.

Es sollen Low-Tech Lösungsansätze erarbeitet werden, die der Fortschreibung und Weiterentwicklung der Anforderungen innerhalb der Salzburger Wohnbauförderung dienen können.

1.5. Nutzen für die Wohnbauförderung

Eine Betrachtung der Lebenszykluskosten von Low-Tech Lösungen im Vergleich zum derzeitigen konventionellen Baustandard im mehrgeschossigen Wohnbau kann ein Hilfsmittel zur zukünftigen Gestaltung der Wohnbauförderung im Land Salzburg darstellen. Daraus abgeleitet können zukünftig Methoden erarbeitet werden, welche einen wesentlichen Beitrag zu kostengünstigerem Bauen, Nutzen und Betreiben von Gebäuden leisten und damit langfristig leistbares Wohnen in Salzburg sichern.

2. Lebenszykluskosten

Das Ziel dieses Forschungsprojektes ist der Vergleich von ausgewählten Low-Tech Lösungen mit dem derzeitigen Baustandard im mehrgeschossigen Wohnbau in Bezug auf die Lebenszykluskosten. Daher soll der Thematik Lebenszykluskosten ein eigener Abschnitt gewidmet werden.

In einer Lebenszykluskostenanalyse werden sämtliche Kosten, welche in den verschiedenen Lebenszyklusphasen eines Gebäudes anfallen, aufsummiert, was in einem aktuellen zeitbereinigten Gegenwartswert resultiert. Die Berechnung der Lebenszykluskosten bei Gebäuden kann anhand unterschiedlicher Methoden erfolgen.

Bei der Berechnung der Lebenszykluskosten als Akkumulation der nominalen Kosten werden die einzelnen Lebenszykluskosten in einmalige und wiederkehrende Kosten unterteilt und in den Gruppen

- kapitalgebundene Kosten,
- verbrauchsgebundene Kosten,
- betriebsgebundene Kosten und
- sonstige Kosten

zusammengefasst. Die wohl bekannteste Berechnungsart ist die Barwertmethode. Bei dieser wird ein Referenzzeitpunkt definiert, auf welchen die gesamten Lebenszykluskosten bezogen werden, mit dem Ziel, die langfristig kostengünstigste sowie ökonomisch nachhaltigste Handlungsalternative zu bestimmen. Somit kann der Gegenwartswert (oder Barwert) als der auf einen Referenzzeitpunkt bezogenen abgezinnten Wert zukünftiger Zahlungen definiert werden.

Die Annuitätenmethode baut auf der bereits erwähnten Barwertmethode auf. Dabei werden die Barwerte (Kapitalwerte), mit Hilfe des Annuitätenfaktors, in sogenannte Annuitäten umgerechnet. Somit wird der Barwert einer Investition gleichmäßig auf die Perioden (meistens ein Jahr) der Nutzungsdauer verteilt und es werden alle einmaligen sowie laufenden Zahlungen zusammengefasst. Die in diesem Projekt zu untersuchenden Varianten werden mit dieser Methode berechnet.

Die OIB-Richtlinie 6, Kostenoptimalität (Österreichisches Institut für Bautechnik, 2018) gibt in diesem Zusammenhang kostenoptimale Niveaus von Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz in den unterschiedlichen Gebäudekategorien an.

Die typischen Phasen, die sich im Lebenszyklus eines Gebäudes feststellen lassen, sind Planung und Errichtung, Nutzung, sowie Rückbau. Die ÖNORM EN 15804 (2020) unterscheidet auch die Phasen Herstellung und Errichtung, Nutzung sowie Entsorgung. Dementsprechend fallen in den unterschiedlichen Lebenszyklusphasen Kosten an, wie Errichtungskosten und Folgekosten für Nutzung und Betrieb, sowie Rückbaukosten für Objektbeseitigung und Abbruch (ÖNORM B 1801-4, 2014, S. 5). Diese sind in nachfolgender Abbildung 1 dargestellt. Die verschiedenen Lebenszyklusphasen können wiederum in einzelne Schritte unterteilt werden.

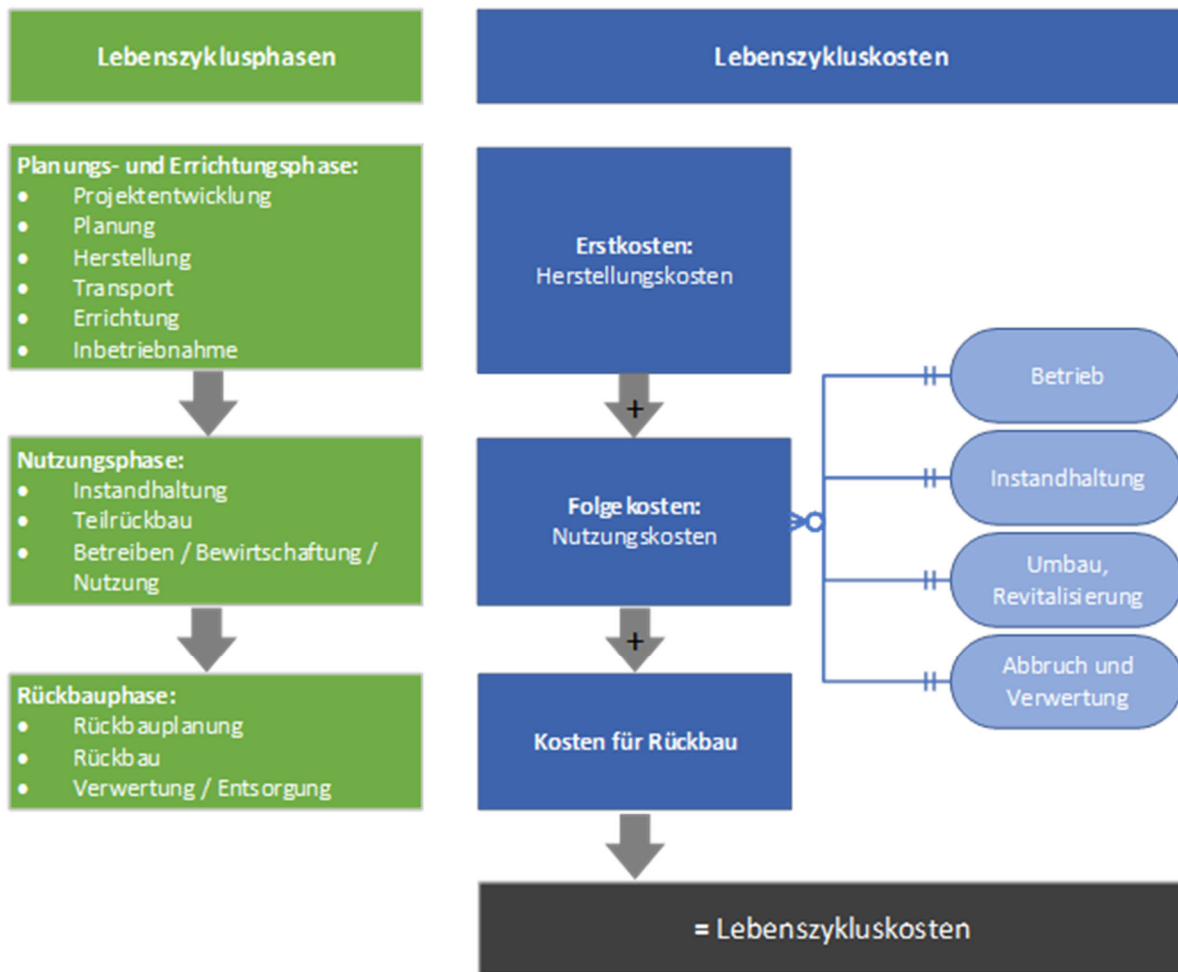


Abbildung 1: Lebenszyklusphasen und Lebenszykluskosten (e.D. in Anlehnung an Lützkendorf, 2007, S.373 und Heim et al., 2019, S.107)

In der Praxis werden in der Planungsphase aufgrund fehlender Planungstiefe meist nur die Herstellungskosten als Entscheidungsgrundlage herangezogen, ohne die Folgekosten, welche durch die Nutzung und den Rückbau am Ende des Lebenszyklus entstehen, zu berücksichtigen (Heim et al., 2019, S.104). Diese einseitige Betrachtung der Kosten kann zu höheren Gesamtkosten nach Ende der Lebensdauer eines Gebäudes führen. Wie Abbildung 2 zeigt, übersteigen die Folgekosten in der Lebenszyklusbetrachtung die Errichtungskosten des Gebäudes. Die Gebäudenutzung, sowie der Abbruch und Rückbau eines Gebäudes können bis zu 85 % der Gesamtkosten ausmachen. Diese hohen Folgekosten bieten dementsprechend signifikante Einsparungspotenziale, welche erheblichen Einfluss auf die Gesamtwirtschaftlichkeit eines Gebäudes haben können. Um diese Potenziale ausschöpfen zu können, ist es wichtig, schon in der Entwurfsphase Lebenszykluskostenanalysen zu berücksichtigen, da die Beeinflussbarkeit der Kosten mit Fortschreiten der Lebenszyklusphasen drastisch sinkt. Spätere Maßnahmen können somit zu noch höheren Gesamtkosten eines Gebäudes beitragen.

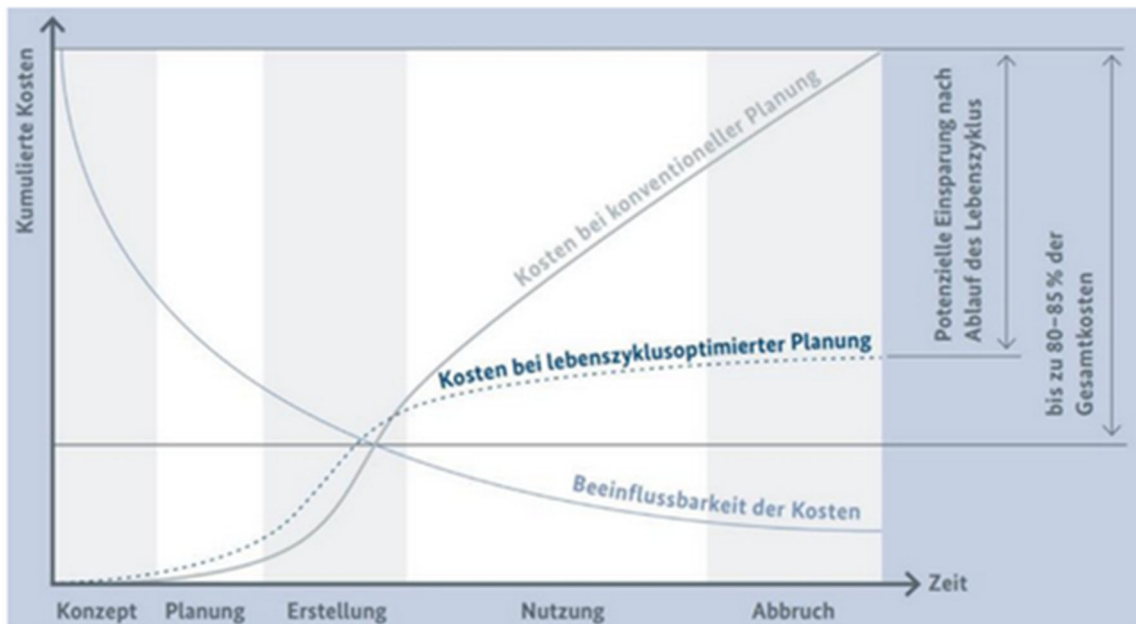


Abbildung 2: Entwicklung der Lebenszykluskosten über den Lebenszyklus¹ eines Gebäudes (Heim et al., 2019, S.104)

Auch im Hinblick auf Low-Tech Lösungen sind dementsprechend die Lebenszykluskosten in der Entwurfsphase, sowie bei der Wahl der Bau- und Gebäudetechnik und den Nutzungsanforderungen zu berücksichtigen.

Abhängig von den Erfahrungen, der Sichtweise sowie der Tätigkeit von Projektbeteiligten werden die Phasen der Berechnungen unterschiedlich stark bewertet bzw. gewichtet. Es ist jedoch festzuhalten, dass eine aussagekräftige, wirtschaftliche Betrachtung nur dann gewährleistet ist, wenn alle Phasen des Lebenszyklus eines Gebäudes ausreichend berücksichtigt und in die Berechnungen mit einbezogen und bewertet werden. Dies lässt sich anhand eines Beispiels erläutern: Wird im Planungsprozess eines Gebäudes der Aufwand des Rückbaus (zeitlicher Aufwand, Rückbaumöglichkeit, Kosten für Deponierung etc.) nicht berücksichtigt, kann dies unter heutigen Erkenntnissen zu erheblichen Folgekosten und somit zu einer drastischen Steigerung der Gesamtkosten führen. Allerdings sind auch bei der Bewertung mittels Lebenszykluskosten die unterschiedlichen Interessen der Beteiligten zu berücksichtigen: Investoren (geringe Errichtungskosten), Eigentümer (hohe Rendite) und Nutzer (geringe Betriebskosten).

¹ Die Zeitachse stellt kein Verhältnis zwischen den Lebenszyklusphasen dar. Die Abbildung ist als rein qualitative Darstellung der Entwicklung der Lebenszykluskosten zu verstehen.

Im Folgenden sind die wichtigsten Begriffe zu Lebenszykluskostenberechnungen erläutert, welche zum Verständnis der späteren Berechnungen notwendig sind.

- **Annuität**
„Regelmäßig wiederkehrende gleich hohe Zahlungen, üblicherweise die Jahresrate der Tilgung und Verzinsung einer Schuld.“ (Verein Deutscher Ingenieure, 2012)
- **Inflationsrate**
„Der Begriff Inflation bezeichnet die ansteigende Entwicklung der Preise. In Österreich wird die Inflationsrate über den Verbraucherpreisindex (VPI) gemessen.“ (Statista GmbH, 2021)
- **Kapitalzinssatz**
„Der Kapitalzinssatz, auch Kalkulationszinssatz genannt, ist die vom Marktzins und von Risikogesichtspunkten abhängige Mindestverzinsung. Bei einer vollständigen Eigenfinanzierung ist er der Zinssatz einer alternativen risikofreien Anlage des Geldes. Bei vollständiger Fremdfinanzierung ist der Kapitalzinssatz gleich dem Zinssatz für das aufgenommene Kapital. Werden diese beiden Finanzierungsformen vermischt, ergibt sich der Kapitalzinssatz als gewogen Wert aus beiden Zinssätzen.“ (Frick, 2012)

Weitere Begriffsdefinitionen zum Thema Wirtschaftlichkeitsrechnungen sind in der VDI-Richtlinie 2067 zu finden.

3. Baustandard

Die Untersuchung in diesem Forschungsprojekt beschäftigt sich mit dem Vergleich von Mehrfamilienhäusern im derzeitigen Baustandard mit alternativen Low-Tech Lösungen. Alle diese Varianten sollen jedoch die Vorgaben der aktuellen bautechnischen Vorschriften einhalten. Die berücksichtigten Anforderungen aus den relevanten Gesetzestexten sind im Anhang I zu finden.

3.1. Salzburger Wohnbauförderung

Die Salzburger Wohnbauförderung (S.WFV, 2015) stellt zum Zeitpunkt der Datenerhebung² einerseits energetische Anforderungen unmittelbar über den LEK_T-Wert und Primärenergieindikator sowie über die Richtlinie Energieeffizienz (Land Salzburg, 2016). Andererseits werden für den Mietwohnungsbau auch Anforderungen an die bauliche Ausnutzbarkeit, die Raum- und Flächeneffizienz sowie an die Fassadeneffizienz gestellt, wobei diese auch für kleinere Gebäude anwendbar sind. Diese Anforderungen werden im Folgenden beschrieben.

3.1.1. Bauliche Ausnutzbarkeit

Die Geschossflächenzahl (GFZ) gibt Aufschluss über die bauliche Ausnutzung eines Grundstücks. Das Salzburger Raumordnungsgesetz (2009) definiert die Geschossflächenzahl als das Verhältnis der Gesamtgeschossfläche (Bruttogeschossfläche) zur Fläche des Bauplatzes (Grundstücksfläche). Zur Bruttogeschossfläche zählen die Flächen der einzelnen oberirdischen Geschosse. (Salzburger Raumordnungsgesetz, 2009, § 56 (4)) Die Salzburger Wohnbauförderung (S.WFV, 2015, § 14 (1)) gibt hier für die Region Salzburg Stadt einen Mindestwert von 0,70 vor, sowie für alle anderen Regionen im Bundesland Salzburg einen Wert von mindestens 0,60. Damit wird definiert, wie viele Quadratmeter Bruttogeschossfläche je Quadratmeter Grundstücksfläche mindestens errichtet werden müssen.

$$\text{Geschossflächenzahl (GFZ)} = \frac{\text{Bruttogeschossfläche}}{\text{Grundstücksfläche}}$$

Die bauliche Ausnutzbarkeit kann im Rahmen dieses Projektes nicht betrachtet werden, da kein Bezug zur Grundstücksfläche hergestellt werden kann.

3.1.2. Raumeffizienz

Die Raumeffizienz eines Gebäudes gibt das Verhältnis des umbauten Raums zur Wohnnutzfläche an. Das Salzburger Wohnbauförderungsgesetz definiert die Wohnnutzfläche „[...] als die gesamte Bodenfläche einer Wohnung oder eines Wohnheims, abzüglich der Wandstärken und der im Verlauf der

² Stichtag der Datenerhebung sowie der Festlegung der Rahmenbedingungen für alle Berechnungen: 01.07.2020

Wände befindlichen Durchbrüche; Kellerräume, soweit sie nach ihrer Ausstattung nicht für Wohnzwecke geeignet sind, Treppen, Luftschächte, Loggien, Balkone und Terrassen sind bei der Berechnung der Wohnnutzfläche nicht zu berücksichtigen.“ (S.WFG, 2015, § 5 (1)). Der umbaute Raum kann als Brutto-Rauminhalt bezeichnet werden, welcher wiederum in der ÖNORM B 1800 als „[...] der Rauminhalt eines Bauwerks, welcher von den äußeren Begrenzungsflächen und nach unten von der Unterfläche der konstruktiven Bauwerksohle umschlossen wird [...]“, definiert ist (ÖNORM B 1800, 2013, S.10). Abweichend davon versteht das Salzburger Wohnbauförderungsgesetz hier unter umbautem Raum sowohl das beheizte als auch das unbeheizte Raumvolumen.

Die Salzburger Wohnbauförderung gibt für die Raumeffizienz einen Wert von höchstens 6,30 vor.

$$\text{Raumeffizienz} = \frac{\text{Umbauter Raum}}{\text{Wohnnutzfläche}}$$

3.1.3. Flächeneffizienz

Die Flächeneffizienz gibt das Verhältnis der Nutzfläche³ zur oberirdischen Bruttogeschossfläche an. Hier wird bei der Berechnung zwischen Entwürfen mit und ohne Laubengang unterschieden.

$$\text{Flächeneffizienz} = \frac{\text{Nutzfläche}}{\text{Bruttogeschossfläche}}$$

Für die Flächeneffizienz gibt die Salzburger Wohnbauförderung bei Ausführung mit Laubengang einen Mindestwert von 0,70 und ohne Laubengang einen Mindestwert von 0,75 vor.

Des Weiteren ist bei der Flächeneffizienz auch eine Anforderung für das Verhältnis der Nutzfläche der Garage zur Anzahl der Stellplätze festgelegt. Sie darf den Wert 30,00 nicht überschreiten. Im Rahmen dieses Forschungsprojektes ist diese Kennzahl nicht von Bedeutung und wird daher nicht weiter betrachtet.

3.1.4. Fassadeneffizienz

Die Fassadeneffizienz wird anhand des Verhältnisses der Fassadenfläche zur Wohnnutzfläche ermittelt. Diese Kennzahl darf laut Salzburger Wohnbauförderung den Wert 1,20 nicht überschreiten. Die Außenwandfläche bildet sich aus den Teilen der Hüllfläche des Gebäudes, welche nicht Außengrundfläche oder Dachfläche sind (ÖNORM B 1800, 2013, S. 12).

³ Da im mehrgeschossigen Wohnbau das Erdgeschoß z.B. als Büro- oder Gewerbefläche genutzt wird, jedoch das Erdgeschoss bei der Flächeneffizienz miteinzuberechnen ist, wurde hier aufgrund der möglichen gemischten Nutzung nicht der Begriff „Wohnnutzfläche“ sondern „Nutzfläche“ gewählt. Die zu betrachtenden Flächenanteile sind der Definition der „Wohnnutzfläche“ zu entnehmen. (Telefonat Lederer-Hanöggl, 06/2020)

$$\text{Fassadeneffizienz} = \frac{\text{Fassadenfläche}}{\text{Wohnnutzfläche}}$$

3.1.5. Zusammenstellung der Kennzahlen

In Tabelle 2 sind die Anforderungen der Salzburger Wohnbauförderung an die bauliche Ausnutzbarkeit und die Raum-, Flächen-, und Fassadeneffizienz nochmals zusammengefasst.

Tabelle 2: Anforderungen an die bauliche Ausnutzbarkeit und die Raum-, Flächen- und Fassadeneffizienz (S.WFV, 2015, § 14 (1), S.12)

		Anforderung
1	Bauliche Ausnutzbarkeit	
	Geschossflächenzahl	
a	Stadt Salzburg	≥ 0,70
b	Sonstige Gemeinden	≥ 0,60
2	Raumeffizienz	
	Umbauter Raum / Wohnnutzfläche	≤ 6,30
3	Flächeneffizienz	
	Nutzfläche / Bruttogeschossfläche (oberirdisch)	
a	mit Laubengang	≥ 0,70
b	ohne Laubengang	≥ 0,75
	Nutzfläche Garage / Anzahl Stellplätze	≤ 30,00
4	Fassadeneffizienz	
	Fassadenfläche / Wohnnutzfläche	≤ 1,20

Die ausführliche Beschreibung dieser Anforderungen begründet sich durch die im Weiteren beschriebene Definition von Low-Tech, in welcher dem Gebäudeentwurf ein großer Einfluss beigemessen wird (siehe Abschnitt 4). Dementsprechend sind die Anforderungen an die bauliche Ausnutzbarkeit, sowie an die Raum-, Flächen- und Fassadeneffizienz wichtige Parameter, welche in der Entwurfsphase zu berücksichtigen sind. Denn unter Einhaltung dieser Parameter kann ein Beitrag zu einem optimierten Low-Tech Gebäudeentwurf geleistet werden.

3.2. Aktueller Baustandard

Der aktuelle Baustandard, damit ist hier jener gemeint, der von den Wohnbauträgern zum Zeitpunkt der Datenerhebung überwiegend bei mehrgeschossigen Mehrfamilienhäusern realisiert wird, bedingt sich unter anderem aus den öffentlich-rechtlichen Mindestanforderungen sowie der Markt- und Nachfragesituation. Im Rahmen dieses Projektes soll der aktuelle Baustandard als Vergleichsmaßstab für die ausgewählten Low-Tech Lösungen dienen. Hierzu ist dieser zunächst noch zu definieren.

Innerhalb des Forschungsprojekts sollte der aktuelle Baustandard nicht ausschließlich über die thermische Qualität der Gebäudehülle definiert werden, sondern über die Bauweise und die Ausstattung. Für die Beantwortung der Forschungsfragen ist daher vordergründig beispielsweise nicht der Wärmedurchgangskoeffizient der Außenwand von Bedeutung, sondern ob die Außenwand als Mauerwerk mit Wärmedämmverbundsystem oder monolithisch mit einem Wärmedämmstein ausgeführt wird.

Für die erforderliche Datenerhebung wurde eine Umfrage (siehe Anhang II) an Mitarbeiter von fünf verschiedenen Wohnbaugesellschaften in Salzburg ausgesendet, um deren aktuellen Baustandard zu erfragen. Dabei wurden allgemeine Angaben, sowie Angaben zur Bautechnik und Gebäudetechnik im mehrgeschossigen Wohnbau abgefragt.

Die Rücklaufquote der Umfrage war zu gering, um dieses Ergebnis für die Definition des Vergleichsgebäudes nutzen zu können. Auch die darauffolgenden Experteninterviews brachten hierfür nicht genügend verwertbare Informationen.

Aufgrund dieses Umstandes wurde eine Anfrage zur Nutzung der Gebäudeinformationen aus der ZEUS-Datenbank an das Land Salzburg gestellt. Diese wurde im Herbst 2020 genehmigt und stellt daher die Grundlage der Definition des Vergleichsgebäudes dieses Forschungsprojekts dar. Aus der Datenbank kann jedoch keine umfängliche Beschreibung abgeleitet werden, da sich darin keine Angaben zu Konstruktionsweisen oder Fensterflächenanteilen befinden.

Um diese fehlenden Gebäudeinformationen für das Vergleichsgebäude definieren zu können, wurden zusätzlich Planunterlagen von bereits realisierten Wohnbauprojekten verwendet.

4. Low-Tech Gebäude

4.1. Definition

Nach einer umfassenden Literaturrecherche zum Thema Low-Tech Gebäude wurde eine Definition abgeleitet, welche als Grundlage für die weiteren Untersuchungen verwendet werden soll. Dabei wurde zuerst hinterfragt, welche Parameter eines Gebäudes Einfluss auf die Klassifizierung als Low-Tech Gebäude haben. Neben den Bereichen Bautechnik, Gebäudetechnik und Nutzung, wie sie auch beispielsweise vom Energieinstitut Vorarlberg auf dessen Webseite erwähnt werden, stellte sich hier der Bereich Gebäudeentwurf als zusätzliches und sehr wichtiges Kriterium für ein Low-Tech Gebäude heraus. Durch den Gebäudeentwurf lassen sich viele passive Lösungsmethoden, welche ein solches Gebäude auszeichnen, erst einbeziehen.

Die hier angewendete Definition eines Low-Tech Gebäudes stützt sich somit auf die vier Säulen Gebäudeentwurf, Bautechnik, Gebäudetechnik und Gebäudenutzung.

Grundsätzlich wird die Einhaltung der OIB-Richtlinien vorausgesetzt, weshalb auf Mindestwerte der thermischen Gebäudehülle etc. nicht eingegangen wird.

Im Folgenden ist die Definition eines Low-Tech Gebäudes für mehrgeschossige Wohnbauten formuliert, wie sie im Sinne dieses Projektes angewendet wird:

Ein Low-Tech Gebäude ist ein Gebäude, dessen Konzept die Bereiche Entwurf, Bautechnik, Gebäudetechnik und Gebäudenutzung über den gesamten Lebenszyklus berücksichtigt.

Durch den optimierten Entwurf eines Low-Tech Gebäudes werden passive Lösungen zur Vermeidung von Gebäudetechnikkomponenten meist erst ermöglicht. Dabei sind unter anderem Gebäudeorientierung, Kompaktheit, Fensterflächen und Verschattungselemente an die jeweiligen Gegebenheiten anzupassen.

Die Bautechnik eines Low-Tech Gebäudes zeichnet sich durch einfache Bauteilaufbauten und bewährte Bauweisen (geringe Komplexität), sowie einer einfachen Wartung bzw. Instandhaltung aus. Bei der Materialwahl werden regionale Rohstoffe mit möglichst geringen potentiellen Umweltwirkungen bevorzugt und sie soll den Anforderungen, die aus den notwendigen Anpassungen an die Klimaveränderungen resultieren, genügen. Weiters sind bei der Baustoffwahl – sofern möglich – recycelte Materialien einzusetzen bzw. so einzusetzen, dass zum Ende der Nutzungsdauer eine Rückführung in den Materialkreislauf möglich ist.

Gebäudetechnische Anlagen werden erst nach Ausschöpfung der passiven Lösungsmöglichkeiten und nur bei dringender Notwendigkeit eingesetzt. Die Gebäudetechnik ist einfach in der Bedienung sowie leicht zu warten und auszutauschen. Dabei ist auf eine gute Zugänglichkeit der Komponenten sowie auf eine geringe Abhängigkeit der Einzelkomponenten zu achten. Diese geringe Abhängigkeit soll im Falle des Defekts einer Einzelkomponente einen kaskadenartigen Ausfall der gesamten Gebäudetechnik verhindern.

Des Weiteren stellen erneuerbare Energien sowie die Nutzung bereits vorhandener Energieversorgungsnetze (Fern- und Nahwärme) eine bevorzugte Lösung dar. Low-Tech Gebäude verfügen über ein Lüftungskonzept, welches eine ganzjährige Gebäudenutzung ohne aktives Kühlsystem zulässt.

Ein weiteres Merkmal ist die Nutzerfreundlichkeit des Gebäudes indem die Handhabung sowie die Wartung der Gebäudetechnik für alle Nutzer vereinfacht werden.

Diese Definition wird im Folgenden zur weiteren Untersuchung und Analyse von realisierten Gebäuden verwendet, welche bei der Onlinerecherche zu Low-Tech Wohngebäuden zu finden waren.

4.2. Best-Practice-Beispiele

Aufgrund der Aufgabenstellung dieses Forschungsprojekts begann die Recherche „Best-Practice-Beispiele“ mit dem Hauptaugenmerk auf mehrgeschossige Wohngebäude. Hier waren allerdings kaum Beispielgebäude zu finden. Daher wurde der Betrachtungsbereich auf Ein- und Zweifamilienhäuser erweitert, um deren Low-Tech Lösungen zu analysieren.

Im Folgenden werden sechs Low-Tech Wohngebäude als Best-Practice-Beispiele vorgestellt. Die Beschreibung der Beispiele erfolgt dabei auf Grundlage öffentlich zugänglicher Publikationen.

4.2.1. Mehrfamilienhaus Rüedi (Chur, CH)



Abbildung 3: Mehrfamilienhaus Rüedi (Patrick Kälin)

Entwurf

Das im Jahr 1995 fertiggestellte Mehrfamilienhaus ist nach Süden ausgerichtet. Die große Speichermasse sowie der hohe Fensterflächenanteil an der Südfassade lässt eine optimale passive Solarnutzung zu. Der außenliegende Sonnenschutz wird im gesamten Gebäude manuell gesteuert. (Energieinstitut Vorarlberg, o.J. c, MFH Rüedi Chur, Leben mit der Sonne)

Bautechnik

Das Gebäude wurde in einer Mischbauweise errichtet. Die Betonböden wurden durch den fehlenden Fußbodenbelag als thermische Speichermasse optimal nutzbar gemacht. Die Außenwand besteht aus porosiertem Backstein mit mineralischem Putz. Die Innenwände wurden aus Kalksandstein und mineralischem Putz hergestellt. Die Verglasung der Südfassade besteht aus einer 4-fach Verglasung mit einem Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) von $0,35 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ und einem Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung (g-Wert) von $0,35$. (Energieinstitut Vorarlberg, o.J. c, MFH Rüedi Chur)

Gebäudetechnik

Den Großteil des Jahres kann in diesem Gebäude auf eine Heizung verzichtet werden. Es gibt jedoch teilweise die Möglichkeit nachzuheizen, einerseits über die Zuluft der Lüftungsanlage und andererseits mit Radiatoren in den Bädern. Für die Heizwärme und die Warmwasserbereitung sorgt die fassadenintegrierte Solarthermieanlage. Die gesamte Gebäudetechnik ist schottenweise ausgelegt. (Energieinstitut Vorarlberg, o.J. c, MFH Rüedi Chur)

Nutzung

Das Mehrfamilienhaus kann durch die veränderbare Wohnungseinteilung in bis zu fünf Einheiten geteilt werden. Dies ist durch die Raumplanung in sogenannten Schotten, welche die Räume voneinander unabhängig machen, möglich. Die Durchgänge zwischen den Wohneinheiten können mithilfe einfacher Holzkonstruktionen abgetrennt werden. Die Fassadenkonstruktion erlaubt einen einfachen Fenstertausch. Der Nebenbau ist außen und innen mit regional hergestellten Holzschindeln verkleidet. Diese hinterlüftete Konstruktion ist langlebig und wartungsarm. Bei den wenig verbleibenden Gebäudetechnikkomponenten wurde besonders auf eine gute Zugänglichkeit und Ersetzbarkeit geachtet. (Energieinstitut Vorarlberg, o.J. c, MFH Rüedi Chur)

4.2.2. Zweifamilienhaus Dämon (Jenbach, A)



Abbildung 4: Zweifamilienhaus Dämon (Günther Wehinger)

Entwurf

Das 1997 fertiggestellte Passivhaus hat eine sehr kompakte Kubatur. Es wurde besonders auf die Vermeidung von Wärmebrücken geachtet. Der Fensterflächenanteil der Südfassade beträgt 48 %, was eine gute Ausnutzbarkeit der solaren Erträge zulässt. (Wehinger Günter, 2000, Projektbeschreibung)

Bautechnik

Die Gebäudehülle des Zweifamiliengebäudes besteht aus einem Zweischalen-Massivmauerwerk inklusive Kerndämmung. Die Außenwand im Norden ist auf beiden Geschossen erdberührt. Das Flachdach aus Stahlbeton wurde extensiv begrünt. Die Kastenfenster besitzen eine Wärmeschutzverglasung. (Wehinger Günter, 2000, Zweifamilienhaus Dämon-List, Projektbeschreibung)

Gebäudetechnik

Geheizt wird je Wohneinheit mittels eines kleinen hocheffizienten Holzofens mit automatischer Verbrennungsregelung. Die Lüftung erfolgt über konventionelle Fensterlüftung. Die Südfassade verfügt über eine 12,3 m² große fassadenintegrierte Solarthermieanlage, welche mit dem 500 l Warmwasserspeicher verbunden ist. Das Gebäude verfügt auch über eine Regenwassernutzung für WC und Garten. (Wehinger Günter, 2000, Zweifamilienhaus Dämon-List, Projektbeschreibung)

Nutzung

Dieses Low-Tech Gebäude wurde nach der Fertigstellung auf sein thermisch-energetisches Verhalten untersucht und in eine Forschungsarbeit eingebunden. Dabei wurde ein Messcomputer installiert, welcher über 2 Jahre Messdaten speicherte. Die Ergebnisse zeigten, dass das thermische Konzept dieses Gebäudes gut funktioniert. Im Winter wird dieses Gebäude auch bei sehr niedrigen Außentemperaturen ausreichend von der Sonne geheizt. Das Nachheizen mittels der Holzöfen ist nur an

bewölkten Tagen mit mittleren Temperaturen unter 5 °C nötig. Im Sommer ist keine Überhitzung der Wohnräume nachzuweisen. Die Nutzer dieses Gebäudes haben einen großen Vorteil durch die geringen Heizkosten. (Wehinger Günter, 2000, Zweifamilienhaus Dämon-List, Messprojekt)

4.2.3. Einfamilienhaus H17 (Ermengerst, D)



Abbildung 5: Einfamilienhaus H17 (Rainer Retzlaff Fotografie)

Entwurf

Dank der großen verglasten Front im Süden können in diesem 2011 fertiggestellten Gebäude im Winter hohe solare Gewinne genutzt werden. Aufgrund des breiten Dachüberstands sind die solaren Erträge im Sommer reduziert. Die anderen drei Gebäudeseiten sind Großteils geschlossen, um eine sommerliche Überwärmung zu verhindern. (Energieinstitut Vorarlberg, o.J. b, EFH H17 Ermengerst, Große Fenster ohne Überhitzung)

Bautechnik

Das Gebäude wurde in Hybrid-Bauweise realisiert. Hierbei sind die Decken sowie Innenwände im Erdgeschoss aus Stahlbeton und die Gebäudehüllfläche besteht aus einer hochwärmegedämmten Holzfassade mit Holzfenstern. Diese sind teilweise durch Gebäudevorsprünge oder durch Wetterschenkel aus Aluminium geschützt um die Lebensdauer zu erhöhen. Die massiven Geschossdecken und die hochwärmegedämmte Holzfassade bietet eine große Speichermasse zum Ausgleichen von schwankenden Temperaturen.

Eine Verkleidung aus patiniertem Zinkblech wurde mithilfe einer Unterkonstruktion an die Fassade angebracht, was als langlebige und wartungsfreie Oberfläche gilt und einfach demontiert und wiederverwertet werden kann. Auch die Einblasdämmung aus Zellulose in den Außenwänden gilt als gut recycelbar und besitzt neben der guten Wärmedämmung auch eine gute Wärmespeicherfähigkeit. (Energieinstitut Vorarlberg, o.J. b, EFH H17 Ermengerst, Baukonstruktion und Materialität)

Gebäudetechnik

Das Haus wird lediglich mittels zwei Pellet-Einzelraumöfen beheizt und besitzt kein Wärmeverteilungssystem. Es verfügt über eine kontrollierte Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung. Weiters verfügt dieses Haus über eine integrierte Photovoltaikanlage in der Dachkonstruktion. Dadurch konnte ein Plusenergiegebäude geschaffen werden. Das Warmwasser wird dezentral durch elektrische Durchlauferhitzer zur Verfügung gestellt. Eine aktive Kühlung des Gebäudes ist nicht notwendig. (Energieinstitut Vorarlberg, o.J. b, EFH H17 Ermengerst, Kürzere Heizperiode trotz schlanker Technik)

Nutzung

Bei diesem Gebäude wurde stark auf langlebige, wartungsarme und recyclebare Materialien geachtet. Bei den Verkleidungen der Innenwände, bei den Innentüren sowie bei den Einbaumöbeln wurde auf das Material der Vorarlberger Weißtanne mit geölten Oberflächen gesetzt. Auch die Materialien der Zinkverblechung an der Fassade und die Zellulose-Einblasdämmung zeigen das Bestreben der Langlebigkeit und Wiederverwendbarkeit der Baustoffe. (Energieinstitut Vorarlberg, o.J. b, EFH H17 Ermengerst, Kürzere Heizperiode trotz schlanker Technik)

4.2.4. Einfamilienhaus Gstöhl (Eschen, FL)



Abbildung 6: Einfamilienhaus Gstöhl (Matthias Stöckli Architektur)

Entwurf

Bei dem Entwurf dieses 2015 fertiggestellte Gebäudes wurde der solare Ertrag auf die Fensterflächen berechnet und mit den Wärmespeichervermögen im Inneren des Gebäudes verglichen. Dadurch konnte der Entwurf optimiert und ein stark reduzierter Heizwärmebedarf erreicht werden. (Energieinstitut Vorarlberg, o.J. a, EFH Gstöhl Eschen, Direktgewinnhaus)

Bautechnik

Das Einfamilienhaus besteht aus einer Lochfassade aus Lärchenholz inkl. Zelluloseeinblasdämmung, welche auf einem Betonsockel steht. Die erdberührten Gebäudeteile sind durch Glasschaumschotter gedämmt. Die Gebäudemasse, welche als Wärmespeicher dient, sowie die Wärmeschutzverglasungen der Fenster reduzieren den verbleibenden Wärmebedarf. (Energieinstitut Vorarlberg, o.J. a, EFH Gstöhl Eschen)

Gebäudetechnik

Die restliche benötigte Wärme wird von einem Stückholz-Speicherofen in Lehm und einem kleinen Pelletofen produziert. Es gibt kein Wärmeverteilsystem und keine Lüftungsanlage in diesem Einfamilienhaus. Die Wärme strömt von den Öfen über raumhohe Türen in die anderen Zimmer. Der Wärmepumpenboiler, welcher das Warmwasser zur Verfügung stellt, wird von einer PV-Anlage am Dach mit Strom versorgt. (Energieinstitut Vorarlberg, o.J. a, EFH Gstöhl Eschen, Überall gemütlich warm)

Nutzung

Das Gebäude wurde konsequent als Low-Tech Konzept geplant, welches auch die GebäudenutzerInnen zum Mitdenken und Mithandeln auffordert. Beispielsweise ist hier die freie Kühlung in den Sommernächten eigenverantwortlich von den NutzerInnen zu tätigen um eine Überwärmung der Räume zu verhindern. (Energieinstitut Vorarlberg, o.J. a, EFH Gstöhl Eschen, Fensterlüftung)

Der Architekt Mathias Stöckli hatte bei der Planung eine Kostenumlagerung eingeplant. Jene Kosten, die bei anderen Wohngebäuden in die Gebäudetechnik fließen, wurden in diesem Einfamilienhaus für die optimierte Gebäudehülle verwendet. Es wurde speziell auf eine lange Lebensdauer der eingesetzten Bauteile geachtet. (Energieinstitut Vorarlberg, o.J. a, EFH Gstöhl Eschen)

4.2.5. Velux Sunlighthouse (Pressbaum, A)



Abbildung 7: Velux Sunlighthouse (Adam Mørk)

Entwurf

Das Sunlighthouse ist ein CO₂-neutrales Einfamilienhaus, welches 2010 fertiggestellt wurde. Der Holzbau wurde auf einem nach Nordosten abfallendem Hang errichtet. Die Fensterflächen am Gebäude betragen 42 % bezogen auf die Grundfläche. Durch die optimal gesetzten Fensterflächen bekommen die Innenräume einen überdurchschnittlich hohen Tageslichtanteil. Im Lüftungskonzept des Gebäudes wird der Kamineffekt genutzt. (Nextroom, 2009, Velux Sunlighthouse)

Bautechnik

Bei der Materialwahl für Fassade und Innenausbau wurde auf die heimische Fichte gesetzt. Die in Holzriegelbauweise errichteten und mit Zellulosedämmung ausgefachten Außenwände sind 55 cm dick. Generell wurde bei der Planung auf die Verwendung von ökologischen, regionalen und trennbaren Materialien bzw. Recyclingstoffe geachtet. Alle Fenster wurden mit einem außenliegenden Sonnenschutz ausgestattet. (Velux, o.J. a, Broschüre Sunlighthouse Velux)

Gebäudetechnik

Dieses Gebäude ist ein sogenanntes „Aktiv-Haus“. Das bedeutet, es erzeugt mehr Energie als es verbraucht. Dies wird durch eine 46 m² große Photovoltaikanlage und Solarkollektoren geschafft. Für Heizwärme und Warmwasser wird eine Sole-Wasser-Kleinstwärmepumpe verwendet. Auch eine kontrollierte Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung ist vorhanden. (Nextroom, 2009, Velux Sunlighthouse)

Nutzung

Dieses Gebäude wurde im Rahmen des europaweiten ModelHome2020 Projekts geplant und mit einem umfassenden Monitoring begleitet. Dieses Monitoring konnte die gute Energiebilanz des

Gebäudes bestätigen. Es ergab sich ein Energieüberschuss von 5,7 kWh/(m²a). Die Gebäudenutzer profitieren von sehr geringen Betriebskosten. (Velux, 2013, Presseportal)

4.2.6. Zu-Haus Döllinger (Auersthal, A)



Abbildung 8: Zu-Haus Döllinger (Jörg Seiler)

Entwurf

Dieses 2013 erbaute Haus nutzt in seinem Lüftungskonzept den Kamineffekt. Dabei funktionieren die Fassadenfenster als Zuluftöffnung und die Dachfenster als Abluftöffnung. Außerdem wird durch die Dachfenster, die Vertikalverglasung und ein geneigtes Oberlichtband optimale Belichtung erreicht. Am Gebäude sind Markisen und Verschattungssysteme angebracht, welche für ideale Klima- und Lichtverhältnisse sorgen. (Velux, o.J. b, Broschüre, zu-haus Auersthal im Weinviertel, Belichtung, Belüftung)

Bautechnik

Der Betonboden im Erdgeschoss wurde durch den fehlenden Fußbodenbelag als Speichermasse nutzbar gemacht. Das Dach verfügt über eine Holzfaserdämmung. Die Außenwände wurden mittels Hohlblockziegel errichtet. Die hochwärmedämmte Gebäudehülle sorgt für eine effiziente Wärmespeicherung. Die nutzbaren solaren Erträge durch die Verglasung der Südfassade sowie die Wärmespeichermasse reduzieren den Wärmebedarf stark. (Velux, o.J. b, Broschüre, zu-haus Auersthal im Weinviertel, Energie - Umwelt)

Gebäudetechnik

Im Gebäude ist keine kontrollierte Wohnraumlüftung vorhanden. Die Fenster sind mit kleinen Motoren sowie mit CO₂-Fühlern zur automatischen Öffnung der Fenster ausgestattet. Im Sommer werden die Fenster nicht über den CO₂-Fühler, sondern über eine integrierte Zeitschaltuhr geöffnet wodurch die Nachtlüftung in Verbindung mit dem Kamineffekt zum Kühlen des Gebäudes genutzt wird. Ein bestehendes Gasbrennwertgerät aus dem Nachbarhaus sowie ein Scheitholzofen im Wohnbereich stellen die Wärmeversorgung dar. Die Wärmeverteilung funktioniert mittels Niedertemperatur-Fußboden-,

Decken- und Wandheizung. Die Dachflächenfenster sind mit automatischen Markisetten ausgestattet. (Velux, o.J. b, Broschüre, zu-haus Auersthal im Weinviertel, Belüftung - Energie)

Nutzung

Ein Ziel dieses Gebäudekonzeptes war eine einfache jedoch für den Nutzer komfortable Gebäudetechnik. Auch auf die Nutzung von traditionellen, regionalen und dauerhaften Materialien wurde sehr stark geachtet. (Velux, o.J. b, Broschüre, zu-haus Auersthal im Weinviertel, Energie - Umwelt)

4.3. Diskussion der Best-Practice-Beispiele

Im Folgenden werden die vorgestellten Gebäude der Low-Tech Definition aus Abschnitt 4.1 gegenübergestellt und die verschiedenen Lösungen diskutiert. Es gilt jedoch zu beachten, dass aufgrund der überwiegenden Anzahl von Einfamilienhäusern insbesondere die gebäudetechnischen Lösungen nicht immer auf den mehrgeschossigen Wohnbau übertragbar sind.

Entwurf

Die Nutzung der Sonnenenergie wurde in allen Gebäudekonzepten einbezogen. Einerseits wurde eine Reduktion des Heizwärmebedarfs sowie eine Optimierung des Tageslichtanteils in den Gebäuden geschaffen. Andererseits wurden die Fensterflächen und Verschattungselemente auf die Gebäudeorientierung abgestimmt. Die Abbildungen zeigen, dass bei den meisten Wohngebäuden auch auf die Kompaktheit geachtet wurde, um möglichst wenig Oberfläche der thermischen Gebäudehülle im Verhältnis zum Gebäudevolumen zu erhalten. Viele der im Folgenden beschriebenen passiven Lösungsmethoden wurden erst durch einen optimierten Gebäudeentwurf möglich.

Bautechnik

In den betrachteten Gebäuden wurde, soweit auf Grundlage der verfügbaren Informationen bewertbar, Großteils auf eine niedrige Komplexität der eingesetzten Bauteile geachtet. Besonderes Augenmerk wurde auch immer auf die Speichermasse gelegt. Dabei wurde in zwei der betrachteten Beispielgebäude der Fußbodenbelag weggelassen, um die Betonböden als thermische Speichermasse nutzbar zu machen. Dies stellt für den mehrgeschossigen Wohnbau keine Ausführungsoption dar, da die Mindestanforderungen an den baulichen Schallschutz zwischen unterschiedlichen Nutzungseinheiten zu beachten sind.

Bei dem Mehrfamilienhaus Rüedi wurde die gesamte Verglasung der Südfassade mit einer 4-fach Verglasung ausgestattet. Dadurch können zwar die Transmissionswärmeverluste reduziert werden, jedoch ist dieser Bauteilaufbau nicht als einfach anzusehen und somit nicht zu der unter Abschnitt 4.1 genannten Definition passend. Die anderen Bauteilaufbauten wurden in diesem Objekt jedoch einfach gehalten. Bei zwei Wohngebäuden wurden die Außenwände in monolithischer Bauweise errichtet. Diese Bauteile sind nach der in Abschnitt 4.1 beschriebenen Definition als wenig komplex, einfach trennbar und wiederverwendbar zu verstehen und sind somit für Low-Tech Gebäudekonzepte geeignet. Bei allen Gebäuden wurde das Ziel der langlebigen und wartungsarmen Materialien bestätigt. Das Kriterium der Nutzung regionaler und ökologischer Rohstoffe konnten jedoch nicht alle einhalten.

Gebäudetechnik

Die Hälfte der betrachteten Gebäude verfügen über eine kontrollierte Wohnraumlüftung. Teilweise wurden diese Systeme aufgrund der Notwendigkeit eines Lüftungskonzeptes argumentiert. Anhand des Projekts „Zu-Haus Döllinger“ wurde jedoch deutlich gemacht, dass die Nutzung passiver Lösungsmethoden wie die Lüftung und Kühlung mithilfe des Kamineffekts gut funktionieren kann. Der beschriebene Kamineffekt kann nur in mehrgeschossigen Nutzungs- und Wohneinheiten umgesetzt werden und ist daher im mehrgeschossigen Wohnbau nicht als standardisierbare Lösung anwendbar. Allerdings könnte das Lüften in Sommernächten beispielsweise durch ein Atrium, natürlich unter Berücksichtigung der Belange des Schallschutzes, ermöglicht werden.

Vier der sechs betrachteten Gebäude verfügen entsprechend den vorliegenden Angaben entweder über eine PV-Anlage oder eine Solarthermieanlage. Eines der Wohngebäude, das „Sunlighthouse“, verfügt über beide Technologien. Einerseits ist die Nutzung erneuerbarer Energien zu forcieren, andererseits stehen diese beiden Technologien meist in Verbindung mit anderen gebäudetechnischen Einzelkomponenten, was eine Abhängigkeit darstellt und somit einen gewissen Widerspruch zur formulierten Definition steht.

Die Hälfte der dargestellten Gebäude verfügen über kein zentrales Heizsystem und damit auch kein Wärmeverteilsystem. In diesen Gebäuden wird mit kleinen mit Biomasse betriebenen Öfen in den Wohnräumen geheizt und die Wärme ausschließlich über Konvektion verteilt. Bei diesem Konzept sind zwar die Kriterien der Low-Tech Definition betreffend gebäudetechnischer Anlagen erfüllt, jedoch wäre hier eine genauere Bewertung der Behaglichkeit im Gebäude notwendig. Weiters stellt dieses Konzept keine Lösung für den mehrgeschossigen Wohnbau dar.

Nutzung

Mit seiner flexiblen Wohnungseinteilung hat das Mehrfamilienhaus Rüedi ein Alleinstellungsmerkmal. Auch bei den verbleibenden Gebäudetechnikkomponenten wurde dabei speziell auf eine gute Zugänglichkeit und Ersetzbarkeit geachtet. Die anderen Wohngebäude haben ihr Hauptaugenmerk vermehrt auf geringe Betriebskosten gesetzt. Die Verwendung von langlebigen und wartungsarmen Bauteilen und Materialien wurde jedoch bei allen Gebäudekonzepten mitbedacht, was sich ebenfalls positiv auf die Lebenszykluskosten von Gebäuden auswirken kann.

4.4. Fazit

Die oben beschriebenen Gebäude machen das unterschiedliche Verständnis des Begriffs „Low-Tech Gebäude“ deutlich. Nach der in Abschnitt 4.1 beschriebenen Definition sind einige passive Lösungsmethoden der Beispielgebäude gut geeignet und im weiteren Verlauf dieses Forschungsprojekts bei der Auswahl der Einzelmaßnahmen weiterzuverfolgen. Insbesondere gilt dies für den Entwurf (Kompaktheit und Fensterflächenanteil) und die Bauweisen. Es werden jedoch nur jene Maßnahmen weiterverfolgt, welche sich im mehrgeschossigen Wohnbau auch umsetzen lassen.

Während der Recherche nach umgesetzten mehrgeschossigen Low-Tech Wohngebäuden wurde deutlich, dass es zu diesem Thema nur wenige Veröffentlichungen gibt. Dies kann einerseits daran liegen, dass es im mehrgeschossigen Wohnbau tatsächlich kaum gebaute Projekte gibt, oder diese nicht explizit als Low-Tech Gebäude definiert wurden. Die Betrachtung der Beispielgebäude verdeutlichte, dass der in diesem Forschungsprojekt untersuchte Gebäudetyp bei der Umsetzung eines Low-Tech Konzepts weitergehende Anforderungen zu berücksichtigen sind als bei einem Einfamilienhaus.

Im mehrgeschossigen Wohnbau verlangt bereits die höhere Anzahl an NutzerInnen ein Konzept, bei dem die einzelnen Wohnungen als Subeinheiten individuell steuerbar sind, jedoch im gemeinsamen System des Gebäudes funktionieren müssen, um passive Methoden bestmöglich nutzen zu können.

5. Herleitung eines Vergleichsgebäudes

Die Low-Tech Maßnahmen sollen im weiteren Verlauf mittels einer Lebenszykluskostenberechnung bewertet werden. Um eine angemessene Bewertung der Nutzungsphase innerhalb des Lebenszyklus vornehmen zu können, ist der Einfluss der jeweiligen Maßnahme auf den Energiebedarf und in weiterer Folge auf die Energiekosten zu beurteilen. Dafür wird ein Vergleichsgebäude benötigt, welches nachfolgend aus statistischen Daten abgeleitet wird. Dieses Gebäude soll repräsentativ für den mehrgeschossigen Wohnungsneubau im Land Salzburg stehen, weshalb es jene Gebäudeeigenschaften besitzt, die laut Informationen aus der ZEUS-Daten, am häufigsten im Land Salzburg bei Mehrfamilienhäusern in den letzten fünf Jahren umgesetzt wurden.

Laut Statistik Austria wurden im Jahr 2019 im Bundesland Salzburg 1 178 neue Wohngebäude fertiggestellt. Davon waren 267 der Gebäude mit drei oder mehr Wohneinheiten (WE) ausgestattet. Die restlichen 911 Wohngebäude wurden demnach mit nur ein bis zwei Wohnungen erbaut. (Statistik Austria, 2020a)

Auch die Jahre davor verhielt sich das Verhältnis von erbauten Ein- und Zweifamilienhäusern zu Mehrfamilienhäusern ähnlich, wie Abbildung 9 zeigt.

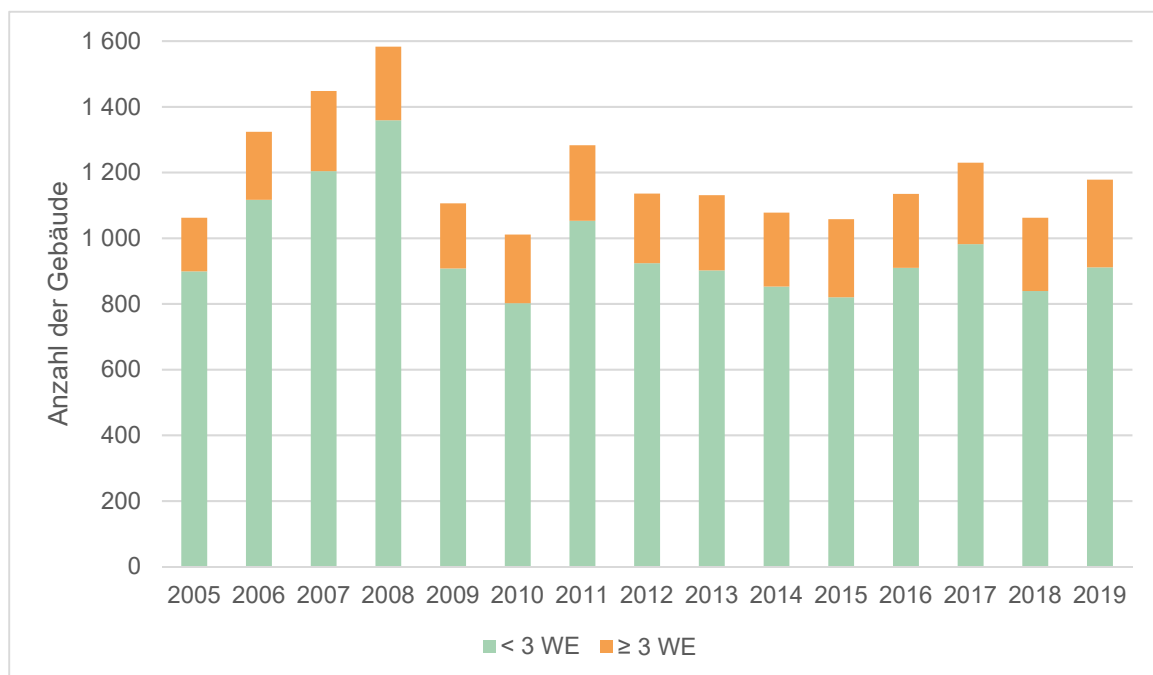


Abbildung 9: Fertiggestellte Wohngebäude im Land Salzburg (e.D. nach Statistik Austria, 2020a)

Diese Darstellung zeigt, dass mehr Ein- und Zweifamilienhäuser erbaut wurden als Mehrfamilienhäuser. Wenn jedoch die Anzahl der Wohnungen betrachtet wird (Abbildung 10), kann die Relevanz dieses Gebäudetyps dargestellt werden.

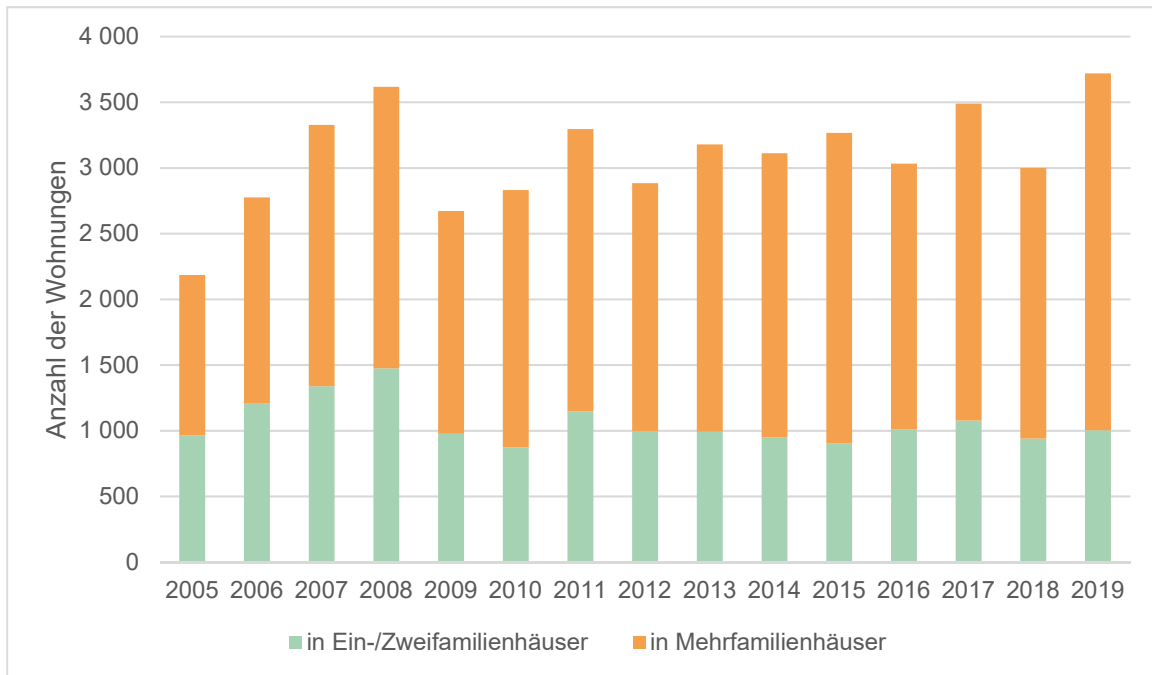


Abbildung 10: Fertiggestellte Wohnungen im Land Salzburg (e.D. nach Statistik Austria, 2020b)

Aufgrund des hohen Bedarfs an neuen Wohnungen in einigen Gebieten des Landes Salzburg (Panisch, 2016) auf der einen Seite sowie die damit verbundene steigende Flächenversiegelung auf der anderen Seite, kommt dem mehrgeschossigen Wohnbau eine besondere Bedeutung zu. Daher werden in diesem Forschungsprojekt nur Mehrfamilienhäuser betrachtet.

Um ein Vergleichsgebäude zu definieren, welches in Gebäudeform, Bau- und Gebäudetechnik repräsentativ für die seit 2015 im Land Salzburg fertiggestellten mehrgeschossigen Wohnbauten stehen kann, werden Informationen aus der ZEUS-Datenbank genutzt. Die zeitliche Grenze wird aufgrund der zum Zeitpunkt der Projektausarbeitung gültigen Wohnbauförderungsverordnung aus dem Jahr 2015 gewählt.

Die Herleitung des Vergleichsgebäudes wird im Weiteren beschrieben.

5.1. Auswertung der ZEUS-Daten

Das Vergleichsgebäude wird aus den Energieausweisdaten der ZEUS-Datenbank (Land Salzburg, 2020a) abgeleitet. Hierzu wird zunächst eine Filterung in den folgenden Datenfelder vorgenommen:

Tabelle 3: Vorgefilterte Gebäudedaten

Datenfeld	Filter
Typ	Neubaufertigstellung
Letztgültiger EA	Ja
Nutzungsprofil	Mehrfamilienhaus_V40 ⁴
Nutzungseinheiten im Energieausweis	≥ 3
Baujahr	Ab 2015

Diese Vorauswahl ergibt 905 Gebäude. Dabei werden alle Mehrfamilienhäuser aus der ZEUS-Datenbank miteinbezogen und keine Unterscheidung zwischen geförderten und nicht geförderten Gebäuden bzw. zwischen den verschiedenen Förderungsarten gemacht. Mit dieser Datenmenge wird im nächsten Schritt untersucht, welche gebäudetechnische Ausstattung in den letzten Jahren am häufigsten in Mehrfamilienhäusern eingesetzt wurde.

5.1.1. Wärmetechnik

Im Folgenden sind die Ergebnisse der Daten zur Wärmetechnik der Wohnbauprojekte zusammengefasst:

Heizungstyp

Die Daten zur Wärmetechnik zeigen, dass bei 90 % der Wohnbauten der untersuchten Datenmenge die Wärmebereitstellung zentral erfolgt, wobei 51 % Fernwärme und 29 % der Gebäude die Wärmepumpentechnologie nutzen (siehe Abbildung 11). Die Fernwärme wird somit den Standard im Vergleichsgebäude darstellen und die Wärmepumpe, als zweithäufigste Technologie, wird später als Variante bewertet.

⁴ Bezeichnung aus: ZEUS Energieausweis, XML Version 4.0

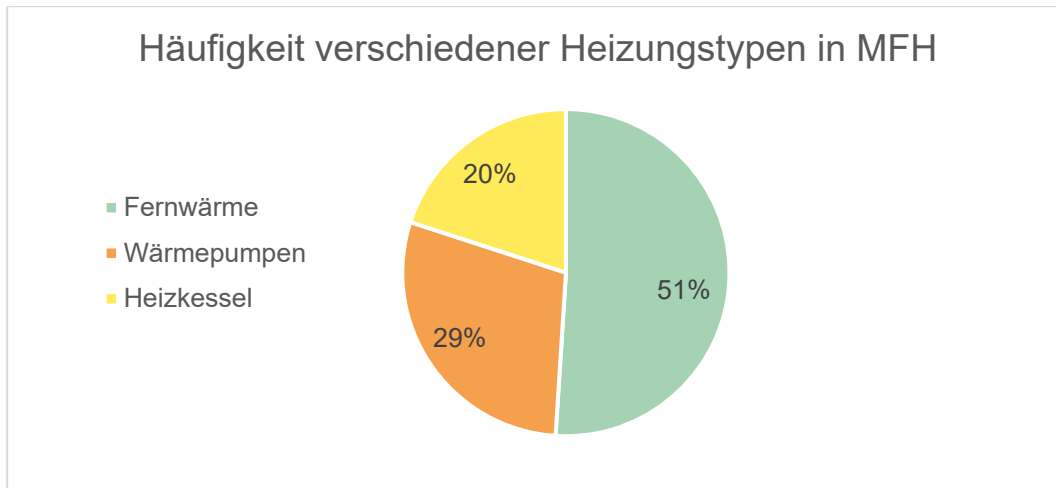


Abbildung 11: Auswertung der ZEUS-Daten - Heizungstyp (e.D. nach Land Salzburg, 2020a)

Wärmeabgabe

Die Wärmeabgabe erfolgt zu 83 % über Flächenheizungen. Radiatoren kommen in nur 146 von 905 Gebäuden vor (16 %) und werden somit nicht weiter betrachtet.

Warmwasserbereitung

Die ZEUS-Daten zeigen, dass in 59 % aller Gebäude der untersuchten Datenmenge die Warmwasserbereitstellung zentral erfolgt, was dadurch die Auswahl für das Vergleichsgebäude darstellt.

5.1.2. Thermische Solaranlage und PV-Anlage

Bei den 905 Gebäuden wurden 15 % mit einer thermischen Solaranlage und 21 % mit einer Photovoltaikanlage ausgestattet. Diese Zahlen zeigen, dass beim Großteil der betrachteten Mehrfamilienhäuser keine dieser Technologien eingesetzt wurden. Aus diesem Grund werden sie auch im Vergleichsgebäude nicht berücksichtigt. Lediglich die Unterstützung der Warmwasserbereitung durch eine solarthermische Anlage wird in einer Variante betrachtet.

5.1.3. Raumluftechnik

Die Richtlinie Energieeffizienz (Land Salzburg, 2016), die auch im Rahmen der Wohnbauförderung zu beachten ist, sieht zumindest eine bedarfsabhängige Abluftanlage für Wohnungen vor. Daher wird diese auch im Vergleichsgebäude berücksichtigt. Aus diesem Grund fand für dieses Gewerk keine Auswertung der ZEUS-Daten statt.

5.1.4. Nutzungseinheiten

Um die Gebäudegeometrie für das Vergleichsgebäude festlegen zu können, wurde zunächst die Gebäudegröße anhand der Anzahl der Nutzungseinheiten untersucht. In der folgenden Abbildung 12 ist die Verteilung der Gebäudeanzahl nach deren Anzahl an Nutzungseinheiten zu sehen.

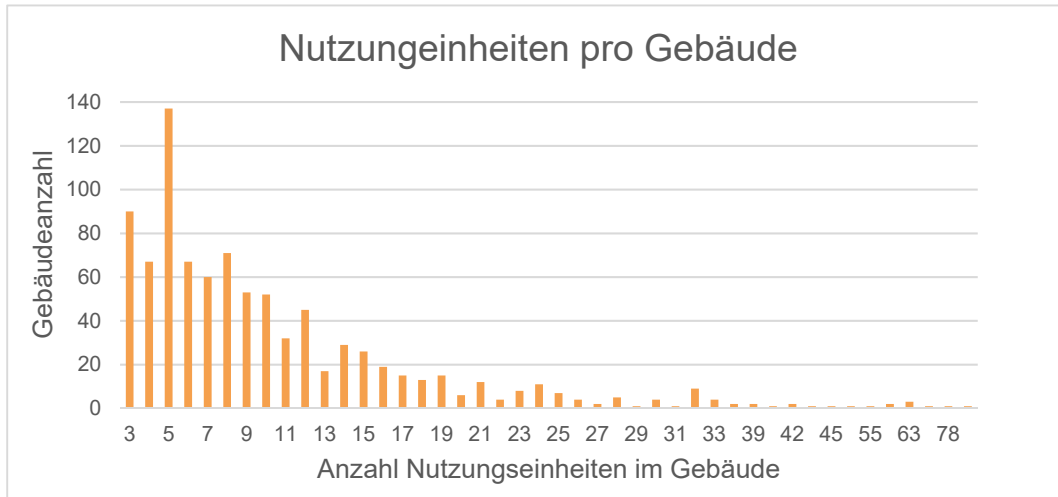


Abbildung 12: Auswertung der ZEUS-Daten – Nutzungseinheiten pro Gebäude (e.D. nach Land Salzburg, 2020a)

Um diese Verteilung und die Häufigkeit der verschiedenen Gebäudegrößen anschaulicher darzustellen, wurden diese zusätzlich kumulativ abgebildet (Abbildung 13).

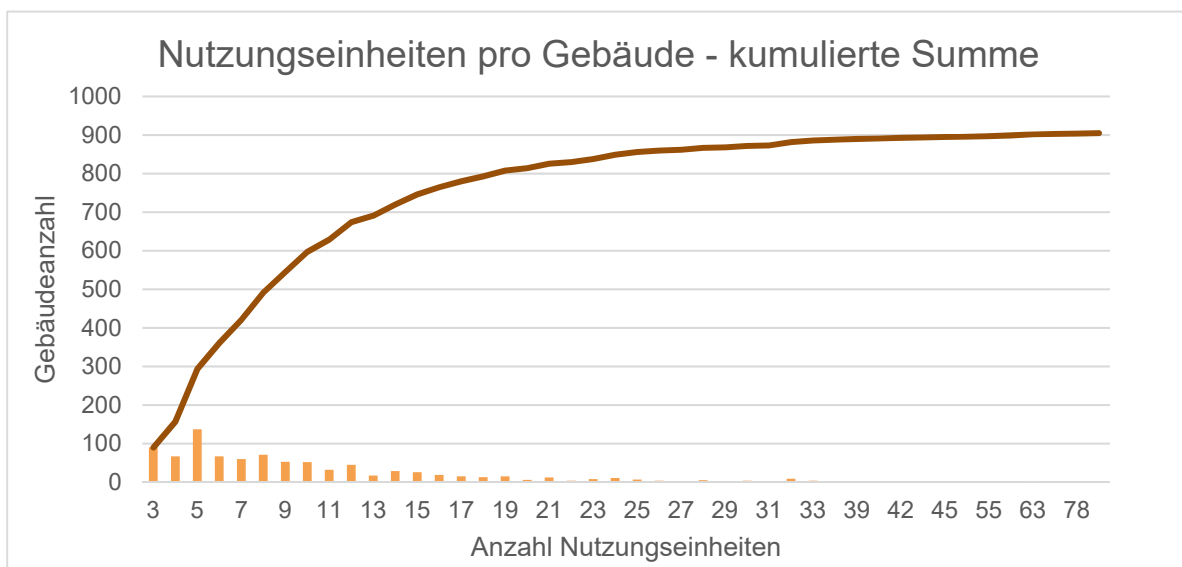


Abbildung 13: Auswertung der ZEUS-Daten - Kumulierte Summe der Nutzungseinheiten pro Gebäude (e.D. nach Land Salzburg, 2020a)

Der kumulative Verlauf der Anzahl der Wohnbauprojekte zeigt zunächst eine deutliche Steigung und verläuft dann asymptotisch. Ursächlich dafür ist, dass 95 % aller Gebäude zwischen drei und 26 Nutzungseinheiten haben. Jene Gebäude, die mehr als 26 Einheiten haben, entsprechen somit nur 5 % der untersuchten Datenmenge und werden daher auch nicht weiter betrachtet. Des Weiteren zeigt sich, dass der Höchstwert bei fünf Wohneinheiten liegt. Somit werden im Folgenden nur jene Gebäude mit fünf Einheiten einbezogen, was eine Anzahl von 137 realisierten Wohnbauprojekten ergibt.

Zum Vergleich: Im Nachweis der Kostenoptimalität der Anforderungen der OIB-RL 6 (Österreichisches Institut für Bautechnik, 2018) werden für Mehrfamilienhäuser eine vergleichbare Anzahl von Wohnungen in Ansatz gebracht. Dort sind es 5,46 Wohnungen je Mehrfamilienhaus.

5.1.5. Geschossanzahl im ganzen Gebäude

Als nächster Schritt wurde die Geschossanzahl bei Mehrfamilienhäusern mit 5 Wohneinheiten betrachtet. Hier zeigt sich, dass die Mehrheit dieser Gebäude eine Geschossanzahl von 4 hat, wie in Abbildung 14 zu sehen ist.

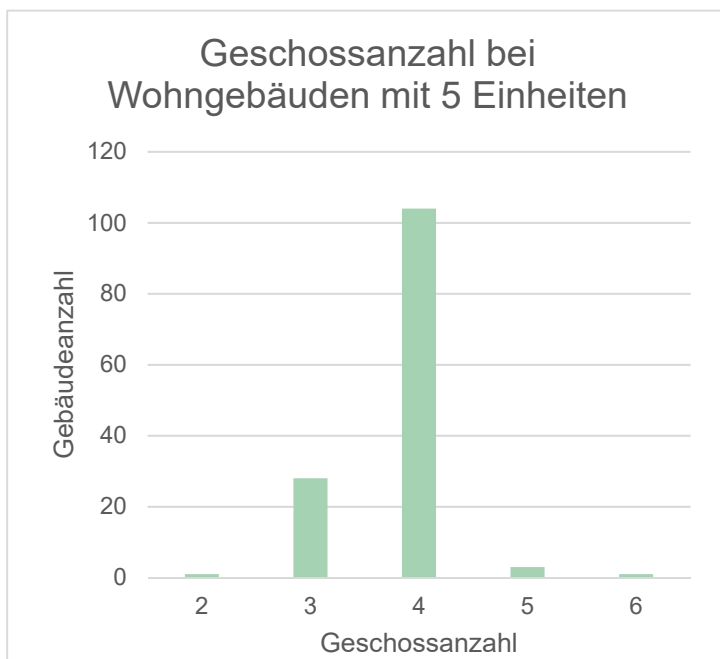


Abbildung 14: Auswertung der ZEUS-Daten - Geschossanzahl der Gebäude mit 5 Nutzungseinheiten (e.D. nach Land Salzburg, 2020a)

Die Angabe der Geschosszahl bezieht sowohl beheizte wie auch unbeheizte Kellergeschosse mit ein. Darüber hinaus sind auch Dach- und Staffelgeschosse inkludiert. Somit kann für das Vergleichsgebäude von 3 oberirdischen Geschossen ausgegangen werden.

5.1.6. Unterkellerung

Die Gebäudedaten zeigen, dass die Kellergeschosse der Wohngebäude Großteils nicht thermisch konditioniert sind. Somit wird auch für das Vergleichsgebäude ein unbeheiztes Kellergeschoss angenommen.

5.1.7. Bauweise

Die nächste Auswertung betrifft die Bauweise der ausgewählten Gebäude. Den ZEUS-Daten zufolge wurde die gewählte Gebäudekategorie hauptsächlich in einer schweren Bauweise (64 % der Gebäude) oder in einer mittelschweren Bauweise (35 %) realisiert, wie in Abbildung 15 zu sehen ist. Die Bauweise „leicht“ kann mit einem 1 %-igen Anteil vernachlässigt werden.

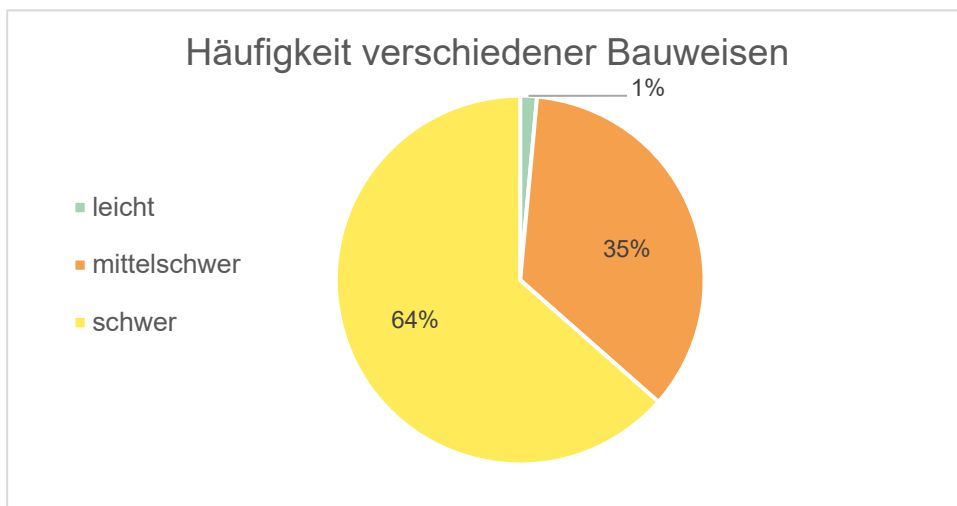


Abbildung 15: Auswertung der ZEUS-Daten - Bauweisen (e.D. nach Land Salzburg, 2020a)

Für das Vergleichsgebäude, stellvertretend für die im Land Salzburg neu erbauten Mehrfamilienhäuser, wird deshalb eine schwere Bauweise gewählt.

5.1.8. Gebäudegeometrie

In diesem Forschungsprojekt wird auch auf die passiven Lösungsmöglichkeiten mittels eines optimierten Gebäudeentwurfs eingegangen. Im Folgenden sind daher die Ergebnisse der ZEUS-Daten zur Gebäudegeometrie zusammengefasst. Bei den folgenden Auswertungen wurde die bisherige Auswahl weiter eingegrenzt und nur jene 91 Gebäude einbezogen, welche einen unkonditionierten Keller haben.

Kompaktheit

Die durchschnittliche Kompaktheit der 91 Mehrfamilienhäuser mit fünf Wohneinheiten liegt bei 0,55 1/m. Daraus ergibt sich eine durchschnittliche charakteristische Länge von 1,82 m. Die Abbildung 16 zeigt die Häufigkeitsverteilung der Kompaktheit für die untersuchte Datenmenge.

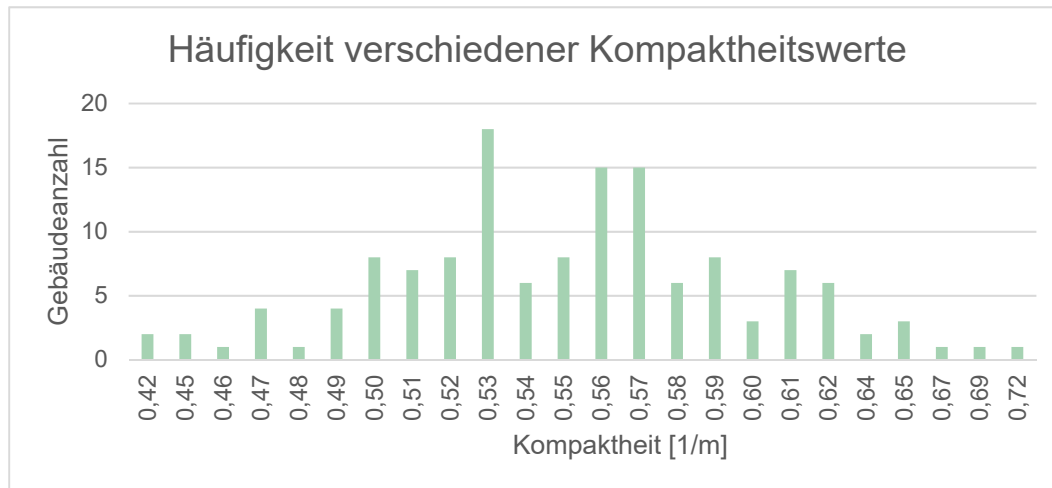


Abbildung 16: Auswertung der ZEUS-Daten – Kompaktheit der ausgewählten Gebäude (e.D. nach Land Salzburg, 2020a)

Gebäudeflächen und -volumen

Die geometrischen Kenngrößen des konditionierten Gebäudebereichs werden aus Durchschnittswerten der untersuchten Datenmenge abgeleitet. Diese Werte sind für die gewählte Gebäudekategorie wie folgt:

- Konditioniertes Bruttovolumen: 1.741 m³
- Thermische Gebäudehüllfläche: 956 m²
- Bruttogrundfläche des konditionierten Volumens: 539 m²

Das Vergleichsgebäude wird für die weiteren Untersuchungen auf Basis dieser Werte konzipiert.

5.1.9. Thermische Gebäudehülle

Der mittlere Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) der Gebäude der untersuchten Datenmenge liegt im Durchschnitt bei 0,24 W/(m²K). Die Spreizung liegt zwischen 0,21 W/(m²K) und 0,28 W/(m²K) (Abbildung 17).

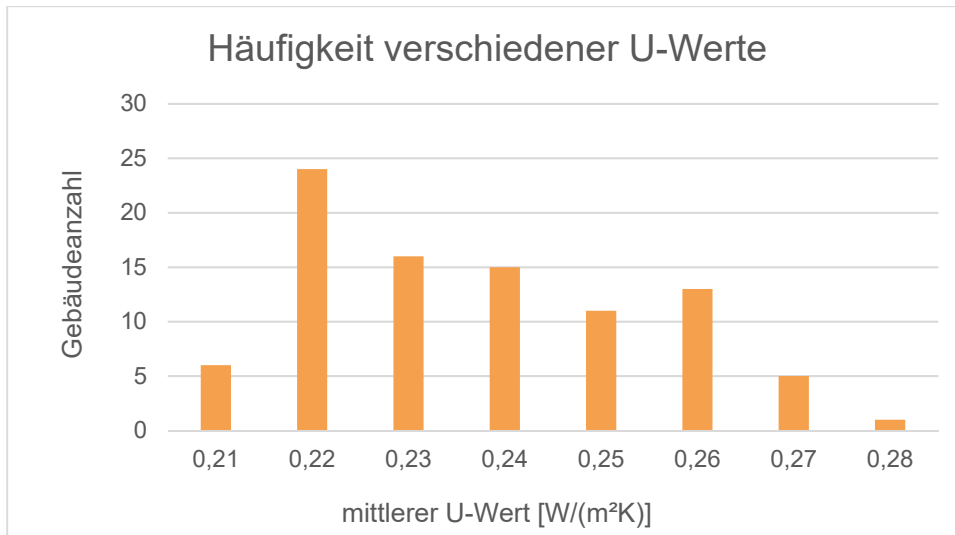


Abbildung 17: Auswertung der ZEUS-Daten - Mittlerer U-Wert (e.D. nach Land Salzburg, 2020a)

5.1.10. Auswahl der Kriterien für das Vergleichsgebäude:

Aufgrund der zuvor dargestellten Auswertung der ZEUS-Daten sowie der gesetzlichen und förderrechtlichen Anforderungen wird das Vergleichsgebäude für die weiteren Berechnungen wie nachfolgend beschrieben definiert. Es stellt die Eigenschaften eines Mehrfamilienhauses dar, welches innerhalb des Betrachtungszeitraums am häufigsten errichtet wurde.

Tabelle 4: Ergebnisse der ZEUS-Auswertung

Datenfeld	Filter	Anmerkungen
Nutzungseinheiten im Energieausweis	5	Auswahl über den Modalwert
Geschossanzahl im ganzen Gebäude	4	Hier werden sowohl unbeheizte Kellergeschosse als Dach- und Staffeln geschosse gezählt.
Unterkellerung konditioniert	0%	Auswahl nach Häufigkeitsverteilung
Bauweise	schwer	Auswahl nach Häufigkeitsverteilung
Temperaturregion	Nord – Föhngebiet (NF); Alpine Zentrallage (ZA)	Betrachtung erfolgt für beide Temperaturregionen
Seehöhe	NF: 440 m; ZA: 780 m	Auswahl über den Median der jeweiligen Temperaturregion
Heizungstyp	Fernwärme	Auswahl nach Häufigkeitsverteilung
Energieträger	Fernwärme	Auswahl nach Häufigkeitsverteilung

Datenfeld	Filter	Anmerkungen
Variante Wärmepumpe: Wärmepumpentyp	Luft/Wasser	Darstellung als Variante
Art der Wärmebereitstellung	Zentral	Auswahl nach Häufigkeitsverteilung
Wärmeabgabetyt	Flächenheizung	Auswahl nach Häufigkeitsverteilung
Art der Warmwasserbereitung	Zentral	Auswahl nach Häufigkeitsverteilung
Raumluftechnik	Bedarfsgeführte Abluftanlage	Festlegung entsprechend Richtlinie Energieeffizienz (2016); maßgeblich für Wohnbauförderung
Wärmebrückenleitwert	Als pauschaler, hüllflächenbezogener Wärmebrücken-zuschlag abgeleitet: 0,023 W/(m ² K)	Auswahl über Median
Charakteristische Länge	1,82 m	Auswahl über Mittelwert
Bruttovolumen konditioniert	1.741 m ³	Auswahl über Mittelwert
Gebäudehüllfläche	956 m ²	Auswahl über Mittelwert
Bruttogrundfläche	539 m ²	Auswahl über Mittelwert

5.2. Auswertung von realisierten Wohnbauprojekten

Einige für die spätere Untersuchung notwendige Gebäudeinformationen sind nicht Bestandteil der ZEUS-Datenbank. Daher werden weitere zehn realisierte Wohnbauprojekte (Dorsch, o.J.) analysiert, um diese fehlenden Informationen zu ermitteln. Anhand der vorliegenden Einreich- und/oder Ausführungspläne können zusätzliche geometrische Gebäudeeigenschaften für die weiteren Untersuchungen ermittelt werden (Tabelle 5).

Tabelle 5: Kennwerte realisierter Wohnbauprojekte (Dorsch, o.J.)

	MFH1	MFH2	MFH3	MFH4	MFH5	MFH6	MFH7	MFH8	MFH9	MFH10
BGFa, oberirdisch [m²]	914	913	872	1109	384	1062	935	861	568	819
Wohnnutzfläche [m²]	708	684	695	834	303	973	831	641	432	603
Umbauter Raum konditioniert [m³]	2 777	2 707	3 196	3 278	1 281	3 430	3 510	2 680	1 767	2 488
Umbauter Raum inkl. KG/TG [m³]	3370	3486	3236	4133	1281	4646	4019	3373	2036	3663
Fassadenfläche [m²]	718	877	577	814	377	861	808	747	604	768
Thermische Gebäudehüllfläche [m²]	1 470	1 679	1 292	1 420	757	1 830	1 565	1 356	1 174	1 247
Hüllflächenbezogener Fensterflächenanteil	13%	13%	13%	10%	9%	15%	15%	10%	6%	13%
Fassadenbezogener Fensterflächenanteil	26%	25%	29%	18%	17%	32%	29%	18%	12%	21%
Kompaktheit [1/m]	0,53	0,62	0,40	0,43	0,59	0,53	0,45	0,51	0,66	0,50
Laubengang?	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
Anzahl der WE	8	7	13	14	4	14	12	9	6	10
Anzahl oberirdische Geschosse	3	3	3	4	2	3	3	3	2	4
Mittlere Geschosshöhe [m]	3,04	2,95	2,69	2,95	3,16	3,21	3,10	3,13	3,05	3,00
Dachform FD: Flachdach SD: Steildach	FD	FD	SD	FD	FD	FD	FD	SD	FD	FD

Die Anwendung der Kriterien der Wohnbauförderung entsprechend Abschnitt 3.1 bringt folgendes Ergebnis (Tabelle 6).

Tabelle 6: Anwendung der Kriterien für die Wohnbauförderung auf die realisierten Wohnbauprojekte

	MFH1	MFH2	MFH3	MFH4	MFH5	MFH6	MFH7	MFH8	MFH9	MFH10
Raumeffizienz (Höchstwert: 6,30)	4,76	5,10	4,65	4,96	4,22	4,78	4,84	5,26	4,71	6,07
	76%	81%	74%	79%	67%	76%	77%	84%	75%	96%
Flächeneffizienz ohne Laubengang (Mindestwert: 0,75)	0,77	0,75	0,80	0,75	0,79	0,92	0,89	0,74	0,76	0,74
	97%	100%	94%	100%	95%	82%	84%	101%	99%	102%
Fassadeneffizienz (Höchstwert: 1,20)	1,01	1,28	0,83	0,98	1,24	0,88	0,97	1,17	1,40	1,27
	84%	107%	69%	81%	104%	74%	81%	97%	116%	106%

Raumeffizienz

Die Auswertung der beispielhaft ausgewählten Gebäude zeigt, dass der Kennwert *Raumeffizienz* nur bei einem Gebäude (MFH 6) annähernd den Höchstwert von 6,30 erreicht. Die Raumeffizienz ist somit augenscheinlich kein Kriterium, welches für den Gebäudeentwurf bestimmend ist.

Flächeneffizienz

Dagegen liegt der Kennwert *Flächeneffizienz* sehr nah am hier geltenden Mindestwert von 0,75 und wird bei zwei Gebäuden (MFH 8 und 10) auch knapp überschritten.

Bei einer künftigen Überarbeitung der Anforderungen für eine Wohnbauförderung sollte dieser Kennwert einer detaillierteren Betrachtung unterzogen werden, da mit zunehmenden Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz die Außenwandstärken und somit der Anteil der Konstruktionsfläche an der Bruttogrundfläche zunimmt. Dieser Kennwert kann somit auch darüber entscheiden, ob eine monolithische Bauweise, welche im Vergleich zur Verbundbauweise größere Wandstärken erfordern kann, realisiert wird bzw. werden kann. Je größer jedoch das Gebäude ist, desto unkritischer wird dieser Kennwert aufgrund der Flächenverhältnisse.

Fassadeneffizienz

Der Kennwert Fassadeneffizienz wird von vier der ausgewählten Wohnbauprojekte (MFH 2, 5, 9 und 10) überschritten. Auffällig ist, dass es sich bei den betroffenen Projekten tendenziell um Gebäude mit einer geringeren Anzahl an Wohneinheiten handelt.

Für die Bewertung der Anzahl der Wohneinheiten (WE) auf die Fassadeneffizienz wurden für virtuelle Gebäude in Form eines Quaders die Fassadenfläche je Wohneinheit berechnet. Dabei wurde von einer durchschnittlichen Wohnnutzfläche von 70 m²/WE, einer Gebäudebreite von 10 m und einer mittleren Geschosshöhe von 3,00 m ausgegangen. Das Ergebnis der Auswertung ist in Abbildung 18 dargestellt.

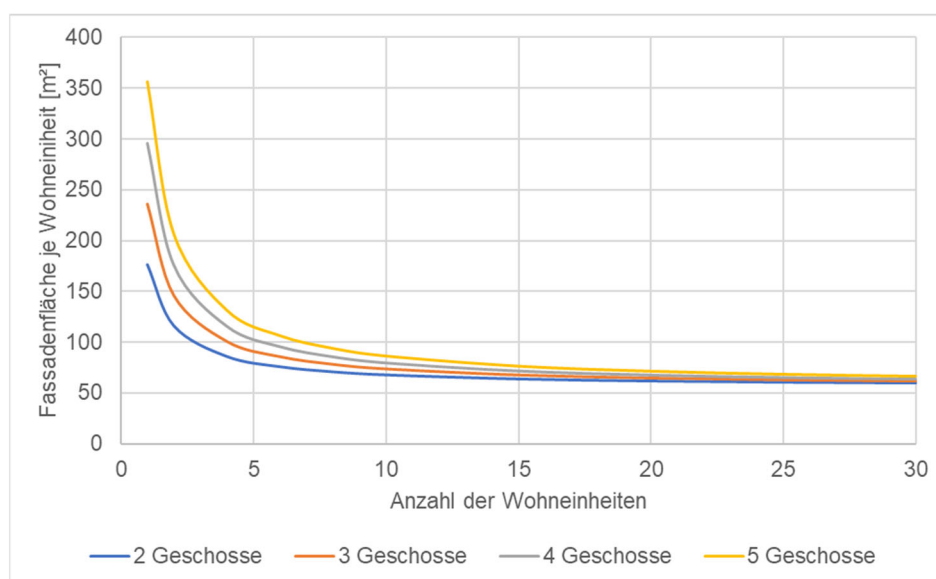


Abbildung 18: Auswertung der Fassadenfläche je Wohneinheit für virtuelle Gebäude in Quaderform mit 70 m² Wohnnutzfläche/WE, 10 m Gebäudebreite und einer mittleren Geschosshöhe von 3,00 m (e.D.)

Aus obiger Auswertung wird erkennbar, dass die spezifische Fassadenfläche bei bis zu etwa zehn Wohneinheiten sehr abhängig ist von der Anzahl der Wohneinheiten. Ab 15 Wohneinheiten verhält sich der Kurvenverlauf asymptotisch, d.h. die größte Fassadeneffizienz wird ab dieser Größenordnung erreicht. Der grundsätzliche Kurvenverlauf ist dabei unabhängig von den geometrischen Eingangsparametern.

Die Ergebnisse aus Tabelle 6 sind nachfolgend noch in Abbildung 19 graphisch dargestellt.

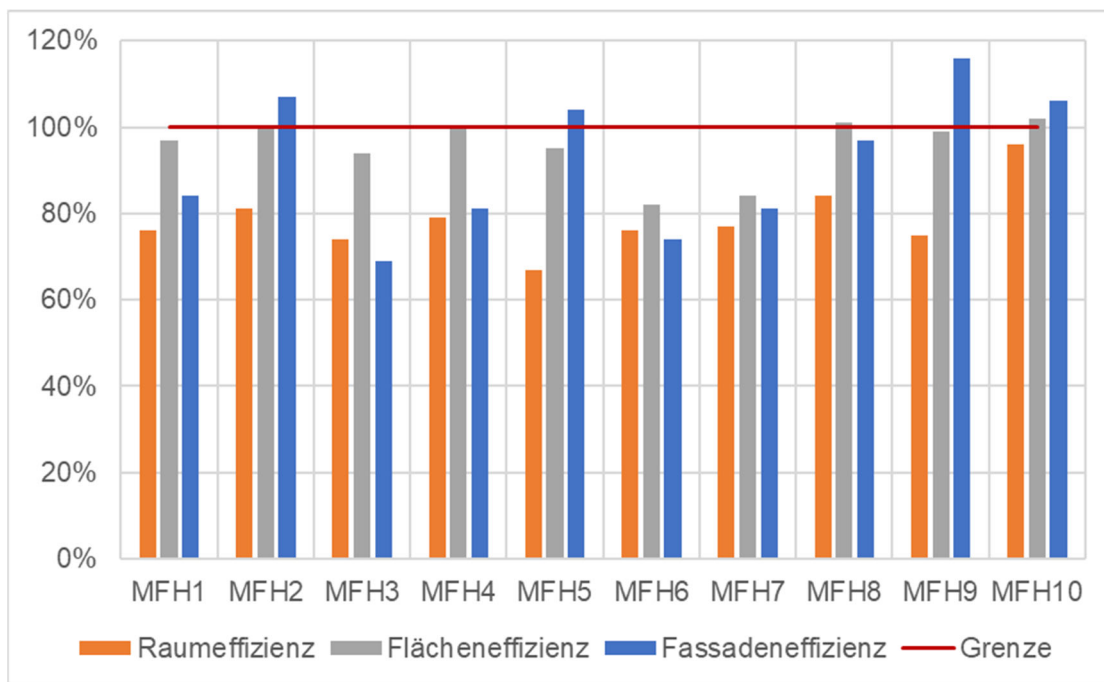


Abbildung 19: Einhaltung der Anforderungen der Wohnbauförderung Salzburg an die Gebäudeflächen und -volumen der realisierten Wohnbauprojekte

Ergänzend wurden für die ausgewählten realisierten Wohnbauprojekte folgende durchschnittliche Kennwerte ermittelt:

Tabelle 7: Durchschnittswerte ausgesuchter realisierter Wohnbauprojekte

	Durchschnitt	Einheit
BGFa, oberirdisch	843	m ²
Wohnnutzfläche	670	m ²
Umbauter Raum, konditioniert	2 711	m ³
Umbauter Raum, inkl. KG/TG	3324	m ³
Fassadenfläche	715	m ²
Thermische Gebäudehüllfläche	1 379	m ²
Hüllflächenbezogener Fensterflächenanteil	12	%

	Durchschnitt	Einheit
Fassadenbezogener Fensterflächenanteil	23	%
Kompaktheit	0,52	1/m
Laubengang	Nein (alle Gebäude)	-
Anzahl der Wohneinheiten	10	-
Anzahl oberirdischer Geschosse	3	-
Mittlere Geschosshöhe	3,03	m
Dachform	Flachdach (80 % der Gebäude)	-

5.3. Beschreibung des Vergleichsgebäudes

Das Vergleichsgebäude resultiert aus der Auswertung sowohl der ZEUS-Daten als auch von den realisierten Wohnbauprojekten und wird wie folgt beschrieben:

Tabelle 8: Definition des Vergleichsgebäudes

Gebäudeeigenschaft	Festlegung
Nutzungseinheiten im Gebäude	5
Geschossanzahl im ganzen Gebäude	4
Oberirdische Geschosse	3
Unterkellerung (konditioniert)	0 %
Bauweise	schwer
Temperaturregion	NF; ZA
Seehöhe	NF: 440 m; ZA: 780 m
Heizungstyp	Fernwärme
Energieträger	Fernwärme EE (siehe Abschnitt 7.7)
Art der Wärmebereitstellung	zentral
Wärmeabgabetyt	Flächenheizung
Art der Warmwasserbereitung	zentral
Raumluftechnik	Bedarfsgeführte Abluftanlage
Hüllflächenbezogener Wärmebrückenzuschlag	0,023 W/(m ² K)
Kompaktheit	0,55 1/m

Gebäudeeigenschaft	Festlegung
Charakteristische Länge	1,81 m (Durchschnittswert nach Tabelle 4: 1,82 m)
Konditioniertes Bruttovolumen	1 709 m ³ (Durchschnittswert nach Tabelle 4: 1 741 m ³)
Thermische Gebäudehüllfläche	941 m ² (Durchschnittswert nach Tabelle 4: 956 m ²)
Hüllflächenbezogener Fensterflächenanteil	9 % (Herleitung siehe Abschnitt 7.2)
Fassadenfläche	456 m ²
Bruttogrundfläche (BGF)	534 m ² (Durchschnittswert nach Tabelle 4: 539 m ²)
Wohnnutzfläche	406 m ² ¹⁾
Laubengang	nein
Dachform	Flachdach

¹⁾ Nachdem keine konkrete Gebäudeplanung zugrunde gelegt wurde, wurde die Wohnnutzfläche wie folgt abgeschätzt: Bezugsfläche BF = 0,80 · BGF = 0,80 · 534 m² = 427 m²; Annahme für Verkehrsflächen außerhalb der Wohneinheiten 5 %: 21 m²; Wohnnutzfläche = 427 m² - 21 m² = 406 m²; dies entspricht einer spezifischen Wohnnutzfläche von etwa 406 / 5 = 81 m².

Aufgrund der obigen Randbedingungen wurde ein Vergleichsgebäude mit unbeheiztem Kellergeschoss und folgenden Abmessungen entsprechend Abbildung 20 modelliert:

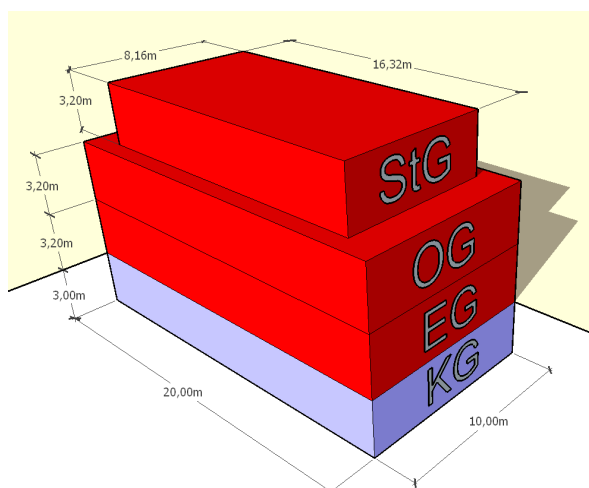


Abbildung 20: Darstellung des Vergleichsgebäudes (e.D.)

Die Anforderungen der Wohnbauförderung nach Abschnitt 3.1 werden auch auf das Vergleichsgebäude angewendet:

- Raumeffizienz: $1.709 \text{ m}^3 / 406 \text{ m}^2 = 4,21 \text{ m}^3/\text{m}^2$ < 6,30 ok
- Flächeneffizienz: $406 \text{ m}^2 / 534 \text{ m}^2 = 0,76$ > 0,75 ok
- Fassadeneffizienz: $456 \text{ m}^2 / 406 \text{ m}^2 = 1,12$ < 1,20 ok

Nachdem der Standort des Gebäudes innerhalb des Bundeslandes Salzburg undefiniert ist, werden für die Berechnung der solaren Wärmeeinträge aus Gründen der Vereinfachung alle Fensterflächen nach Westen orientiert angenommen. In Abschnitt 7.1 wird jedoch der Einfluss einer optimierten Gebäudeausrichtung untersucht.

6. Rechenrandbedingungen der Energiebilanz

6.1. Rechenrandbedingungen

Für die Berücksichtigung der verbrauchsgebundenen Kosten innerhalb der Lebenszykluskostenberechnung werden die Endenergiebedarfskennwerte und die spezifischen Energiekosten benötigt. Die dafür erforderlichen Energiebedarfsberechnungen werden mit der Software PHPP 9.7 (Passivhaus Institut, 2016) durchgeführt. Dabei wird das Nutzungsprofil (interne Wärmeeinträge, hygienischer Luftwechsel) entsprechend ÖNORM B 8110-5 (2019) zugrunde gelegt. Der Außenluftvolumenstrom für die Lüftung zum Feuchteschutz wird nach DIN 1946-6 (2019) für die Bedingung „Wärmeschutz hoch“ und „hohe Belegungsdichte“ ermittelt.

Die ÖNORM B 8110-5 (2019) legt die Randbedingungen zur Berechnung des Heizwärme- und Kühlbedarfs nach ÖNORM B 8110-6-1 (2019) fest. Für die Bestimmung des Standortklimas wird darin auf Datenquellen der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) zurückgegriffen, wonach Österreich in sieben Temperaturregionen unterteilt wird (Abbildung 21). Das Bundesland Salzburg liegt nach diesem Klimamodell in zwei Temperaturregionen, wobei der Großteil der Fläche der Region Alpine Zentrallage (ZA) und ein kleinerer Teil der Region Nord – Föhngebiet (NF) zugewiesen werden kann. Diese Regionen unterscheiden sich sowohl in der Außenlufttemperatur als auch in der Globalstrahlung deutlich. Nach der Zuteilung in Temperaturregionen wird weiter in die Höhenlage des Gebäudestandorts unterschieden, da die Monatsmitteltemperatur vor allem durch die Seehöhe bestimmt wird.

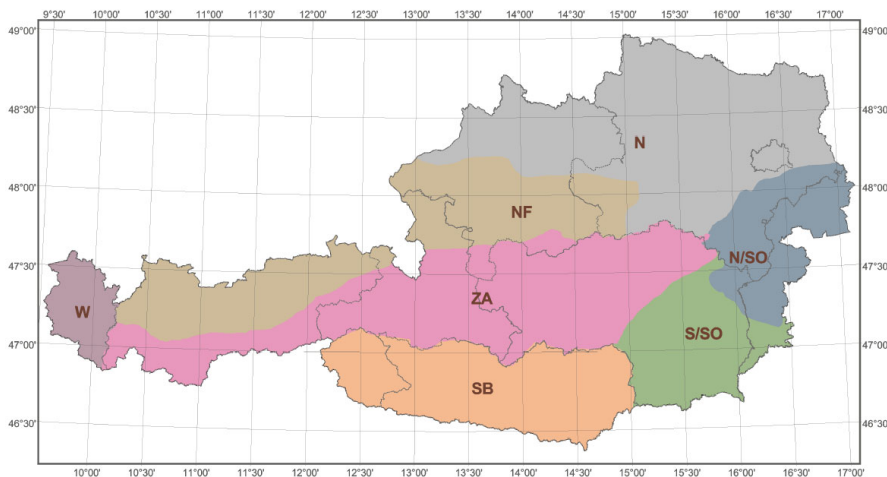


Abbildung 21. Temperaturregionen in Österreich (ÖNORM B 8110-5:2019, Bild 1)

In der Abbildung 22 sind die mittleren monatlichen Klimadaten der Temperaturregion Nord - Föhngebiet zu sehen.

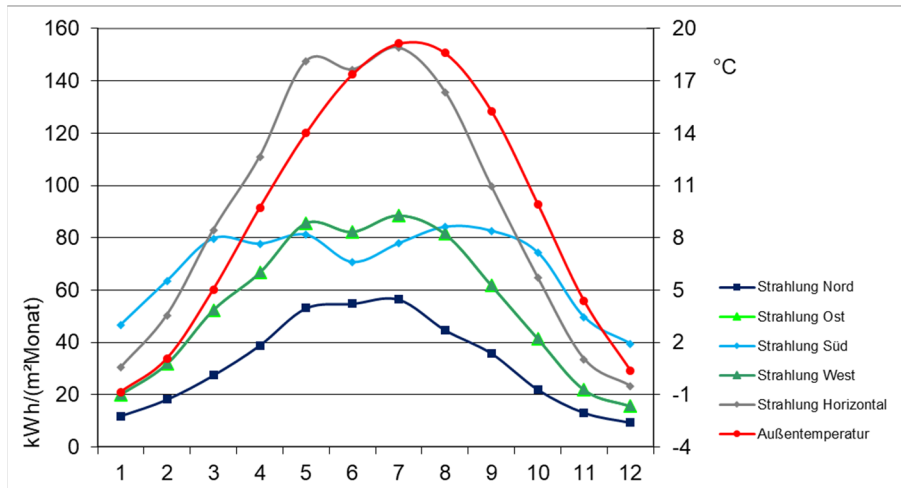


Abbildung 22: Klimadaten der Region „Nord - Föhngebiet“ nach ÖNORM B 8110-5:2019 (Quelle: PHPP 9.7)

Im Vergleich dazu ist in der Abbildung 23 die Region „Alpine Zentrallage“ dargestellt.

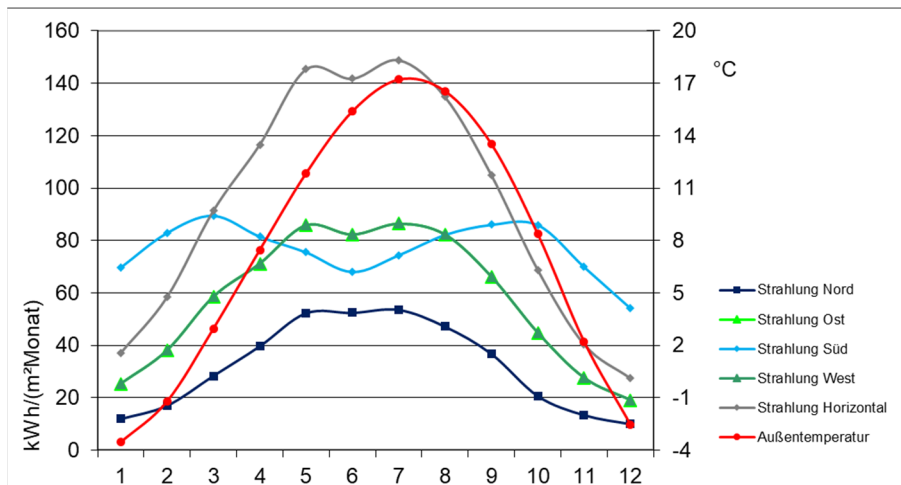


Abbildung 23: Klimadaten der Region „Alpine Zentrallage“ nach ÖNORM B 8110-5:2019 (Quelle: PHPP 9.7)

Die größten Unterschiede sind hier bei den Werten der Sonneneinstrahlung aus südlicher Richtung sowie bei den Außentemperaturen zu sehen.

Etwa 63 % der mehrgeschossigen Wohngebäude (Neubau, Baujahr ab 2015) wurden entsprechend der ZEUS-Datenbank (Land Salzburg, 2020a) in der Temperaturregion NF und etwa 37 % in der Region ZA errichtet.

Aufgrund der genannten deutlichen Unterschiede zwischen den beiden Temperaturregionen ist davon auszugehen, dass diese Klimadaten einen Einfluss auf die Lebenszykluskosten haben. Deshalb werden in den folgenden Untersuchungen, sofern für die jeweilige Maßnahme relevant, auf beide Regionen Bezug genommen.

6.2. Heizwärmebilanz des Vergleichsgebäudes

Für das Vergleichsgebäude (Abbildung 20) wird folgendes Hüllflächenkonzept zugrunde gelegt:

Tabelle 9: Hüllflächenkonzept des Vergleichsgebäudes

Bauteil	Fläche	U-Wert	$d_{\text{äquiv.,035}}^{1)}$
Außenwand gegen Außenluft	456 m ²	0,17 W/(m ² K)	0,200 m
Flachdach	200 m ²	0,19 W/(m ² K)	0,180 m
Decke über Kellergeschoss	200 m ²	0,23 W/(m ² K)	0,140 m
Fenster (hüllflächenbezogener Fensterflächenanteil: 9%)	85 m ²	0,85 W/(m ² K)	---

¹⁾ äquivalente Dämmstoffdicke bei einer Wärmeleitfähigkeit von 0,035 W/(mK)

Des Weiteren wird mit folgenden Annahmen gerechnet:

- Für die Außenwände gegen Erdreich des unbeheizten Kellers wird eine Wärmedämmung von 6 cm (Wärmeleitfähigkeit $\lambda = 0,040 \text{ W/(mK)}$) berücksichtigt.
- Der pauschale Wärmebrückenzuschlag wird mit $0,023 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ angenommen.
- Der Energiedurchlassgrad der Verglasung wird mit 55 % und der Verglasungsanteil mit 70 % berücksichtigt.
- Die bauliche Verschattung wird durch einen Abminderungsfaktor von 0,77 berücksichtigt.
- Die Luftdichtheit des Gebäudes wird mit einem n_{50} -Wert von 1,0 1/h bewertet.
- Das Lüftungskonzept berücksichtigt eine bedarfsgeführte Abluftanlage, die entsprechend der Lüftungsstufe „Lüftung zum Feuchteschutz“ nach DIN 1946-6 (2019) ausgelegt wird.

Mit den genannten Werten wird ein LEK_T -Wert von 20 erreicht wodurch wird die Anforderung der Wohnbauförderung zum Zeitpunkt der Datenerhebung⁵ eingehalten wird. Es stellt sich für die beiden Temperaturregionen Nord - Föhngebiet (NF) (Abbildung 24, Abbildung 26) und Alpine Zentrallage (ZA) (Abbildung 25, Abbildung 27) folgende Heizwärmebilanz dar.

⁵ Stichtag der Datenerhebung sowie der Festlegung der Rahmenbedingungen für alle Berechnungen: 01.07.2020

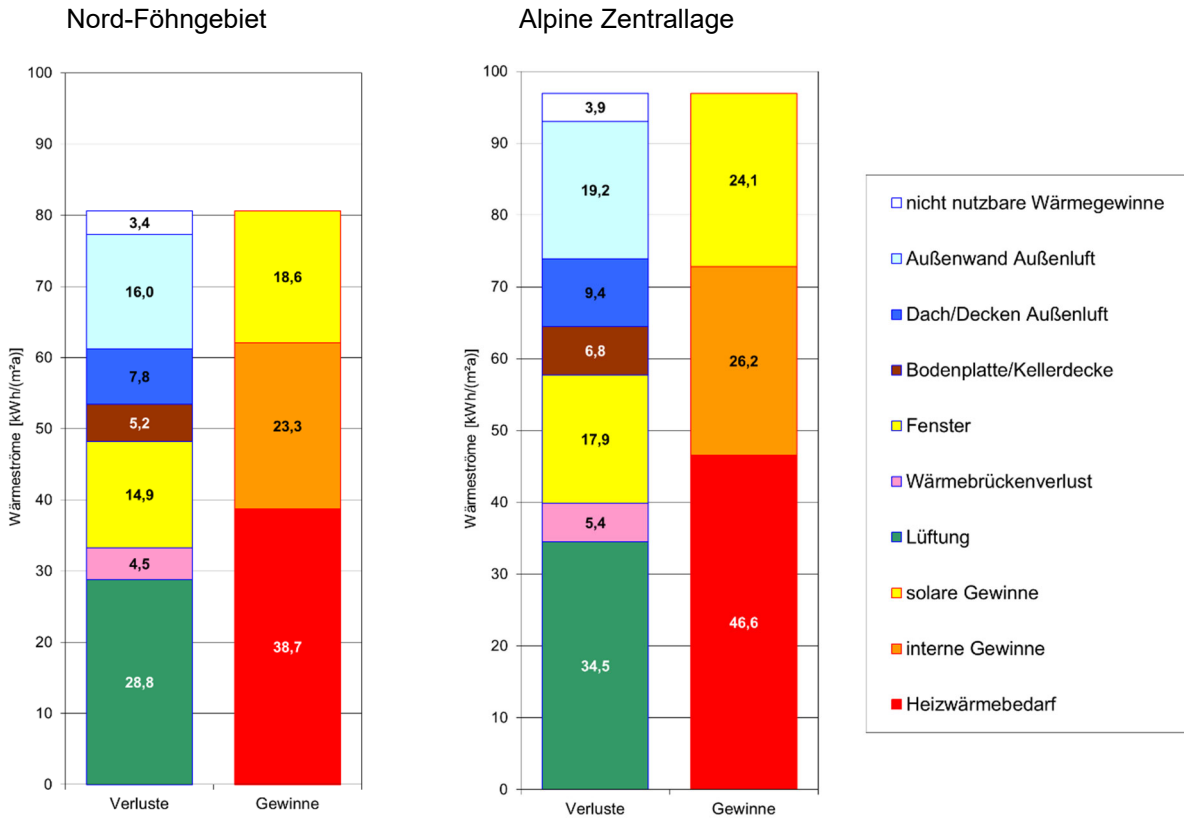


Abbildung 24: Heizwärmebilanz NF (PHPP9.7)

Abbildung 25: Heizwärmebilanz ZA (PHPP9.7)

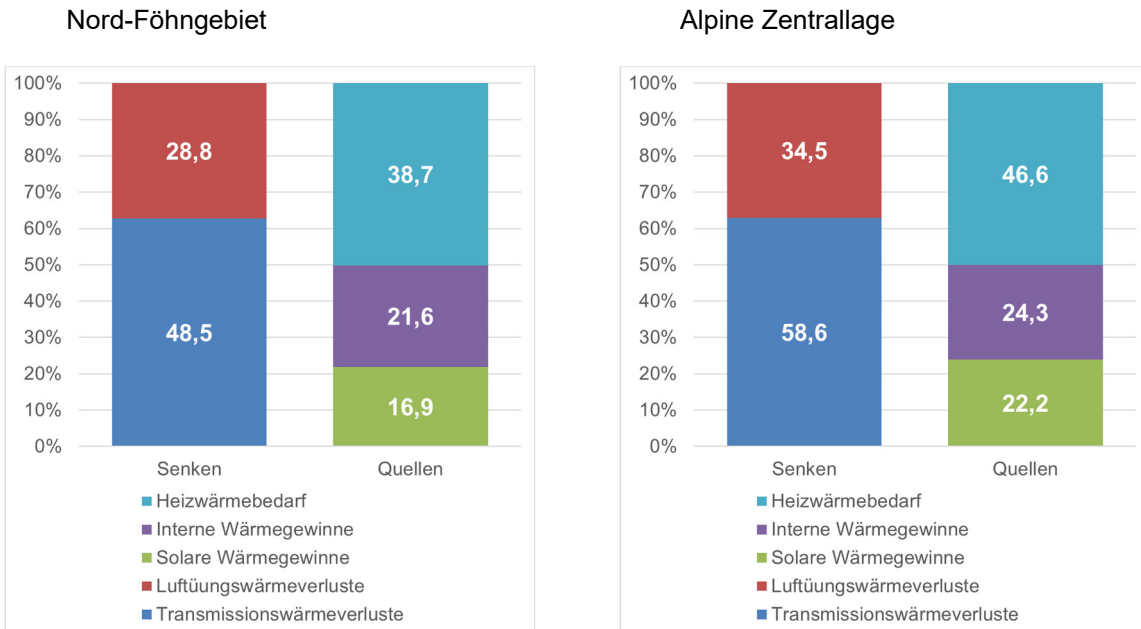


Abbildung 26: Heizwärmebilanz NF zusammengefasst in kWh/(m²a) (e.D.)

Abbildung 27: Heizwärmebilanz ZA zusammengefasst in kWh/(m²a)(e.D.)

Der Vergleich der beiden Temperaturregionen zeigt, dass der Heizwärmebedarf in der Region ZA um etwa 8 kWh/(m²a) bzw. um etwa 20 % höher liegt. Die Abbildungen zeigen auch, dass die höheren Wärmeverluste teilweise durch höhere solare Wärmegewinne kompensiert werden. Der höhere Anteil der internen Wärmegewinne resultiert wiederum aus einem höheren Ausnutzungsgrad, welcher vom Verhältnis Wärmegewinne zu Wärmeverlusten abhängig ist.

Weiters kann festgestellt werden, dass der Anteil der Lüftungswärmeverluste an den gesamten Wärmeverlusten etwa 40 % beträgt. Somit kann eine wesentliche Reduzierung des Heizwärmebedarfs nur mit der Verringerung der Lüftungswärmeverluste einhergehen.

Der höhere Heizwärmebedarf und infolge der höhere Endenergiebedarf in der Temperaturregion ZA nimmt im Weiteren Einfluss auf die Bewertung der Lebenszykluskosten.

6.3. Energiebilanz des Vergleichsgebäudes

Die anlagentechnische Ausstattung des Vergleichsgebäudes wurde im Detail wie folgt festgelegt:

- Heizung
 - Fußbodenheizung (Niedertemperatursystem) mit Systemtemperaturen 35°C/28°C
 - Zentrale Verteilung; die Leitungslängen wurden nach ÖNORM H 5056-1 (2019) abgeschätzt
 - Fernwärmeübergabestation mit Aufstellort im unbeheizten Keller
 - Fernwärme aus Heizwerk mit erneuerbaren Energien
- Trinkwarmwasser
 - Zentrale Verteilung mit Zirkulationsleitung; die Leitungslängen wurden nach ÖNORM H 5056-1 (2019) abgeschätzt; Betriebszeit der Zirkulationsleitung nach DIN V 18599-8 (2018): 15 h/d (kein Defaultwert in ÖNORM angegeben)
 - TWW-Speicher im unbeheizten Keller; Bereitschaftsvolumen: 600 l; Wärmeverlustrate 2 W/K
 - Fernwärmeübergabestation mit Aufstellort im unbeheizten Keller
 - Fernwärme aus Heizwerk mit erneuerbaren Energien
- Lüftung
 - Bedarfsgeführte Abluftanlage (Elektroeffizienz: 0,20 Wh/m³) in Kombination mit Fensterlüftung

Die Darstellung der Endenergiebedarfswerte erfolgt in Abbildung 28 wieder für beide Temperaturregionen.

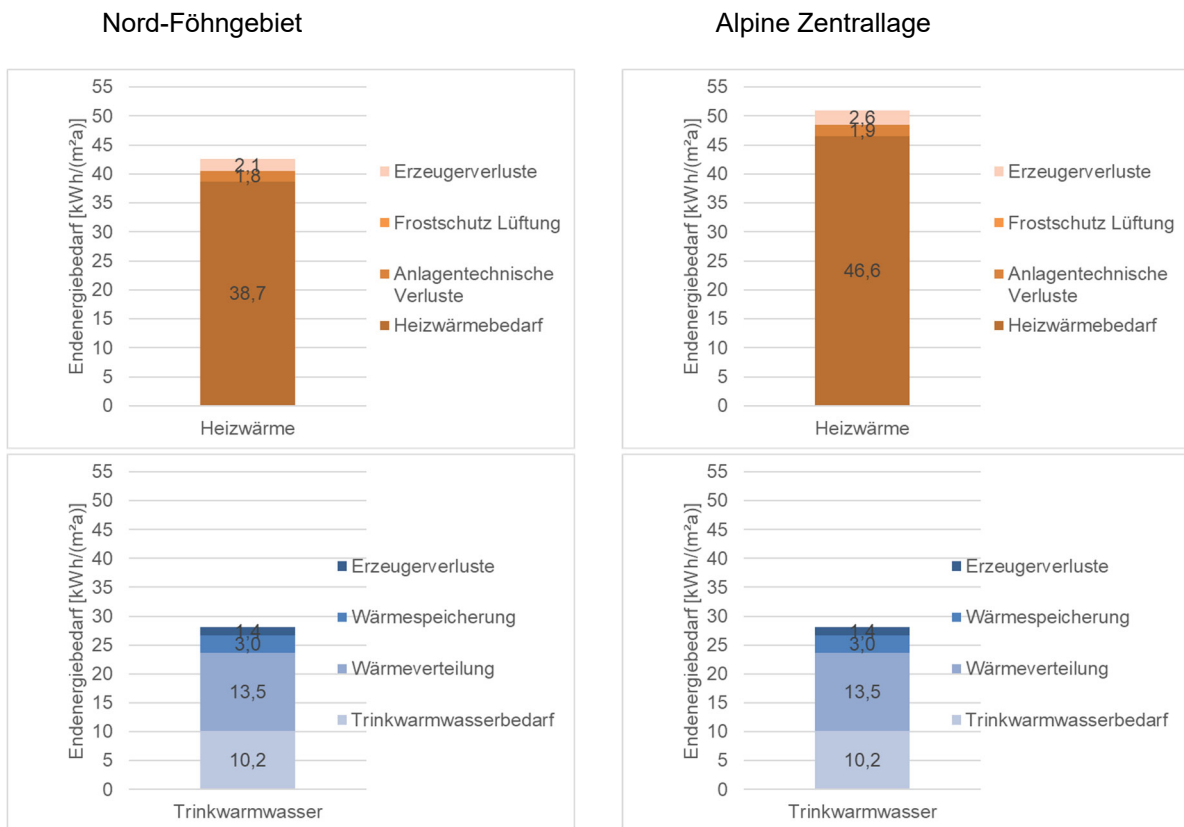


Abbildung 28: Endenergiebedarf des Vergleichsgebäudes je Temperaturregion (e.D.)

Für beide Temperaturregionen zeigt sich, dass die anlagentechnischen Verluste bei der gewählten Art der Wärmeerzeugung gering ausfallen. Der höhere Energiebedarf für die Temperaturregion ZA wurde bereits zuvor diskutiert. Der Energiebedarf für die Trinkwarmwasserbereitung ist unabhängig von der jeweiligen Temperaturregion und somit identisch. Er beträgt etwa 40 % (NF) bzw. 37 % (ZA) am gesamten Wärmeenergiebedarf (Heizwärme und Trinkwarmwasser). Mit sinkendem Heizwärmebedarf steigt der Anteil für die Trinkwarmwasserbereitung. Es zeigt sich jedoch auch, dass der Anteil für die Trinkwarmwasserverteilung größer ist als der eigentliche Nutzenergiebedarf für das Warmwasser selbst. Dieser Wert kommt durch die hygienisch erforderlichen Zirkulationsleitungen zustande. Auf eine kompakte Leitungsinstallation mit möglichst geringen Leitungslängen ist daher bereits in der Entwurfsphase zu achten.

Bei dem gewählten Energieträger sind die betriebsbedingten CO₂-Emissionen nicht von Bedeutung, da nach S.BTV (2016) nur mit 0,010 kgCO₂-Äqui./kWh zu rechnen ist.

6.4. Annahmen für die Lebenszykluskostenberechnungen

6.4.1. Allgemeine Annahmen

Grundsätzlich stützen sich die gegenständlichen Berechnungen auf einen Teilkostenansatz. Dabei werden nur jene Kosten- bzw. Mehrkostenbestandteile in die Berechnung aufgenommen, die direkt oder indirekt mit der Variantenbetrachtung in Zusammenhang stehen. Die Kosten für den Rückbau des Gebäudes wurden hierbei nicht betrachtet.

Ausgehend von dem entwickelten Vergleichsgebäude, das die Anforderungen der aktuellen Wohnbauförderung (S.WFV, 2015) einhält, wurde im Weiteren bei der Wahl der Varianten bzw. Untervarianten diese Einhaltung nicht weiter berücksichtigt, da aufgrund möglicher Kompensationsmaßnahmen andernfalls eine Bewertung der einzelnen Maßnahmen als solche nicht hätte erfolgen können.

Sofern nichts anderes angegeben, beziehen sich die Ergebnisse immer auf die Temperaturregion NF, da hier seit dem Jahr 2015 die meisten Mehrfamilienhäuser im Land Salzburg erbaut wurden.

In folgender Tabelle werden die grundsätzlichen Annahmen zur Lebenszykluskostenberechnung erläutert. Im Zusammenhang mit der ökonomischen Bewertung der betrachteten Varianten wird erforderlichenfalls der Einfluss einzelner Parameter noch beurteilt.

Tabelle 10: Allgemeine Annahmen zur Lebenszykluskostenberechnung

Zeile	Parameter	Wert	Quelle	Anmerkungen
1	Betrachtungsperspektive	Gemeinnütziger Bauträger	Eigene Festlegung	--
2	Betrachtungszeitraum	50 a	DGNB-Steckbrief ECO1.1 (DGNB GmbH, 2018)	--
3	Inflationsrate	1,5 %	statista GmbH (2020, Österreich, Inflationsrate)	--
4	Kapitalzinssatz	1,0 %	Wirtschaftskammer Österreich (2020)	Empfehlung nach ÖNORM B 1801-4 (2014): Sekundärmarkttrendite verwenden.
5	CO ₂ -Folgekosten	187 €/t _{CO2} -Äqui.	Umweltbundesamt (D) (2019)	Interpolierter Wert zwischen 2016 und 2030 Ansatz des Wertes für 1 % reine Zeitpräferenzrate

Zeile	Parameter	Wert	Quelle	Anmerkungen
6	CO ₂ -Emissionen	Fernwärme EE: 10 g _{CO2-Äq.} /kWh Fernwärme nEE: 310 g _{CO2-Äq.} /kWh Strom: 227 g _{CO2-Äq.} /kWh	Österreichisches Institut für Bautechnik (2019) S.BTV (2016)	RL 2019 verwendet (obwohl RL 2015 gültig), um aktuelle Emissionswerte zu beachten
7	Energiepreis: Fernwärme	Arbeitspreis: 0,09 €/kWh _{End} Grundpreis: 36,24 €/(kW a) Steigerung: 1,3 %	Salzburg AG (2020b) (Österreichisches Institut für Bautechnik, 2018)	Annahme: 11 kW Heizlast
8	Energiepreis: Strom	Arbeitspreis: 0,166 €/kWh _{End} Grundpreis: 125,70 €/Jahr Steigerung: 2,4 %	Salzburg AG (2020a) (Österreichisches Institut für Bautechnik, 2018)	--
9	Energiepreis: Wärmepumpenstrom	Arbeitspreis: 0,162 €/kWh _{End} Grundpreis: 89,70 €/Jahr Steigerung: 2,4 %	Salzburg AG (2020c) (Österreichisches Institut für Bautechnik, 2018)	--
10	Bankdarlehen	Laufzeit: 10 Jahre Zinssatz: 1 %	Marktrecherche	--
11	Wohnbauförderkredit	Keine Annahme getroffen		Keine Berücksichtigung, da für die hier durchgeführten Berechnungen nicht von Relevanz; keine nutzerspezifische Betrachtung vorgesehen
12	Annuitätenzuschuss	Keine Annahme getroffen		
13	Finanzierungsbeitrag MieterInnen	Keine Annahme getroffen		
14	Eigenmittel	Keine Annahme getroffen		

6.4.2. Nutzungsdauern sowie Wartungs- und Instandsetzungskosten

Um die Lebenszykluskosten berechnen und somit auch eventuelle Investitionen während des Betrachtungszeitraumes beachten zu können, müssen für alle Bauteile die Nutzungsdauern sowie Wartungs- und Instandsetzungskosten berücksichtigt werden. Folgende Werte wurden für die Berechnungen angenommen:

Tabelle 11: Nutzungsdauern, Wartungs- und Instandhaltungskosten von Bauteilen

Bauteil	Nutzungsdauer	Wartung und Inspektion in % der Herstellkosten pro Jahr	Laufende Instandsetzung in % der Herstellkosten pro Jahr
Außenwand Wärmedämmverbundsystem (WDVS)	40 a ¹⁾	0,1 % ³⁾	0,35 % ³⁾
Außenwand Mauerwerk	90 a ¹⁾		
Fenster	40 a ¹⁾		
Außenliegende Sonnenschutzvorrichtung	40 a ²⁾		

¹⁾ Österreichisches Institut für Bautechnik (2018)

²⁾ Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (2017)

³⁾ DGNB GmbH (2018)

Die Komponenten der Gebäudetechnik haben grundsätzlich eine geringere Nutzungsdauer als Bauteile und sind deshalb während einer Betrachtungszeit von 50 Jahren ein- oder mehrmals auszutauschen. Daher können diese Werte insbesondere in Verbindung mit den notwendigen Ersatzinvestitionen Einfluss innerhalb der Lebenszykluskostenberechnung nehmen.

Tabelle 12: Nutzungsdauern, Wartungs- und Instandhaltungskosten von Gebäudetechnikkomponenten

Komponente	Nutzungsdauer	Wartung und Inspektion in % der Herstellkosten pro Jahr	Laufende Instandsetzung in % der Herstellkosten pro Jahr
Luft/Wasser-Wärmepumpe in Mehrfamilienhäusern	30 a ¹⁾	~0,7 % bis 0,5 % ¹⁾	1 % ²⁾
Fernwärme in Mehrfamilienhäusern	30 a ¹⁾	0 % ¹⁾	2 % ²⁾
Wohnungslüftungsanlage (Zu- und Abluft mit WRG)	15 a ²⁾	2 % ²⁾	5 % ²⁾
Solarkollektoren als Flachkollektor	20 a ²⁾	0,5 % ²⁾	1 % ²⁾

¹⁾ Österreichisches Institut für Bautechnik (2018)

²⁾ Verein Deutscher Ingenieure (2012)

6.4.3. Investitions- und Herstellkosten

Die angegebenen Kosten beinhalten einen Mehrwertsteueranteil von 20 %. Diese wurden miteinbezogen, da die Lebenszykluskosten verschiedene Kostengruppen beinhalten, wie beispielsweise die Energiekosten in der Nutzungsphase, welche ebenfalls mit Steuern berechnet werden und somit eine durchgängige Berechnung mit Bruttokosten erstellt werden kann. Es gilt der Teilkostenansatz wie zuvor beschrieben. Baunebenkosten werden bei den folgenden Berechnungen nicht berücksichtigt. Die folgende Tabelle zeigt die Investitions- oder Mehrkosten der verschiedenen Materialien, Bauteile und Gebäudetechnikkomponenten zur Berechnung der Lebenszykluskosten und zum späteren Vergleich der Varianten.

Tabelle 13: Kostenansätze für Komponenten zum Variantenvergleich

Komponente	Kostenansatz	Quelle	Anmerkungen
Außenwand mit Wärmedämmverbundsystem (WDVS)	Mauerwerk: 80 €/m ² (67 €/m ² netto) WDVS: 100 €/m ² (83 €/m ² netto)	BKI Baukosteninformationszentrum (2019a, Baukosten Bauelemente Neubau)	Investitionskosten
Wärmedämmverbundsystem aus EPS-Hartschaum	1 €/cm (0,83 €/cm netto)	Österreichisches Institut für Bautechnik (2018)	Mehrkosten

Komponente	Kostenansatz	Quelle	Anmerkungen
Mauerziegel mit Dämmstofffüllung	160 €/m ² (133 €/m ² netto)	Wienerberger Österreich GmbH (o.J.)	Investitionskosten
Mauerziegel ohne Dämmstofffüllung	130 €/m ² (108 €/m ² netto)	Wienerberger Österreich GmbH (o.J.)	Investitionskosten
Fenster mit U_w = 0,85 W/(m²K)	450 €/m ² (375 €/m ² netto)	Marktrecherche; BKI Baukosteninformationszentrum (2019a, Baukosten Bauelemente Neubau)	Investitionskosten
Außenliegende Sonnenschutzvorrichtung	150 €/m ² (125 €/m ² netto)	Marktrecherche; BKI Baukosteninformationszentrum (2019a, Baukosten Bauelemente Neubau)	Außenliegender Rollläden (Kunststoff) mit Aufsatzkasten
Sonnenschutzverglasung	96 €/m ² (80 €/m ² netto)	Marktrecherche	Mehrkosten gegenüber einer Wärmeschutzverglasung
Luft/Wasser-Wärmepumpe in Mehrfamilienhäusern	21 497 € bis 29 155 € verwendeter Wert: 25 350 € (21 125 € netto)	Österreichisches Institut für Bautechnik (2018)	Investitionskosten
Fernwärme in Mehrfamilienhäusern	~12 760 € bis 16 169 € verwendeter Wert: 14 500 € (12 083 € netto)	Österreichisches Institut für Bautechnik (2018)	Investitionskosten
Wohnungszentrale Lüftungsanlage mit WRG	5 000 €/WE (4 167 €/WE netto)	Marktrecherche	Investitionskosten
Bedarfsgeführte Abluftanlage für Lüftung zum Feuchteschutz	900 €/WE (750 €/WE netto)	Marktrecherche	Investitionskosten
Solarthermische Anlage zur Trinkwarmwasserbereitung	1.093 €/m ² verwendeter Wert: 1 100 €/m ² (917 €/m ² netto)	Österreichisches Institut für Bautechnik (2018)	Investitionskosten

7. Maßnahmenbetrachtungen

Aufgrund vieler möglicher Varianten (Einfluss der Geometrie, Kubatur, Transmissions- und Lüftungswärmeverluste, solare Einträge etc.) kann im Rahmen dieses Projektes nur ein Ausschnitt betrachtet werden. Dieser steht für die mögliche Bedeutung der jeweiligen Stellschrauben.

Die grundsätzlichen Zielsetzungen, die hier bei der Auswahl der Varianten für Low-Tech Maßnahmen im mehrgeschossigen Wohnbau zugrunde gelegt wurden, sind:

- Reduzierung des Nutzenergiebedarfs für Heizen, Trinkwarmwasserbereitung und Kühlen durch planerische Maßnahmen (z.B. Ausrichtung, Kompaktheit, Wärmebrücken etc.)
- Verwendung einfacher Bauweise und ressourcenschonender Einsatz von Baustoffen
- Einsatz erneuerbarer Energien sowie Berücksichtigung der Wärmerückgewinnung

7.1. Optimierung der Gebäudeausrichtung

7.1.1. Beschreibung

In dieser Variante soll der Einfluss einer optimierten Gebäudeausrichtung untersucht werden. Im Aktionsplan der Österreichischen Strategie zur Anpassung an den Klimawandel findet sich dazu im Aktivitätsfeld Bauen und Wohnen folgende Handlungsempfehlung zur Sicherstellung des thermischen Komforts (Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2017, Abs. 3.6.4.1):

„Um den thermischen Komfort sicherzustellen, sollen im Neubau Nachweise für die optimale Gebäudeausrichtung erbracht werden. Dabei ist eine Jahreszyklusrechnung anzustreben.“

Diese Empfehlung steht zwar primär im Zusammenhang mit dem thermischen Komfort im Sommer, kann bzw. sollte jedoch auch den Heizfall miteinbeziehen.

Für das ungekühlte Vergleichsgebäude wurden zunächst rechnerisch alle Fenster mit Westorientierung angenommen (vgl. Abschnitt 5.3). Eine Verschiebung von Fensterflächen in Richtung Süden bei gleichbleibender Gesamtfensterfläche führt erwartungsgemäß zu einer Reduzierung des Heizenergiebedarfs und der Heizlast, sofern der Solareintrag bei der Heizlastberechnung berücksichtigt wird bzw. werden kann. Für diese Optimierung können zusätzliche Planungskosten anfallen. Ob eine Reduzierung der Investitionskosten für die Heizungsanlage möglich ist, hängt von der Art der Dimensionierung ab (mit oder ohne solare Erträge). Der reduzierte Heizwärmebedarf wird im Zusammenhang mit der nachfolgenden energetischen Bewertung in eine äquivalente Dämmstoffdicke umgerechnet, um den Einfluss transparenter darzustellen.

7.1.2. Energetische Bewertung

Das erste Szenario zur energetischen Bewertung stellt den Winterfall dar. Das Vergleichsgebäude hat in der Grundvariante einen hüllflächenbezogenen Fensterflächenanteil von 9 %. In den einzelnen Varianten wird der Anteil der Südfenster um jeweils zehn Prozent erhöht.

Tabelle 14: Energetische Bewertung, Winterfall, Vergleichsgebäude

Variante	Vergleichsgebäude	V1 – Süd10%	V2 – Süd20%	V3 – Süd30%	V4 – Süd40%
Fensterfläche West [m²]	84,9 (100 %)	72,1 (90 %)	59,3 (80 %)	46,5 (70 %)	33,7 (60 %)
Fensterfläche Süd [m²]	0 (0 %)	12,8 (10 %)	25,6 (20 %)	38,4 (30 %)	51,2 (40 %)
Heizwärmebedarf (HWB) [kWh/(m²a)]	38,7 (100 %)	36,8 (95 %)	35,1 (91 %)	33,5 (87 %)	31,9 (83 %)
Heizlast [W/m²]	25,1	24,5	23,8	23,2	22,6
Erf. Dämmstoffdicke bei $\lambda = 0,035 \text{ W/(mK)}$ der Außenwand (456 m²) für HWB = 100% [mm]	200	176	159	144	133
Theoretische Dämmstoffeinsparung [m³]	0	11	19	26	31
Theoretische Kosteneinsparung durch reduzierte Wärmedämmung bei 1 €/cm m² [€]	0	1 090	1 870	2 550	3 100

Durch eine Optimierung der Gebäudeausrichtung kann infolge der zunehmenden Solarerträge entweder der Heizwärmebedarf (Energieeinsatz) um etwa 17 % oder aber die Dämmstoffdicke (Material- und Energieeinsatz) um etwa 30 % (etwa 7 cm) bei gleichem Heizwärmebedarf reduziert werden. Beide Vorgehensweisen führen zu verringerten Kosten. Entweder zu geringen verbrauchsgebundenen Kosten oder zu geringeren Investitionskosten.

Das zweite Szenario stellt den Sommerfall dar.

Tabelle 15: Energetische Bewertung, Sommer, Vergleichsgebäude

Fensterfläche West [m²]	84,9 (100%)	72,1 (90%)	59,3 (80%)	46,5 (70%)	33,7 (60%)
Fensterfläche Süd [m²]	0 (0%)	12,8 (10%)	25,6 (20%)	38,4 (30%)	51,2 (40%)
Kühlbedarf [kWh/(m²a)]	3,7 (100%)	3,6 (97%)	3,5 (95%)	3,4 (92%)	3,3 (89%)
Kühllast [W/m²]	14,0	13,7	13,4	13,1	12,8

Mit steigendem, nach Süden orientieren Fensterflächenanteil sinkt der Kühlbedarf des Gebäudes. Dies bedingt sich durch den höheren Sonnenstand und der damit verbundenen geringeren Strahlungsenergie bezogen auf die senkrechten Verglasungsflächen. Der Einfluss des Fensterflächenanteils wird als separate Variante in Abschnitt 7.2 untersucht.

Für die optimale Gebäudeausrichtung sind sowohl Winter- als auch Sommerfall zu betrachten. Anstelle des Kühlbedarfs sollte jedoch ein Vergleich zur Kühllast hergestellt werden. In Zukunft ist zwar mit längeren Hitzewellen zu rechnen, welche in den jetzigen Klimadaten noch nicht berücksichtigt sind, diese werden jedoch, betrachtet man ein ganzes Jahr, auch weiterhin einen geringeren Zeitanteil ausmachen. Es ist daher auch mit einem geringen Kühlbedarf (Leistung x Zeit) je Wohngebäude zu rechnen. Die Kühllast kann hingegen als Kennwert verwendet werden, welcher die erforderliche Leistung darstellt, um die definierte Raumsolltemperatur (hier im Kühlfall: 25 °C) herzustellen, da diese unabhängig von der tatsächlichen zeitlichen Inanspruchnahme ist. Die Leistung soll daher als Vergleichskennwert verstanden werden und nicht als Aufforderung, dass Wohngebäude aktiv gekühlt werden sollen.

Die Bewertung von Sonnenschutzmaßnahmen erfolgt in einer nachfolgenden Variante, siehe Abschnitt 7.3.

7.1.3. Ökonomische Bewertung

Eine Optimierung der Gebäudeausrichtung, hier beispielhaft durch Erhöhung des Fensterflächenanteils mit Südorientierung idealisiert, kann zu einer Reduzierung der Annuitäten führen. Dieser Ansatz setzt allerdings voraus, dass ein nicht bewusst optimierter Gebäudeentwurf zu einer suboptimalen Lösung geführt hätte. Im Regelfall kann aktuell noch von diesem Umstand ausgegangen werden. Mehrkosten in der Planung können bei einem Betrachtungszeitraum von 50 Jahren als vernachlässigbar angesehen werden (Abbildung 29).

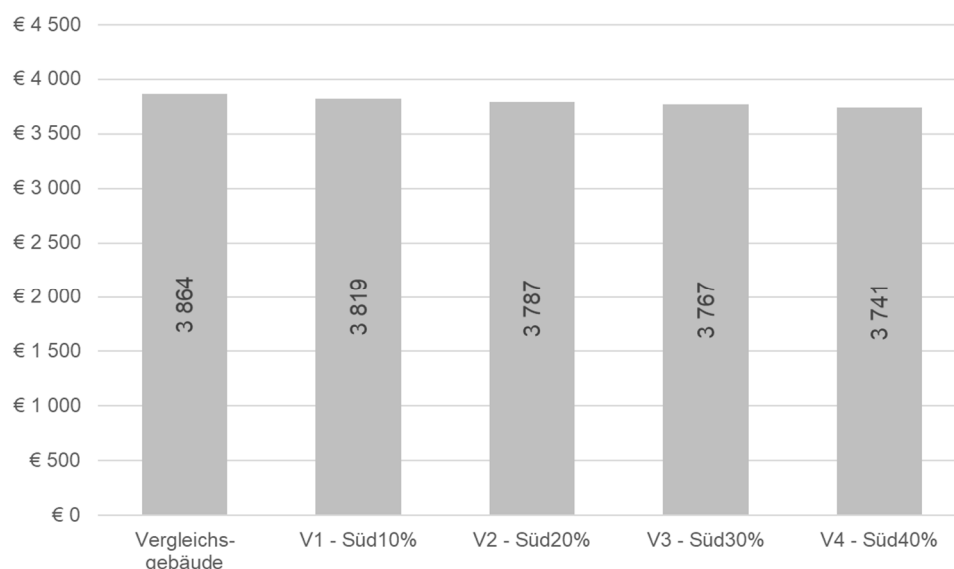


Abbildung 29: Jährliche Annuitäten (gesamt) für Varianten der Maßnahme Optimierung der Gebäudeausrichtung (reduzierte Investitionskosten) (e.D.)

Die differenzierte Betrachtung der einzelnen Einflüsse auf die Annuitäten (Abbildung 30) zeigt, dass eine Verringerung der Lebenszykluskosten aus den reduzierten Investitionen in die Gebäudehülle (negative Annuität) resultieren. Die verbrauchsgebundenen Kosten bleiben konstant, da der Heizwärmebedarf als annähernd gleich angenommen wird.



Abbildung 30: Differenzierung der Annuitäten (gesamt) für die Maßnahme Optimierung der Gebäudeausrichtung (reduzierte Investitionskosten) (e.D.)

Alternativ kann die Darstellung auch über den reduzierten Heizwärmebedarf und ohne Berücksichtigung von Minderkosten erfolgen (Abbildung 31).

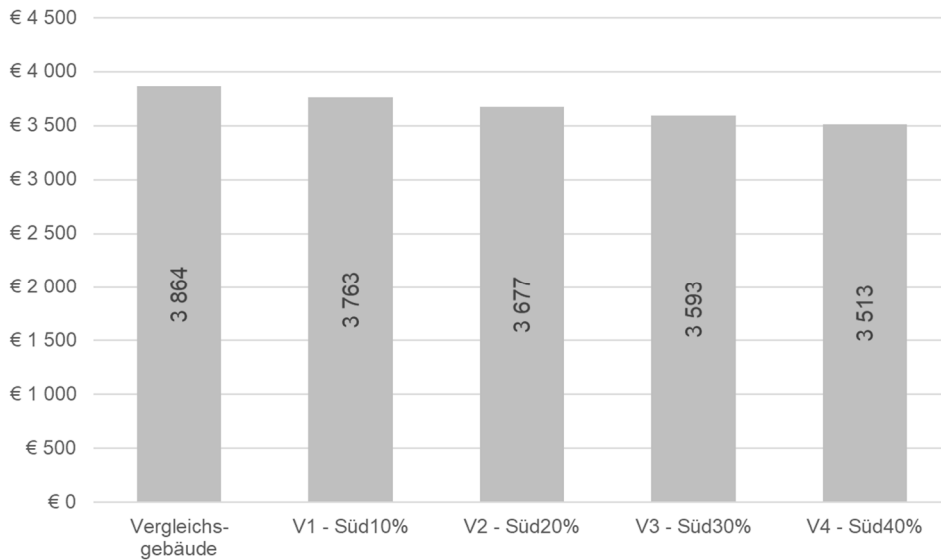


Abbildung 31: Annuitäten (gesamt) für Varianten der Maßnahme Optimierung der Gebäudeausrichtung (reduzierter Heizwärmebedarf) (e.D.)

Sowohl Tendenz und Wert der Annuitäten sind mit der vorherigen Betrachtungsweise vergleichbar. Im Detail unterscheiden sie sich jedoch. Hier setzen sich die Annuitäten nur noch aus den verbrauchsgebundenen Zahlungen und den CO₂-Folgekosten zusammen (Abbildung 32).



Abbildung 32: Differenzierung der Annuitäten (gesamt) für die Maßnahme Optimierung der Gebäudeausrichtung (reduzierter Heizwärmebedarf) (e.D.)

Ein maßgeblicher Einfluss kann hier nur über die Energiepreissteigerung genommen werden. In der Tendenz bleibt die damit verbundene Aussage allerdings erhalten: Eine Optimierung der Gebäudeausrichtung kann zu einer Reduzierung der Lebenszykluskosten führen.

7.2. Fensterflächenanteil

7.2.1. Herleitung

In der verwendeten ZEUS-Datenbank (Abschnitt 5.1) ist der Fensterflächenanteil der Gebäude nicht explizit angegeben und kann auch nicht aus anderen Größen abgeleitet werden. Der Fensterflächenanteil der realisierten Wohnbauprojekte (Abschnitt 5.2) ist aufgrund der Spreizung (min. 12 %; max. 31 %) und der geringen Datenmenge ($n = 10$ Gebäude) nicht repräsentativ. Der Fensterflächenanteil ist jedoch für die weiteren Überlegungen von Bedeutung, weshalb die Herleitung eines begründeten Fensterflächenanteils im Folgenden über den Tageslichtquotienten erfolgt. Dieser wird nach ÖNORM EN 15193-1 (2017) und in Anlehnung an ÖNORM EN 17037 (2019) berechnet.

Als Zielgröße wird in Anlehnung an ÖNORM EN 17037 (2019, S. 17, Tabelle A.3) ein Tageslichtquotient D , für Tageslichtöffnungen mit einer Beleuchtungsstärke von mehr als 300 lx und einem Anteil an Tageslichtstunden von 50 %, in Höhe von 1,9 % angenommen.

Die Berechnung des Tageslichtquotienten D_{CA} erfolgt nach ÖNORM EN 15193-1 (2017) bezogen auf die Rohbauöffnung. Der effektive Tageslichtquotient, der sowohl den Rahmenanteil, den Lichttransmissionsgrad der Verglasung und den nicht senkrechten Strahlungseinfall berücksichtigt, muss daher zunächst auf die Rohbauöffnung umgerechnet werden. Hierzu werden folgende Annahmen getroffen:

- Verglasungsanteil des Fensters: 70 % (Defaultwert)
- Nicht senkrechter Strahlungsanteil: 85 % (Defaultwert)
- Lichttransmissionsgrad der Verglasung: 74 % (Defaultwert)

$$D_{eff} = \frac{1,9\%}{0,70 \times 0,85 \times 0,74} = 4,3\%$$

Die Berechnung des Tageslichtquotienten der Rohbauöffnung D_{CA} erfolgt nach ÖNORM EN 15193-1 (2017), S. 71, Gleichung (F.14) wie folgt:

$$D_{CA} = (4,13 + 20,0 \cdot I_{Tr} - 1,36 \cdot I_{RD}) \cdot I_{Sh} \quad [\%]$$

Für die Berechnung werden vereinfachend folgende Annahmen getroffen:

- Verschattungsindex (I_{Sh}): $I_{Sh} = 0,9$ (Defaultwert)
- Raumtiefenindex (I_{RD}): Tageslichtversorgte Tiefe: $a_D = a_{D,max}$, damit gilt: $I_{RD} = 2,5$
- Transparenzindex (I_{Tr}): $I_{Tr} = A_{Ca} / A_D$; mit tageslichtversorgte Fläche $A_D = BF$

a_D	Tiefe des tageslichtversorgten Bereichs
$a_{D,max}$	maximale Tiefe des tageslichtversorgten Bereichs
A_{ca}	Fläche der Rohbauöffnung des untersuchten Bereichs
A_D	tageslichtversorgter Teilbereich

Der Transparenzindex kann in diesem Zusammenhang als grundflächenbezogener Fensterflächenanteil verstanden werden. Durch Umstellen der obigen Gleichung ergibt sich für einen Tageslichtquotienten $D_{ca} = 4,3\%$ ein Transparenzindex von 0,20 bzw. ein grundflächenbezogener Fensterflächenanteil von 20 %.

Für das Vergleichsgebäude lässt sich somit die Fensterfläche (A_{FE}) in Abhängigkeit der Bruttogrundfläche berechnen:

$$A_{FE} = 0,8 \times BGF \times 0,20 = 0,8 \times 534 \times 0,20 = 85 \text{ m}^2$$

Mit der Fläche A_{FE} können nun noch zwei weitere Vergleichskennwerte gebildet werden:

- Fassadenflächenbezogener Fensterflächenanteil: $85 \text{ m}^2 / 541 \text{ m}^2 = 16 \%$
- Hüllflächenbezogener Fensterflächenanteil: $85 \text{ m}^2 / 941 \text{ m}^2 = 9 \%$

Im Weiteren wird der hüllflächenbezogene Fensterflächenanteil verwendet, da dieser keine konkrete Form der thermischen Gebäudehüllfläche benötigt und damit keine Aufteilung der opaken Bauteilflächen erforderlich ist.

Es erfolgt eine Überprüfung, ob der Bezug auf die Gebäudehüllfläche bei den anderen Gebäuden der Datenmenge (ZEUS-Daten) zu ähnlichen Ergebnissen führt. Dazu wird zunächst eine Auswertung von Bruttogrundfläche zu Bruttovolumen durchgeführt (Abbildung 33).

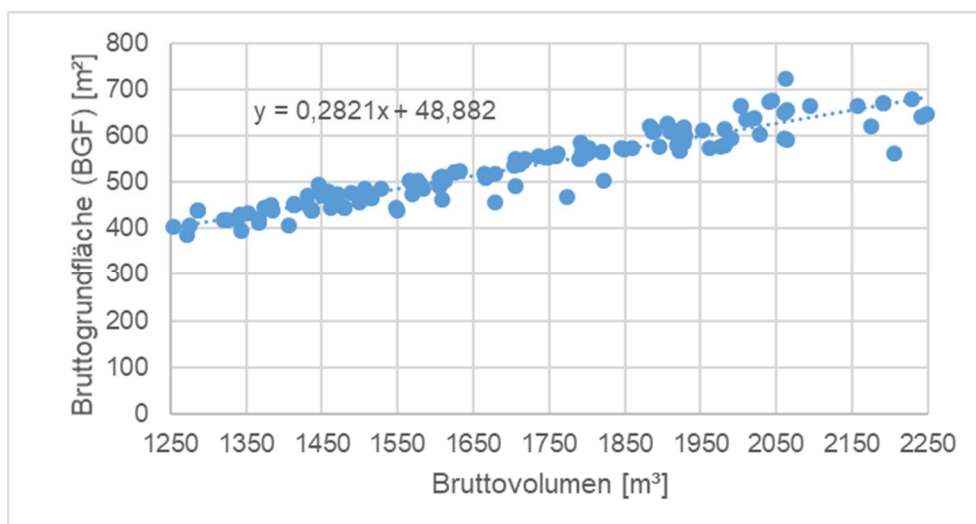


Abbildung 33: Zusammenhang zwischen Bruttogrundfläche und Bruttovolumen (e.D.)

Die Datenauswertung zeigt einen annähernd linearen Zusammenhang zwischen Bruttovolumen (V) und Bruttogrundfläche (BGF), der wie folgt mathematisch beschrieben werden kann:

$$BGF = 0,2821 \cdot V + 48,882[m^2]$$

Im Weiteren wird der oben hergeleitete grundflächenbezogene Fensterflächenanteil von 20 % über die Bruttogrundfläche der Gebäude aus der Datenmenge auf deren Gebäudehüllfläche bezogen (Abbildung 34).

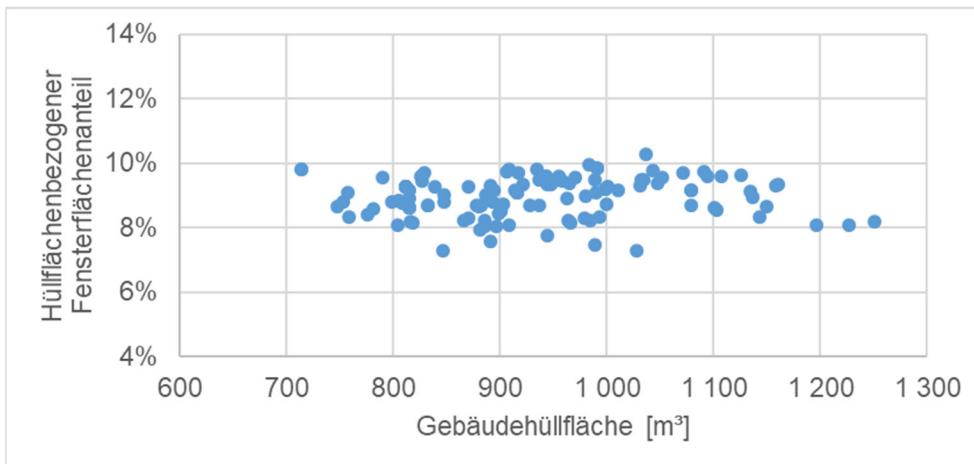


Abbildung 34: Hüllflächenbezogener Fensterflächenanteil (e.D.)

Es zeigt sich, dass die Punkte hauptsächlich in einem Bereich zwischen 8 % und 10 % liegen. Der gewählte Ansatz erscheint somit plausibel.

7.2.2. Einfluss des Fensterflächenanteils auf die Einhaltung des LEK_T -Wertes

Der LEK_T -Wert wird aktuell nach S.BTV (2016), Anlage 2 wie folgt berechnet:

$$LEK_T = \frac{300 \times U_m}{2 + l_c} [-]$$

Während die S.BTV (2016) einen Höchstwert von 22 vorsieht, ist im Rahmen der Wohnbauförderung zum Zeitpunkt der Datenerhebung⁶ ein Höchstwert von 20⁷ einzuhalten.

In Abhängigkeit der charakteristischen Länge, welche eine Kenngröße für die Kompaktheit eines Gebäudes ist, kann der maximale mittlere Wärmedurchgangskoeffizient $U_{m,max,20}$ berechnet werden, mit welchem ein LEK_T -Wert von 20 noch eingehalten wird.

⁶ Stichtag der Datenerhebung sowie der Festlegung der Rahmenbedingungen für alle Berechnungen: 01.07.2020

⁷ Im Laufe der Projektbearbeitung hat sich hier eine Änderung ergeben. Der LEK_T -Wert wurde nach der Datenerhebung für alle Berechnungen auf 22 erhöht.

$$U_{m,max,20} = \frac{20 \times (2 + l_c)}{300} \left[\frac{W}{m^2K} \right]$$

Der mittlere Wärmedurchgangskoeffizient wird nach ÖNORM B 8110-6-1 (2019, Gleichung 63a) berechnet und beinhaltet auch die Transmissionswärmeverluste durch Wärmebrücken.

Die nachfolgende Auswertung der Datenmenge (Abbildung 35) zeigt den mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten in Abhängigkeit der charakteristischen Länge. Die meisten Gebäude liegen in einem Wertebereich von 1,50 m bis 2,00 m.

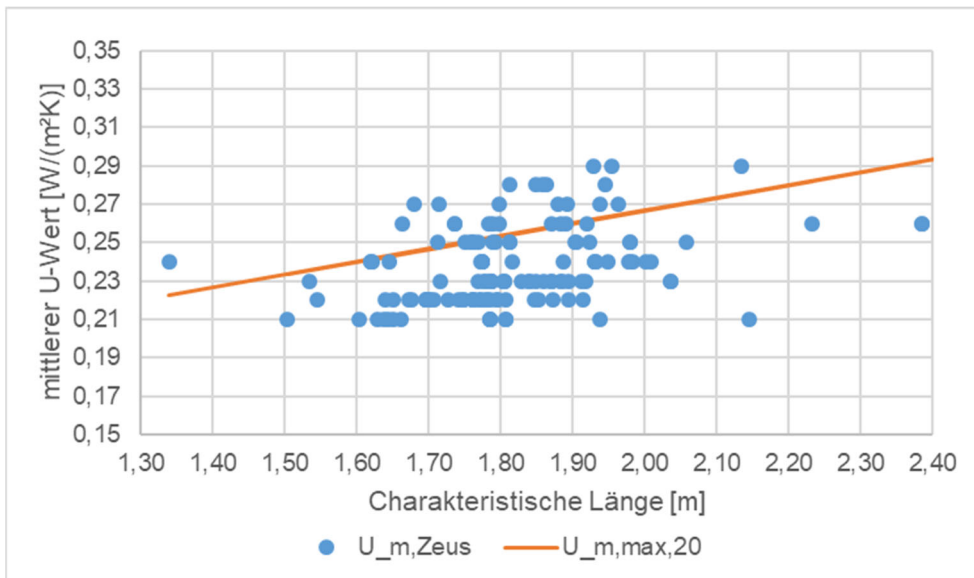


Abbildung 35: Darstellung der Abhängigkeit von mittlerem U-Wert und charakteristischer Länge (e.D)

Im Rahmen der Datenauswertung wurden nicht nur jene Mehrfamilienhäuser betrachtet, die eine Wohnbauförderung erhielten, daher gibt es innerhalb der Datenmenge eine Reihe von Gebäuden, die nur die Anforderung der S.BTV (2016) einhalten und somit den hier betrachteten Höchstwert überschreiten. Zur weiteren Veranschaulichung der Bedeutung der charakteristischen Länge sind in (Abbildung 36) vier Gebäudemodelle abgebildet, die jeweils aus fünf Wohneinheiten gleicher Größe einschließlich der erforderlichen Verkehrsflächen bestehen.

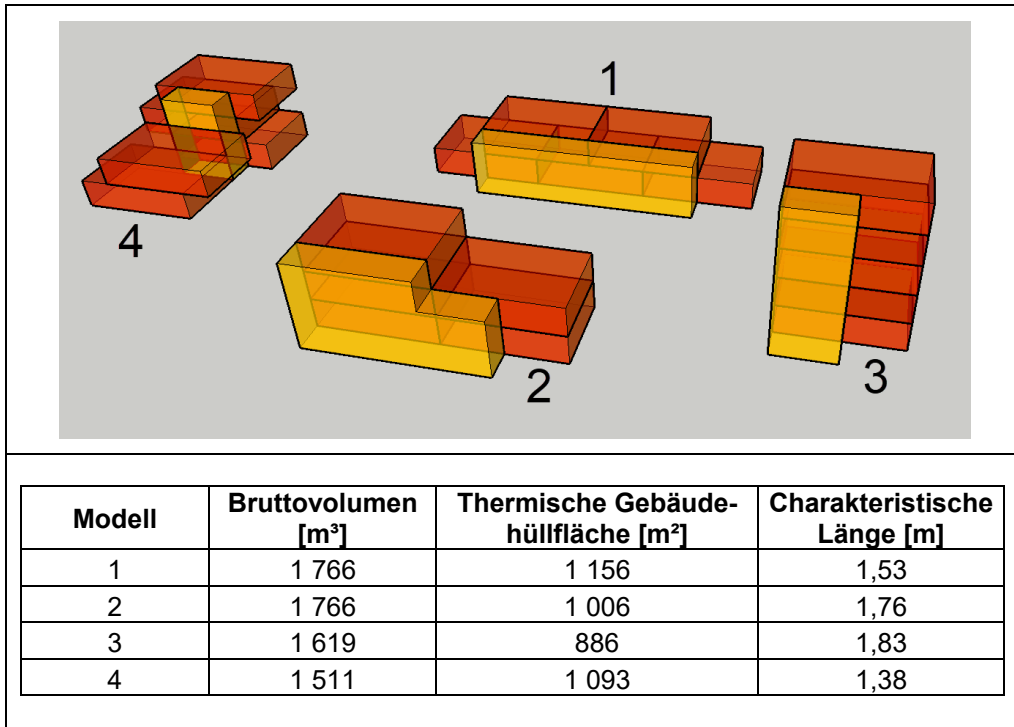


Abbildung 36: Gebäudemodelle mit fünf Wohneinheiten gleicher Größe (e.D.)

Die Modelle 1 und 4 weisen die geringste Kompaktheit auf, während die Modelle 2 und 3 mit ihrer charakteristischen Länge im üblichen Bereich (siehe Abbildung 35) liegen. Allerdings besteht auch für diese Modelle grundsätzlich noch die Möglichkeit die Kompaktheit zu optimieren.

Nachfolgend wird die Gebäudehüllfläche auch in Abhängigkeit des Bruttovolumens für die verwendete Datenmenge ausgewertet (Abbildung 37).

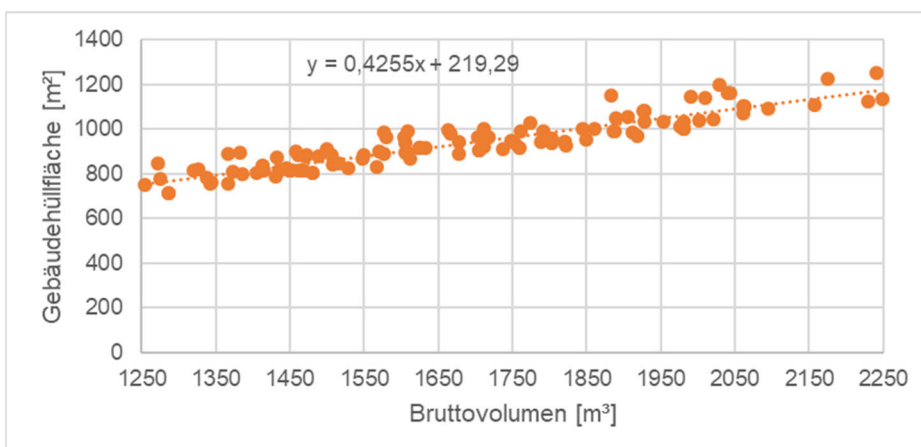


Abbildung 37: Darstellung der Abhängigkeit von Gebäudehüllfläche und Bruttovolumen (e.D.)

Die Auswertung zeigt ähnlich wie für die Bruttogrundfläche eine nahezu lineare Abhängigkeit der Gebäudehüllfläche vom Bruttovolumen. Diese kann mathematisch wie folgt beschrieben werden:

$$A = 0,4255 \times V + 219,29 \text{ [m}^2\text{]}$$

Nachfolgend soll der Einfluss des Fensterflächenanteils auf den maximalen mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten der opaken Bauteile untersucht werden. Die Berechnung des mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten kann in Abhängigkeit des Fensterflächenanteils wie folgt beschrieben werden:

$$U_m = (1 - f_{FE}) \times U_{m,opak} + f_{FE} \times U_{m,W} + \Delta U_{WB} \left[\frac{W}{m^2K} \right]$$

mit

- f_{FE} hüllflächenbezogener Fensterflächenanteil [-];
- $U_{m,opak}$ mittlerer Wärmedurchgangskoeffizient der opaken Bauteile (Außenwand, oberer und unterer Gebäudeabschluss etc.) [W/(m²K)];
- $U_{m,W}$ mittlerer Wärmedurchgangskoeffizient der transparenten Bauteile [W/(m²K)];
- ΔU_{WB} hüllflächenbezogener Wärmebrückenzuschlag [W/(m²K)].

Der maximale mittlere Wärmedurchgangskoeffizient für die opaken Bauteile kann dann wie folgt berechnet werden:

$$U_{m,opak,max} = \frac{U_m - f_{FE} \times U_{m,W} - \Delta U_{WB}}{1 - f_{FE}}$$

In den folgenden Diagrammen (Abbildung 38 bis Abbildung 41) wird der Wert $U_{m,opak,max}$ für verschiedene mittlere Wärmedurchgangskoeffizienten der Fenster ($U_{m,W}$) und Wärmebrückenzuschläge (ΔU_{WB}) in Abhängigkeit des Fensterflächenanteils ausgewertet. Weiters wird die Abhängigkeit vom Gebäudevolumen betrachtet. Die nachstehende Auswertung setzt voraus, dass der mittlere opake Wärmedurchgangskoeffizient nicht kleiner als 0,15 W/(m²K) werden soll.

Die Variante $U_{m,W} = 1,0 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ soll repräsentativ für eine Zweischeibenwärmeschutzverglasung stehen. Eine Dreischeibenverglasung mit einem hohen Rahmenanteil und/oder Sprossen kann jedoch auch diesen Wert erreichen. Die Variante $U_{m,W} = 0,85 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ steht exemplarisch für eine Dreischeibenverglasung.

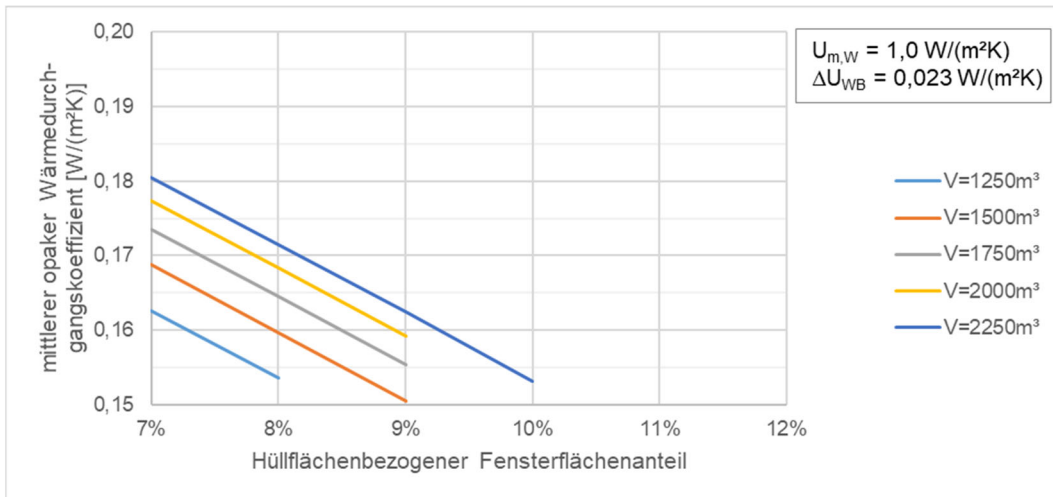


Abbildung 38: Darstellung der Abhängigkeit des $U_{m,opak,max}$ von Fensterflächen und Gebäudevolumen für $U_{m,W} = 1,0 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ und $\Delta U_{WB} = 0,023 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (e.D)

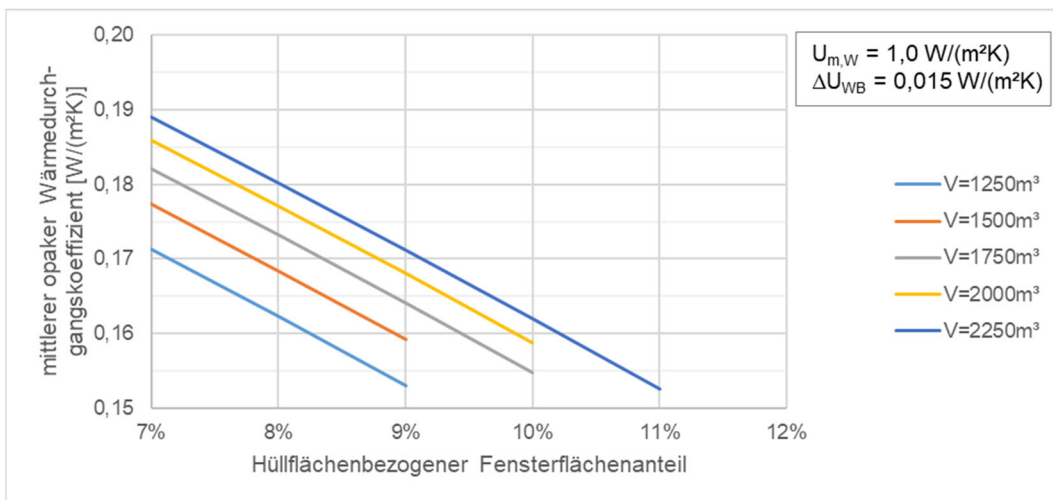


Abbildung 39: Darstellung der Abhängigkeit des $U_{m,opak,max}$ von Fensterflächen und Gebäudevolumen für $U_{m,W} = 1,0 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ und $\Delta U_{WB} = 0,015 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (e.D)

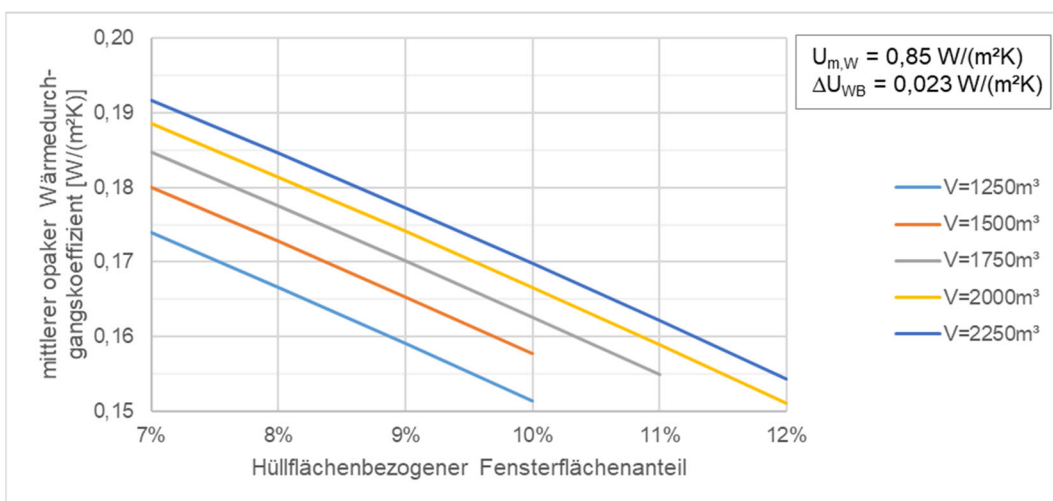


Abbildung 40: Darstellung der Abhängigkeit des $U_{m,opak,max}$ von Fensterflächen und Gebäudevolumen für $U_{m,W} = 0,85 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ und $\Delta U_{WB} = 0,023 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (e.D)

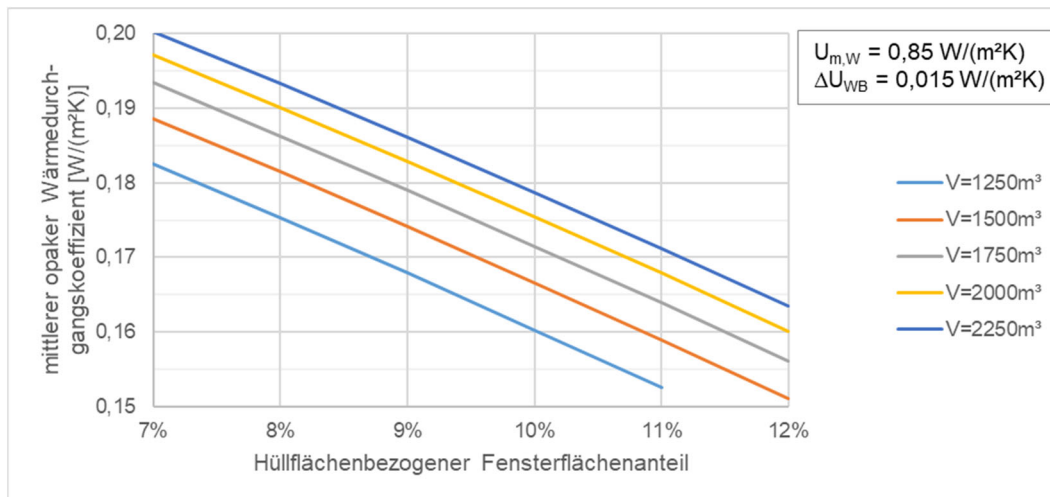


Abbildung 41: Darstellung der Abhängigkeit des $U_{m,opak,max}$ von Fensterflächen und Gebäudevolumen für $U_{m,W} = 0,85 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ und $\Delta U_{WB} = 0,015 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (e.D)

Zunächst kann festgestellt werden, dass mit zunehmendem Gebäudevolumen die Anforderungen an den mittleren opaken Wärmedurchgangskoeffizienten geringer werden. Dies liegt an der damit einhergehenden höheren Kompaktheit des Gebäudes. Weiters kann festgestellt werden, dass bei einem hüllflächenbezogenen Fensterflächenanteil von 9 % (als untere „Grenze“) für die Variante „ $U_{m,W} = 1,0 \text{ W/(m}^2\text{K)} \mid \Delta U_{WB} = 0,023 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ “ (Abbildung 38) ein mittlerer opaker Wärmedurchgangskoeffizient von kleiner $0,16 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ einzuhalten ist. Größere Fensterflächenanteile sind unter den gegebenen Randbedingungen nur noch für Gebäudevolumen größer $2\,250 \text{ m}^3$ möglich. Für kleine Gebäude ist ein solcher Fensterflächenanteil nicht mehr realisierbar. Eine Reduzierung des Wärmebrückenzuschlags auf $0,015 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ würde eine Erhöhung des mittleren opaken Wärmedurchgangskoeffizienten um $0,01 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ bewirken. Ein solcher Wärmebrückenzuschlag verlangt allerdings eine erhöhte Sorgfalt bei der Planung der Anschlussdetails und ist somit auch kostenrelevant. Die Erhöhung eines Wärmedurchgangskoeffizienten von $0,15 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ auf $0,16 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ ist gleichzusetzen mit einer Reduzierung der Dämmstoffdicke um etwa 2 cm bei $\lambda = 0,040 \text{ W/(mK)}$.

Eine Erhöhung des Fensterflächenanteils, z.B. zur Optimierung der solaren Einträge ist nur mit einem verbesserten Fensterbauteil möglich. In Kombination mit einem reduzierten Wärmebrückenzuschlag sind mittlere opake Wärmedurchgangskoeffizienten um $0,16 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ bei einem hüllflächenbezogenen Fensterflächenanteil von 12% möglich.

Bei einer Erhöhung des Fensterflächenanteils ist auch immer der Sommerfall zu beachten, da in gleichem Maße die Gefahr der sommerlichen Überwärmung steigen kann."

7.2.3. Beschreibung

Ein steigender Fensterflächenanteil kann die Investitionskosten für die Bautechnik und auch für die Heizungstechnik erhöhen. Die bautechnischen Mehrkosten, ohne Berücksichtigung etwaiger Mehrkosten für Maßnahmen zur Einhaltung des LEK_T -Werts (siehe Abschnitt 7.2.2), resultieren aus den im

Regelfall deutlich höheren spezifischen Kosten der Fensterfläche im Vergleich zu den spezifischen Kosten der Außenwand. Darüber hinaus können Mehrkosten aufgrund zusätzlicher Sonnenschutzmaßnahmen entstehen. Diese Kosten werden hier jedoch nicht betrachtet, da sich die notwendigen Sonnenschutzmaßnahmen aus einer raumweisen Betrachtung ergeben würden, welche hier nicht stattfindet. Die Mehrkosten auf Seiten der Anlagentechnik ergeben sich gegebenenfalls aus einer erhöhten Heizlast des Gebäudes, da der Wärmedurchgangskoeffizient eines Fensters mindestens viermal so groß ist wie jener einer Außenwand.

7.2.4. Energetische Bewertung

Im Folgenden werden die energetischen Auswirkungen aufgrund verschiedener hüllflächenbezogener Fensterflächenanteile auf das Vergleichsgebäude dargestellt. Hierzu wird dieser ausgehend von 9 % in 1 % Punkt-Schritten erhöht. Diese Erhöhung entspricht etwa 10 m² Fensterfläche.

Tabelle 16: Energetische Bewertung des Vergleichsgebäudes aufgrund verschiedener Fensterflächenanteile

Variante	Vergleichsgebäude	V1 – FE10%	V2 – FE11%	V3 – FE12%
Hüllflächenbezogener Fensterflächenanteil [%]	9	10	11	12
Heizwärmebedarf [kWh/(m²a)]	38,7	38,7	38,7	38,8
Heizlast [W/m²]	25,1	25,4	25,7	26,0
Kühllast [W/m²]	14,0	15,3	16,6	17,9
Verhältnis Kühllast / Heizlast [-]	0,56	0,60	0,65	0,69
Außenwandfläche [m²]	455,9	446,7	437,3	427,9
Fensterfläche [m²]	84,9	94,0	103,5	112,9
Mehrkosten für Fenster (450 €/m²) gegenüber Außenwand (180 €/m²): 270 €/m² [€]	0	2 460	5 020	7 560

Der Heizwärmebedarf bleibt bei dem hier betrachteten Szenario trotz verändertem Fensterflächenanteil nahezu konstant. Dies liegt daran, dass die erhöhten Transmissionswärmeverluste durch zusätzliche solare Gewinne ausgeglichen werden können. Eine andere Konstellation von Wärmedurchgangskoeffizient des Fensters und Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung kann jedoch zu einem anderen Ergebnis führen.

Betrachtet man die spezifischen Heiz- und Kühllasten sieht man, dass sich beide Werte erhöhen, wobei die Kühllasten im Verhältnis stärker ansteigen als die Heizlasten.

7.2.5. Ökonomische Bewertung

Im Zusammenhang mit der energetischen Bewertung hat sich bereits gezeigt, dass für die gewählte Konstellation die verbrauchsgebundenen Zahlungen keinen großen Unterschied machen werden. Die Mehrkosten für Variante V3 in Bezug auf das Vergleichsgebäude in Höhe von 7 560 € bewirken eine Erhöhung der Annuitäten um 400 € bzw. um 10 %, wie in Abbildung 42 zu sehen ist.

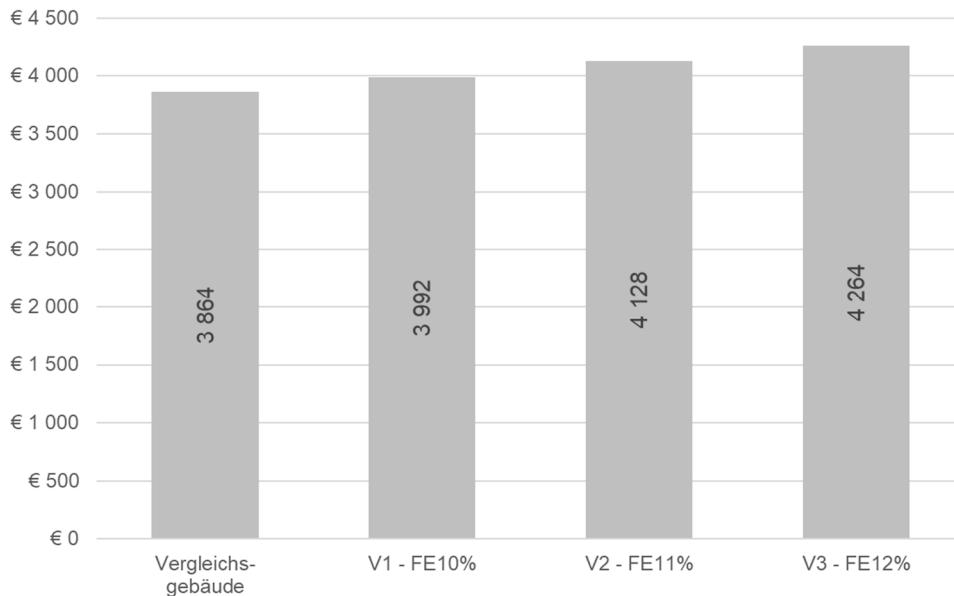


Abbildung 42: Annuitäten (gesamt) für Varianten der Maßnahme Fensterflächenanteil (e.D.)

Die differenzierte Betrachtung der einzelnen Komponenten zeigt, dass die Unterschiede im Wesentlichen aus den Kosten für die Finanzierung und die Ersatzinvestitionen resultieren (Abbildung 43).

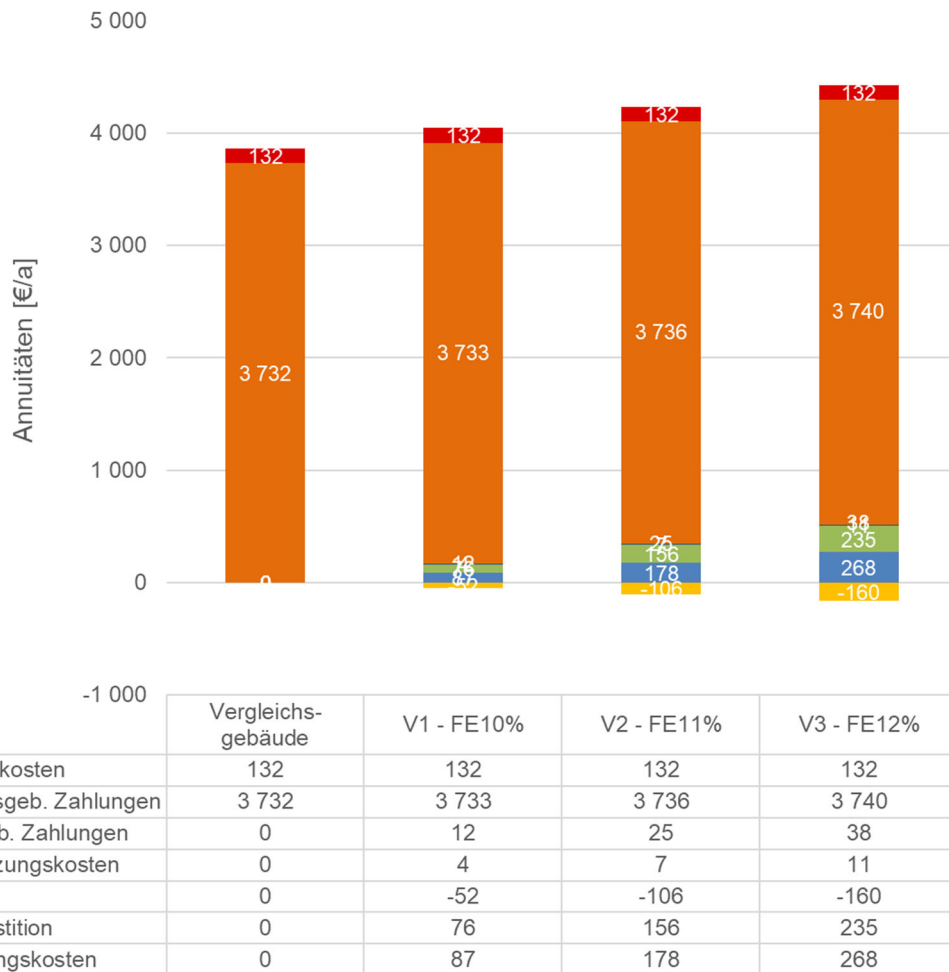


Abbildung 43: Differenzierung der Annuitäten (gesamt) für Varianten der Maßnahme Fensterflächenanteil (e.D.)

Aus dieser Betrachtung kann die Schlussfolgerung gezogen werden, dass der Fensterflächenanteil einen Einfluss auf die Lebenszykluskosten hat. Je größer der transparente Flächenanteil ist, desto größer werden die Annuitäten. Die quantitativen Unterschiede zwischen den Szenarien werden zwar durch die Parameter Inflationsrate, Energiepreissteigerung etc. beeinflusst, die Tendenz bleibt aber bestehen.

7.3. Sonnenschutzmaßnahmen

7.3.1. Beschreibung

Dem Ziel den thermischen Komfort in Innenräumen durch bauliche Maßnahmen, insbesondere bei vermehrtem Auftreten von Hitzetagen, sicherzustellen kann auf verschiedene Weise begegnet werden. (Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2017) Neben einer optimalen Gebäudeausrichtung und einem ausgewogenen Fensterflächenanteil ist die Begrenzung des solaren Eintrags eine weitere mögliche Maßnahme. Dies kann durch eine unbewegliche bauliche Verschattung (z.B. Vordach), bewegliche Sonnenschutzvorrichtungen (z.B. innen- oder außenliegend) oder durch eine

Sonnenschutzverglasung (Gesamtenergiedurchlassgrad $g \leq 40 \%$) erfolgen. Der Wirkungsgrad baulicher Verschattungen in Bezug auf den sommerlichen Wärmeschutz ist grundsätzlich abhängig von der Fassadenorientierung. Aufgrund des hohen Sonnenstands ist deren Wirkung bei Südfassaden deutlich höher als bei einer Ost- oder Westorientierung. Die bauliche Verschattung wird daher hier nicht weiter betrachtet. Der Fokus der Untersuchung liegt auf dem Vergleich einer Sonnenschutzverglasung mit einer Sonnenschutzvorrichtung.

Der wesentliche Unterschied in der Wirkungsweise zwischen einer Sonnenschutzvorrichtung und einer Sonnenschutzverglasung ist der Aktivierungsgrad. Eine Sonnenschutzverglasung wirkt ganzjährig und reduziert somit auch die solaren Gewinne während der Heizperiode. Ein zusätzlicher Blendschutz oder eine Verdunkelungseinrichtung sind häufig trotzdem notwendig. Eine Sonnenschutzvorrichtung kann dagegen an die jeweiligen Anforderungen an den Sonnen- und Blendschutz angepasst werden und somit auch einen höheren Beitrag an solaren Gewinnen während der Heizperiode leisten. Nachteilig könnte sich die im Regelfall erforderliche Aktivierung des Nutzers darstellen. Eine strahlungsabhängige Steuerung kann beispielsweise diesen Nachteil kompensieren, soll im Sinne des Low-Tech Gedankens allerdings hier nicht weiterverfolgt werden. Weiters ist ein außenliegender Sonnenschutz mit höheren Investitionen verbunden als eine Sonnenschutzverglasung. Dagegen reduziert sich bei Sonnenschutzverglasungen häufig der Lichttransmissionsgrad, was zu einer schlechteren Tageslichtversorgung führt.

7.3.2. Energetische Bewertung

In der nachfolgenden Tabelle 17 wird eine Sonnenschutzverglasung mit einem Gesamtenergiedurchlassgrad g von 35 % einer Verglasung mit einem Gesamtenergiedurchlassgrad von 55 % in Verbindung mit einem außenliegenden Sonnenschutz (heller Rollläden) gegenübergestellt. Der Sonnenschutz wird im Heizfall als nicht geschlossen und im Kühlfall als $\frac{3}{4}$ geschlossen angenommen, sodass noch Tageslicht in den Raum gelangen kann. Der Vergleich wurde für einen hüllflächenbezogenen Fensterflächenanteil von 9 % und 12 % durchgeführt.

Tabelle 17: Energetische Bewertung des Vergleichsgebäudes aufgrund verschiedener Sonnenschutzmaßnahmen

Varianten	Vergleichsgebäude	V1 – Rollläden – FE12%	V2 – SSV – FE9%	V3 – SSV – FE12%
Sonnenschutz	Rollläden ($\frac{3}{4}$ geschlossen, Kühlfall)		Sonnenschutzverglasung	
Hüllflächenbezogener Fensterflächenanteil [%]	9	12	9	12
Heizwärmebedarf [kWh/(m²a)]	38,7	38,8	42,9	44,0
Heizlast [W/m²]	25,1	26,0	25,6	26,7

Varianten	Vergleichsgebäude	V1 – Rollläden – FE12%	V2 – SSV – FE9%	V3 – SSV – FE12%
Kühllast [W/m²]	7,8	9,7	9,6	12,1
Fensterfläche [m²]	84,9	112,9	84,9	112,9
Mehrkosten [€]:	Fenster:	Fenster:	Fenster:	Fenster:
Fenster: 270 €/m²	0	7 560	0	7 560
(siehe Tabelle 16)	Rollläden:	Rollläden:	SSV:	SSV:
Rollläden: 150 €/m²	12 735	16 935	8 150	10 838
Sonnenschutzverglasung (SSV): 96 €/m²	Summe:	Summe:	Summe:	Summe:
	12 735	24 495	8 150	18 398

Während der außenliegende Sonnenschutz aufgrund der zuvor beschriebenen Annahmen keine Veränderung im Vergleich zu Tabelle 16 zeigt, erhöht sich der Heizwärmebedarf bei der Variante V2 (Sonnenschutzverglasung) mit einem hülfflächenbezogenen Fensterflächenanteil von 9 % um etwa 11 %. Ein Fensterflächenanteil von 12 % führt zu einer Erhöhung von etwa 14 %. Die Kühllast reduziert sich im Vergleich zu den Berechnungen in Abschnitt 7.1.2 erwartungsgemäß deutlich um etwa 44 % (Vergleichsgebäude inkl. Rollläden) bzw. 31 % (V2) bei der Variante mit Sonnenschutzverglasung und 9 % Fensterfläche.

7.3.3. Ökonomische Bewertung

Die beiden Grundvarianten – außenliegender Sonnenschutz und Sonnenschutzverglasung – zeigen jeweils bei höherem Fensterflächenanteil auch eine höhere Annuität, was aus dem bereits weiter oben (Abschnitt 7.2) beschriebenen Umstand resultiert, dass für das betrachtete Szenario mit dem höheren Fensterflächenanteil keine Reduzierung des Heizwärmebedarfs einhergeht. Der Systemvergleich (Abbildung 44) zeigt wiederum, dass die höheren Investitionskosten beim außenliegenden Sonnenschutz aus der Gegenüberstellung nicht ablesbar sind, da die Annuitäten für beide Fensterflächenanteile vergleichbar sind.

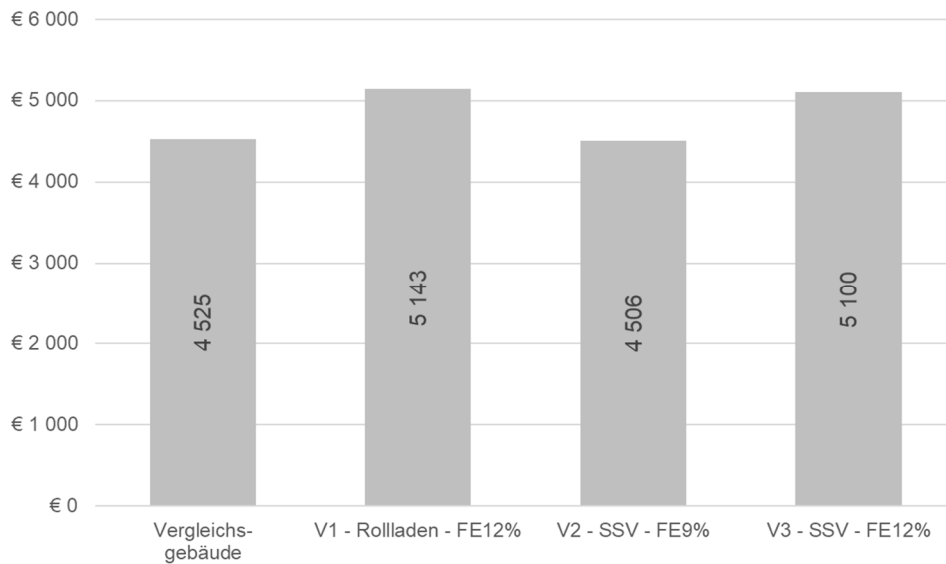


Abbildung 44: Annuitäten (gesamt) für Varianten der Maßnahme Sonnenschutz (e.D.)

Die gleichbleibenden verbrauchsgebundenen Kosten innerhalb der jeweiligen Systeme können in der nachstehenden differenzierten Aufteilung (Abbildung 45) der Kosten abgelesen werden. Weiters ist erkennbar, dass die Ersatzinvestitionen und die Finanzierungskosten für die Unterschiede in der Gesamtannuität verantwortlich sind.

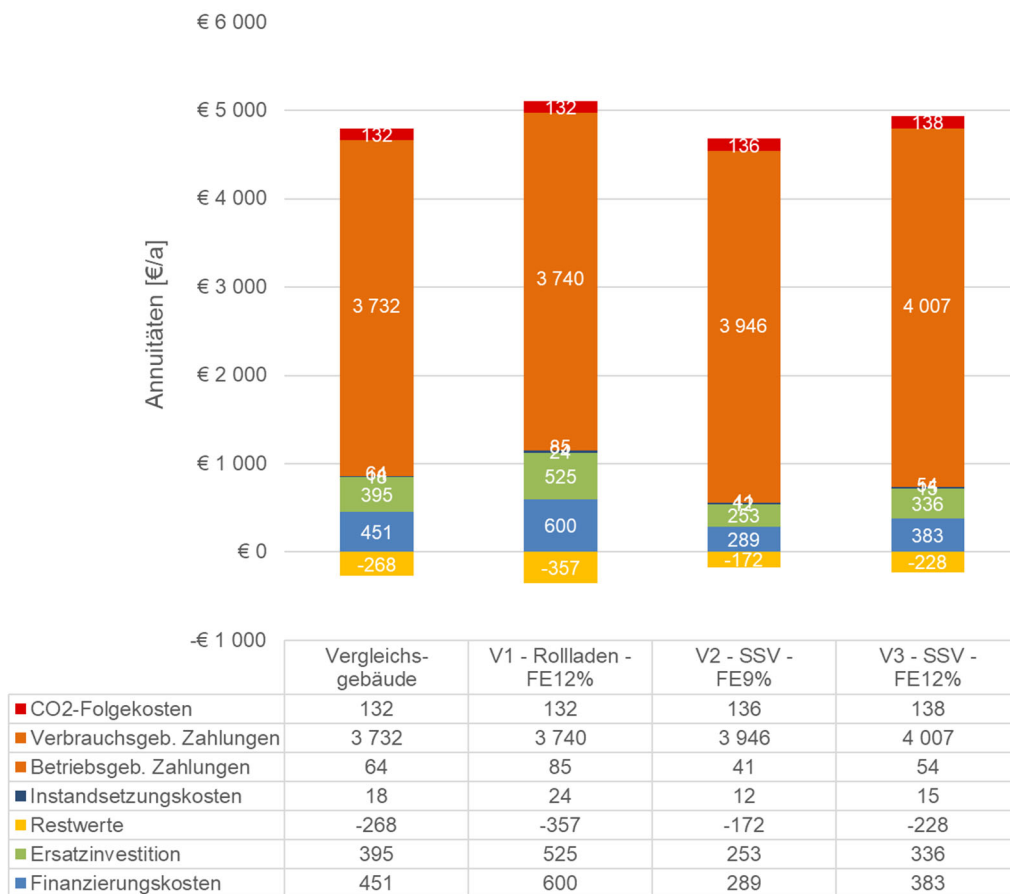


Abbildung 45: Differenzierte Annuitäten (gesamt) für Varianten der Maßnahme Sonnenschutz (e.D.)

Als ergebnissensitiv zeigt sich hier die Inflationsrate. Je höher diese angesetzt wird, desto ungünstiger schneidet das System „Außenliegender Sonnenschutz“ ab. Dieser Parameter wirkt sich auf die Ersatzinvestitionen aus, welche bei diesem System höher sind.

7.4. Monolithische Bauweise

7.4.1. Herleitung

Vorbemerkung

In mehrgeschossigen Wohnbauten, die in massiver Bauweise errichtet werden, wird der Wärmeschutz bei Außenwänden meist mittels eines Wärmedämmverbundsystems erstellt (Hasler & Alb, 2016, S.10f). Die Ursache dafür kann unter anderem darin gesehen werden, dass durch diese Bauweise im Vergleich zu einer monolithischen Bauweise schlankere Konstruktionen verwendet werden können, die zusätzlich einen geringeren Wärmedurchgangskoeffizienten aufweisen, siehe Abbildung 46.

Im Folgenden soll daher beispielhaft für Mauerwerkswände untersucht werden, ob eine bessere energetische Bewertung auch zu einer günstigeren ökologischen Bewertung führt. Mit diesem Vergleich soll und kann keine grundsätzliche Antwort auf diese Frage gegeben werden. Dies ist im Rahmen des Forschungsprojektes nicht möglich. Vielmehr soll damit eine Diskussion initiiert werden, ob weitere Anforderungen an die Ressourceneffizienz notwendig sind.

Vergleich Wärmedämmverbundsystem & monolithische Außenwand

Als Folge der zunehmenden Temperaturvariabilität, aber auch bei einer Zunahme an Extremwetterereignissen wie Starkregen, Hagel oder Wind, wird eine erhöhte physikalische Beanspruchung von Gebäuden erwartet. Potenziell vulnerabel könnten Verbundstoffe durch thermische Spannungen, große Bauteile durch Dehnungen sowie Fassadenputze sein. (Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2017) Daher soll das monolithische Mauerwerk als Low-Tech Maßnahme untersucht werden.

Die Möglichkeit zur Vermeidung von teilweise schwer recyclebaren Verbundkonstruktionen, wie ein Wärmedämmverbundsystem, sollte im Vergleich mit einer monolithischen Außenwand in Betracht gezogen werden.

Mauerwerksteine mit guten wärmedämmenden Eigenschaften gibt es in diesem Zusammenhang in den Wandstärken 36,5 cm, 38 cm, 42 cm, 44 cm und 50 cm. Für den mehrgeschossigen Wohnungsbau gibt es aufgrund der höheren erforderlichen Druckfestigkeiten Mauerwerkssteine mit einer Wärmeleitfähigkeit von 0,10 bis 0,14 W/(mK) bzw. mit Dämmstoff gefüllte Steine mit Werten von 0,08 bis 0,10 W/(mK) (Baubook GmbH, Wienerberger Österreich GmbH). In Abbildung 46 sind die damit erreichbaren Wärmedurchgangskoeffizienten (ohne zusätzliche Putzschichten) sowie zum Vergleich der

Wärmedurchgangskoeffizient einer Wärmedämmschicht mit einer Dicke von 20 cm ($\lambda = 0,035$ W/(mK)) dargestellt.

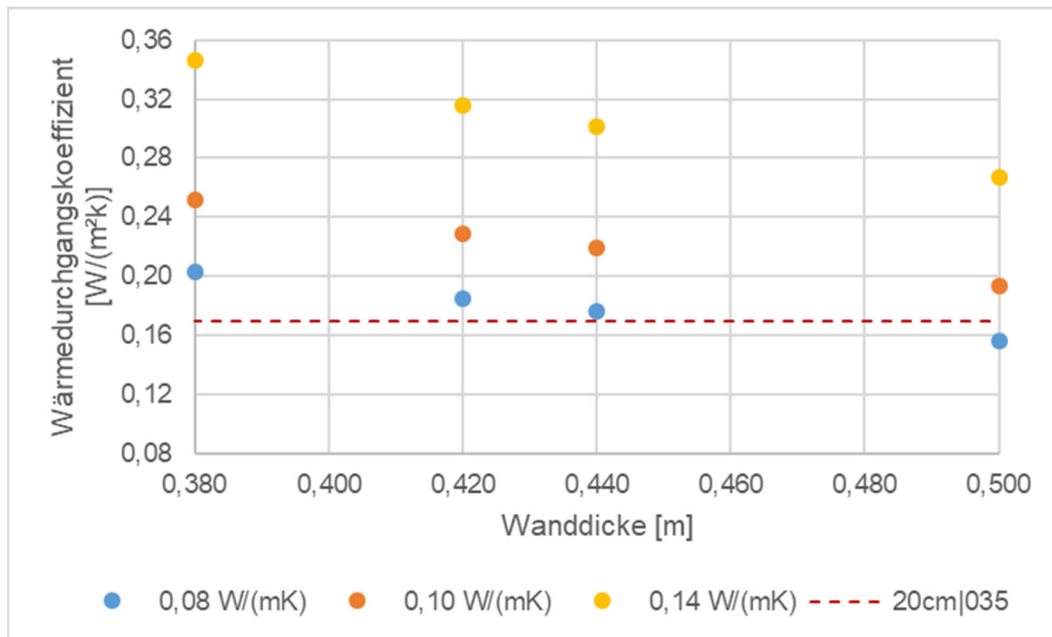


Abbildung 46: Vergleich verschiedener Außenwandaufbauten nach Mauerwerksdicke und U-Wert

Mit einer Wanddicke von 38 cm (17,5 cm Wandbildner und 20 cm Wärmedämmung) kann ein Wärmedurchgangskoeffizient von etwa 0,16 W/(m²K) erreicht werden. Die weiteren Überlegungen werden auf eine Mauerwerksdicke von 38 cm bezogen, um eine vergleichbare Konstruktionsfläche zu erhalten.

Weiters wird im Nachfolgenden anhand von drei Wirkungskategorien (= Bestandteile des OI3-Wertes) der Unterschied eines Mauerziegels mit und ohne Dämmstofffüllung dargestellt. Die Werte sind Umweltproduktdeklarationen für die Module A1-A3 (ÖNORM EN 15804, 2020) entnommen. Die beiden Mauerziegel sollen mit einer Außenwand aus Hohlblock-Mauerstein aus Leichtbeton verglichen werden, die mit einem Wärmedämmverbundsystem (WDVS), hergestellt aus Steinwolle-Putzträgerlamellen, bekleidet ist. Die Putzschichten werden nicht berücksichtigt, da diese bei allen drei Varianten vorhanden wären.

Tabelle 18: Vergleich verschiedener Außenwandkonstruktionen nach Wirkungskategorien

Wirkungskategorie	Mauerziegel ohne Dämmstofffüllung, d = 38 cm ³⁾	Mauerziegel mit Dämmstofffüllung, d = 38 cm ³⁾	Mauerwerk ¹⁾ , d = 17,5 cm mit Steinwolle-Putzträgerlamelle ²⁾ , d = 20 cm
Nicht erneuerbare Primärenergie, total	1 300 MJ/m ³ bzw. 494 MJ/m ²	1 780 MJ/m ³ bzw. 676 MJ/m ²	Mauerwerk: 305 MJ/m ³ bzw. 53 MJ/m ² Wärmedämmung: 2.999 MJ/m ³ bzw. 599 MJ/m ² Gesamt: 652 MJ/m ²
Treibhausgaspotential	138 kgCO ₂ -Äq./m ³ bzw. 52 kgCO ₂ -Äq./m ²	177 kgCO ₂ -Äq./m ³ bzw. 67 kgCO ₂ -Äq./m ²	Mauerwerk: 64 kgCO ₂ -Äq./m ³ bzw. 11 kgCO ₂ -Äq./m ² Wärmedämmung: 270 kgCO ₂ -Äq./m ³ bzw. 54 kgCO ₂ -Äq./m ² Gesamt: 65 kgCO ₂ -Äq./m ²
Versauerungspotential	0,197 kgSO ₂ -Äq./m ³	0,357 kgSO ₂ -Äq./m ³	Mauerwerk: 0,107 kgSO ₂ -Äq./m ³ bzw. 0,019 kgSO ₂ -Äq./m ² Wärmedämmung: 1,974 kgSO ₂ -Äq./m ³ bzw. 0,395 kgSO ₂ -Äq./m ² Gesamt: 0,413 kgSO ₂ -Äq./m ²

¹⁾ Hohlblock-Mauerstein aus Leichtbeton aus natürlichen Zuschlägen (Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (Deutschland), 2020, ÖKOBAUDAT)

²⁾ Steinwolle-Putzträgerlamelle (Baubook GmbH, 2020)

³⁾ Hochlochziegel (Baubook GmbH, 2020)

Der Vergleich der Bauweisen zeigt, dass der Mauerziegel ohne Dämmstofffüllung bei der Herstellung in allen Wirkungskategorien besser abschneidet. Allerdings hat dieser auch den höchsten Wärmedurchgangskoeffizienten mit 0,25 W/(m²K) im Vergleich zur Außenwand mit Wärmedämmverbundsystem (0,16 W/(m²K)). Im Nachfolgenden soll daher vorab abgeschätzt werden, wieviel Heizwärmeenergie durch den Mauerziegel mit WDVS eingespart werden kann, um die Mehremissionen bei der Herstellung auszugleichen.

Das Vergleichsgebäude hat eine Außenwandfläche von etwa 456 m². Im Rahmen der Herstellung eines Mauerziegels mit WDVS werden somit etwa 5 900 kgCO₂-Äq. mehr ausgestoßen. Dies bringt CO₂-Folgekosten (bei 187 €/t) von etwa 1 100 € mit sich. Weiters betragen die Mehrkosten (Tabelle 13) für den Mauerziegel mit WDVS etwa 50 €/m² bzw. 22 800 € für die gesamte Außenwandfläche. Auf einen Betrachtungszeitraum von 50 Jahren bezogen und einem durchschnittlichen Energiepreis von 0,10 €/kWh müsste der Mauerziegel mit WDVS also mindestens 4 600 kWh/a Endenergie einsparen. Eine Vergleichsrechnung mit PHPP zeigt für die Ausgangsvariante lediglich eine Einsparung von etwa 3 100 kWh/a.

Mit dieser vereinfachten Herleitung soll dargestellt werden, dass es bei der Beschreibung von Anforderungen mit ausschließlicher Bezugnahme auf den Wärmedurchgangskoeffizienten eines Bauteils zu Fehlinterpretationen und -entwicklungen kommen kann.

Bewertung im Rahmen der Wohnbauförderung

Im Rahmen der Wohnbauförderung kann bei einer Förderung der Errichtung von Mietwohnungen eine ökologische Baustoffwahl durch den Baustoff-Primärenergieindikator B_i (S.WVF, 2015, Anlage B) berücksichtigt werden. In diesem Indikator werden sowohl der für die Herstellung erforderliche nicht erneuerbare Primärenergieaufwand der verwendeten Baustoffe sowie deren Treibhauspotential bewertet. Der Baustoff-Primärenergieindikator fließt zusammen mit dem Primärenergieindikator P_i, der für den Energieaufwand während der Nutzung steht, in den Nachhaltigkeits-Primärenergieindikator N_{i30} ein. Der Indikator bezieht sich auf eine Nutzungsdauer von 30 Jahren. In Abhängigkeit des Nachhaltigkeits-Primärenergiefaktors können Zuschlagspunkte berechnet werden (S.WVF, 2015, Anlage B), die zu einer Erhöhung der Fördersumme führen.

Zukünftige Bedeutung der Ressourceneffizienz

Die stärker in den Fokus rückende Bedeutung der Ressourceneffizienz (Europäische Kommission, 2019) führt dazu, dass zukünftig auch die verwendeten Baustoffe differenzierter bewertet werden müssen. Bei der Förderung zur Errichtung von Mietwohnungen wird, mit der Kombination der beiden Primärenergieindikatoren für die Herstellung der Baustoffe und den Betrieb des Gebäudes im Nachhaltigkeits-Primärenergieindikator, dieser Bedeutung zwar bereits Rechnung getragen. Allerdings ist durch diese Kombination die Bedeutung der Baustoffe, z.B. von einem Massivbau wie in diesem Projekt betrachtet, nicht ablesbar. Weiters gibt es keine Anforderungen an die Ressourceneffizienz. Die Verwendung von ökologischen Baustoffen führt zu einem Bonus. Hier erscheint es zielführend, eine Umkehr der Förderung in Betracht zu ziehen, das heißt, dass einerseits keine Verwendung von ökologischen Baustoffen zu einem Malus führt und andererseits ein zusätzlicher Anforderungswert eingeführt wird, der die Ressourceneffizienz bewertet. Diese kann dann sowohl ausgewählte Wirkungsindikatoren der Ökobilanz, die Nutzungsdauer sowie die Wiederverwendbarkeit der verwendeten Baustoffe berücksichtigen.

7.4.2. Beschreibung

Nachdem zuvor gezeigt wurde, dass eine ökologische Bewertung der herstellungsbedingten Energieströme und Emissionen zu anderen Lösungen führen kann, sollen diese Überlegungen auch einer energetischen und ökonomischen Bewertung unterzogen werden. Hierzu werden an dem Vergleichsgebäude eine Außenwand mit einem Wärmedämmverbundsystem (mit einem Wärmedurchgangskoeffizienten von $0,17 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$), einem Mauerziegel mit Dämmstofffüllung ($0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$) sowie einem Mauerziegel ohne Dämmstofffüllung ($0,25 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$) verglichen. Alle drei Außenwandkonstruktionen haben eine Wanddicke von etwa 40 cm, sodass keine relevanten Veränderungen des Bauvolumens oder der nutzbaren Fläche zur berücksichtigen sind.

7.4.3. Energetische Bewertung

Die energetische Bewertung soll auch an dieser Stelle für die beiden hüllflächenbezogenen Fensterflächenanteile 9 % und 12 % erfolgen.

Tabelle 19: Energetische Bewertung des Vergleichsgebäudes bei unterschiedlicher Außenwandkonstruktionen

Variante	Ver- gleichsge- bäude	V1 – U17 – FE12	V2 – U20 – FE9	V3 – U20 – FE12	V4 – U25 – FE9	V5 – U25 – F12
Außenwandkon- struktion	Außenwand mit WDVS, $U = 0,17 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	Mauerziegel mit Dämmfüllung, $U = 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$		Mauerziegel ohne Dämmfüllung, $U = 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$		
Hüllflächenbe- zogener Fens- terflächenanteil [%]	9	12	9	12	9	12
Heizwärmebe- darf [kWh]/(m²a)]	38,7	38,8	41,6	41,4	45,7	45,2
Heizlast [W/m²]	25,1	26,0	26,2	27,0	27,8	28,5
Heizenergiebe- darf [kWh]/(m²a)]	42,6	42,7	45,5	45,4	49,8	49,4
Heizenergiebe- darf [kWh/a]	18 188	18 254	19 445 (+7%)	19 402 (+6%)	21 296 (+17%)	21 099 (+16%)
Mehrkosten [€]: Fenster: 270 €/m² (Tabelle 16)	Mauerwerk: 80 €/m ² WDVS: 100 €/m ²		Mauerziegel mit Dämmstofffüllung: 160 €/m ²		Mauerziegel ohne Dämmstofffüllung: 130 €/m ²	
	82 080	84 600	72 960	76 040	59 280	63 200

Der Heizwärmebedarf nimmt erwartungsgemäß mit steigendem Wärmedurchgangskoeffizienten zu. Der Effekt, dass sich mit steigendem Fensterflächenanteil auch der Heizwärmebedarf erhöht, ist bei den Varianten mit Mauerziegel allerdings nicht erkennbar. Hier zeigt sich der Einfluss der zusätzlichen solaren Einträge und des Verhältnisses von Transmissionswärmeverlusten des Fensters zu denen der Außenwand. Bezogen auf den Heizenergiebedarf zeigt sich eine Erhöhung von etwa 3.100 kWh/a (17 %) bzw. etwa 2 850 kWh/a (16 %). Aus Sicht des nutzungsbedingten Energiebedarfs würde sich der niedrigere Wärmedurchgangskoeffizient als sinnvolle Lösung darstellen. Wie zuvor aber gezeigt, werden damit je nach Ausführungsvariante die herstellungsbedingten Mehraufwendungen nicht kompensiert.

7.4.4. Ökonomische Bewertung

Die Annuitäten (Abbildung 47) zeigen für die beiden Mauerziegelvarianten und für beide Fensterflächenanteile eine Unterschreitung von etwa 12 % bzw. etwa 16 % gegenüber der Mauerwerkswand mit Wärmedämmverbundsystem. Ursächlich hierfür sind die höheren Investitionskosten und den aus der geringeren Nutzungsdauer des Wärmedämmverbundsystems resultierenden Ersatzinvestitionen für die Ausgangsvariante.

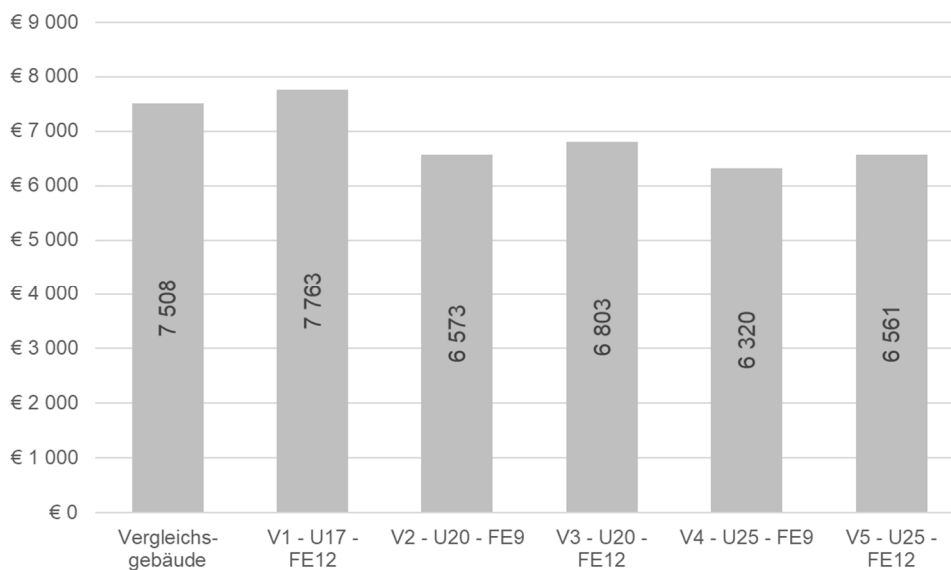


Abbildung 47: Annuitäten (gesamt) für Varianten der Maßnahme Monolithische Bauweise (e.D.)

Die differenzierte Bewertung (Abbildung 48) zeigt, dass die Ersatzinvestitionen für das Wärmedämmverbundsystem die Unterschiede in den Annuitäten prägen. In geringerem Maße sind es zusätzlich noch die Finanzierungskosten, bedingt durch die höheren Investitionskosten.

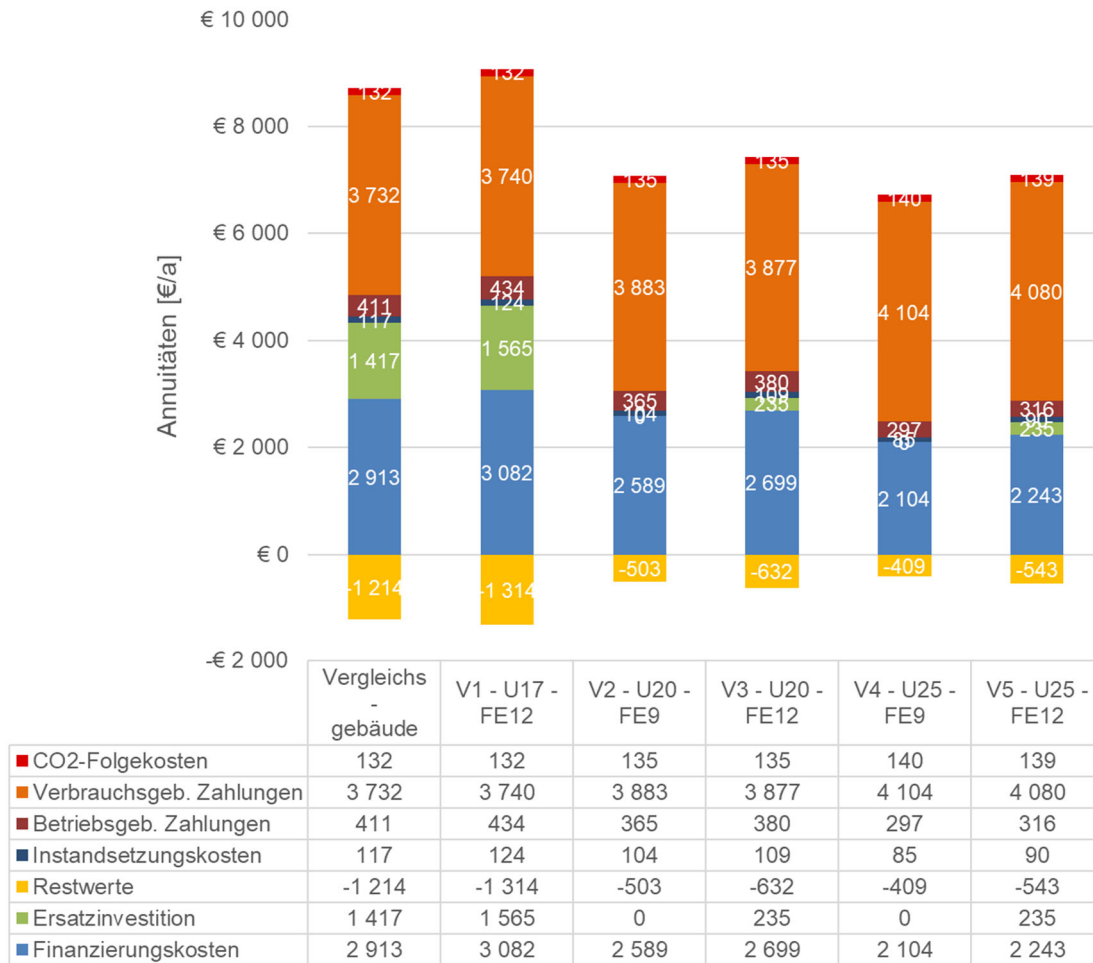


Abbildung 48: Differenzierte Annuitäten (gesamt) für Varianten der Maßnahme Monolithische Bauweise (e.D.)

Die Annuitäten gleichen sich mit einer höheren Energiepreissteigerung an. Diese müsste etwa bei 7 % (anstelle der angenommenen 1,3 %) liegen, dass die Annuitäten über die Varianten hinweg etwa identische wären. Wohingegen höhere Inflationsraten und Bankzinsen den Abstand zwischen den Annuitäten vergrößern.

7.5. Wohnungslüftungsanlage

7.5.1. Beschreibung

Anhand einer bedarfsgeführten Abluftanlage können die Mindestanforderungen an den Feuchteschutz sowie an die Raumluftqualität in Wohnungen mit dem geringsten technischen Aufwand sichergestellt werden. Die Lüftung kann nutzerunabhängig erfolgen, was insbesondere bei berufstätigen Bewohnern und Bewohnerinnen von Bedeutung ist, da in Zeiten der Abwesenheit im Regelfall keine Fensterlüftung möglich ist. Die nutzungsbedingten Feuchtebelastungen durch Körperpflege, Kochen sowie eigene Feuchteabgabe, die von Bauteilen und Einrichtungsgegenständen absorbiert wurden, sind idealerweise kontinuierlich abzuführen, weshalb eine nutzerunabhängige Lüftung bevorzugt werden sollte. Ein weiterer Vorteil ist, dass ein bestimmter Anteil am Luftwechsel, je nach Auslegung der Anlage,

unabhängig vom Wetter (Druckdifferenz zwischen innen und außen infolge von Wind und/oder Temperaturdifferenz) durch die Abluftanlage gewährleistet werden kann. Die Abluftanlagen können mit geringem Installationsaufwand durch Einzelraumventilatoren hergestellt werden. Der Nachteil dieser Anlagen ist, dass sie in energetischer Hinsicht wie Fensterlüftung zu bewerten sind und die Lüftungswärmeverluste einen rechnerischen Anteil von etwa 40 % an den Wärmeverlusten haben (Abbildung 49).

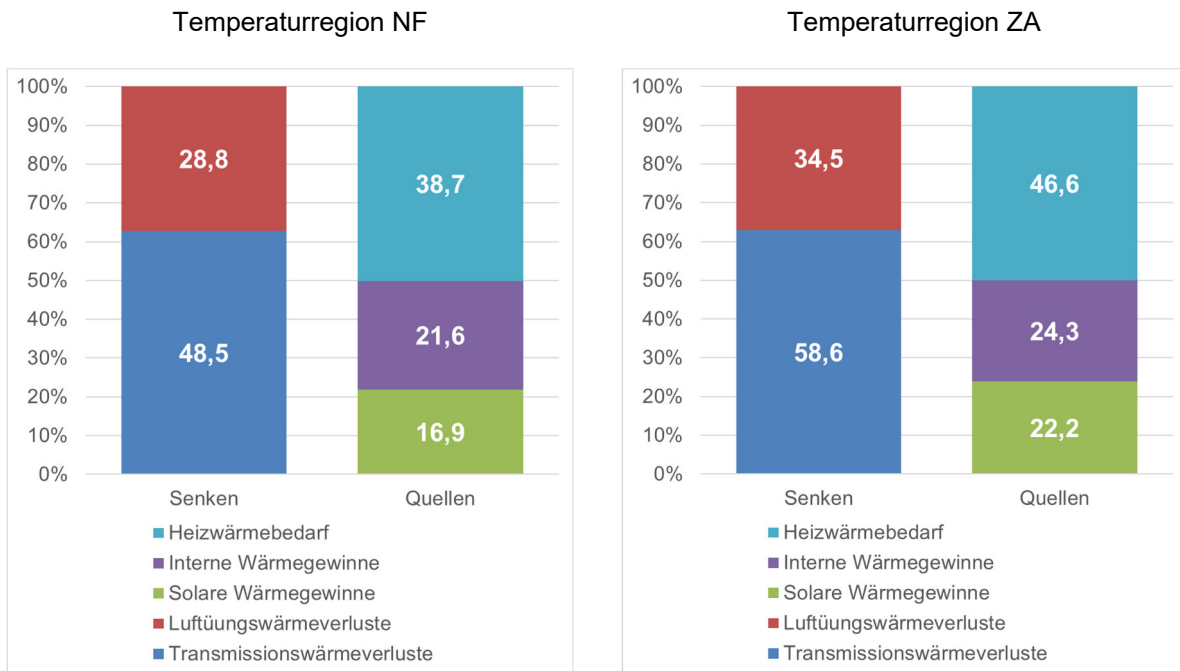


Abbildung 49: Heizwärmebilanz des Vergleichsgebäudes mit Abluftanlage für die beiden Temperaturregionen im Land Salzburg (e.D.)

Für eine Absenkung des Heizwärmebedarfs bedarf es demnach Lösungen, die eine Reduzierung der Lüftungswärmeverluste ermöglichen ohne dabei hygienische Mindestanforderungen zu unterschreiten oder die Raumluftqualität zu verschlechtern. Die technische Lösung hierfür ist die Wärmerückgewinnung. Dazu bedarf es jedoch Lüftungsanlagen mit einer Zu- und Abluftführung, damit eine Übergabe des Energiegehalts der wärmeren Abluft an die kältere Außenluft zur Vorerwärmung der Zuluft erfolgen kann. Es sind hierzu auf dem Markt verschiedene Lösungen verfügbar, von Einzelraumlüftungsgeräten bis hin zu zentralen Wohnungslüftungsanlagen in Mehrfamilienhäusern mit Wärme- und Feuchterückgewinnung.

Im Weiteren soll eine wohnungszentrale Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung und horizontaler Leitungsführung (Außen- und Fortluftdurchlässe werden in der Außenwand angeordnet) bewertet werden. Wohnungszentrale Anlagen haben in Mehrfamilienhäusern den Vorteil, dass sie ohne großen Regelungsaufwand an das Nutzungsverhalten der jeweiligen BewohnerInnen angepasst werden können und keine bautechnischen Mehrkosten zur Sicherstellung des Schall- und Brandschutzes erforderlich werden.

7.5.2. Energetische Bewertung

Der rechnerische Vergleich einer bedarfsgeführten Abluftanlage mit einer wohnungszentralen Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung soll wiederum für einen hüllflächenbezogenen Fensterflächenanteil von 9 % und 12 % erfolgen.

Tabelle 20: Energetische Bewertung des Vergleichsgebäudes mit verschiedenen Lüftungsanlagen

Variante	Vergleichsgebäude	V1 – ABL – FE12%	V2 – WLA – FE9%	V3 – WLA FE12%
Lüftungskonzept	Bedarfsgeführte Abluftanlage		Wohnungszentrale Zu- und Abluftanlage	
Hüllflächenbezogener Fensterflächenanteil [%]	9	12	9	12
Lüftungswärmeverluste [kWh/(m²a)]	28,8	27,1	10,1 (-65%)	10,1 (-63%)
Transmissionswärmeverluste [kWh/(m²a)]	48,5	49,0	46,0 (-5%)	49,6 (+1%)
Heizwärmebedarf [kWh/(m²a)]	38,7	38,8	23,2 (-40%)	23,8 (-39%)
Heizlast [W/m²]	25,1	26,0	19,6 (-22%)	20,5 (-21%)
Strombedarf [kWh/(m²a)]	0,6	0,6	3,5	3,5
Kosten je Wohneinheit bzw. gesamt [€]	900 €/WE → 4 500 €	900 €/WE → 4 500 €	5 000 €/WE → 25 000 €	5 000 €/WE → 25 000 €

Die energetische Auswertung zeigt das große Potential, welches in einer Wohnungslüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung zur Reduzierung der Lüftungswärmeverluste steckt. Diese können dadurch um etwa 65 % verringert werden. In der Folge kommt es zu einer Absenkung des Heizwärmebedarfs um 40 %. Dem gegenübergestellt erhöht sich der Strombedarf um etwa 3 kWh/(m²a). Diese Steigerung wird jedoch durch die Einsparung auf der Wärmeseite überkompensiert. In welchem Maße dies geschieht, ist jedoch abhängig von der Wärmeerzeugungsanlage und dem Energieträger. Die leichten Veränderungen bei den Transmissionswärmeverlusten resultieren aus der kürzeren Heizperiode. Diese spiegelt sich auch in einer geringeren Heizlast wider. Sofern die Wärmerückgewinnung bei der Dimensionierung der Wärmeerzeugungsanlage berücksichtigt wird, kann dies zu einer Reduzierung der Investitionskosten führen. Diese werden im Rahmen der Lebenszykluskostenberechnung allerdings nicht in Ansatz gebracht.

Nachfolgend ist ein Vergleich der beiden Temperaturregionen unter Berücksichtigung der Wohnungslüftungsanlage zu finden (Abbildung 50). Der sich reduzierende Anteil der nutzbaren Wärmequellen ist

eine Folge der sinkenden Wärmeverluste, da der Ausnutzungsgrad vom Verhältnis Wärmegewinne zu Wärmeverlusten abhängig ist.

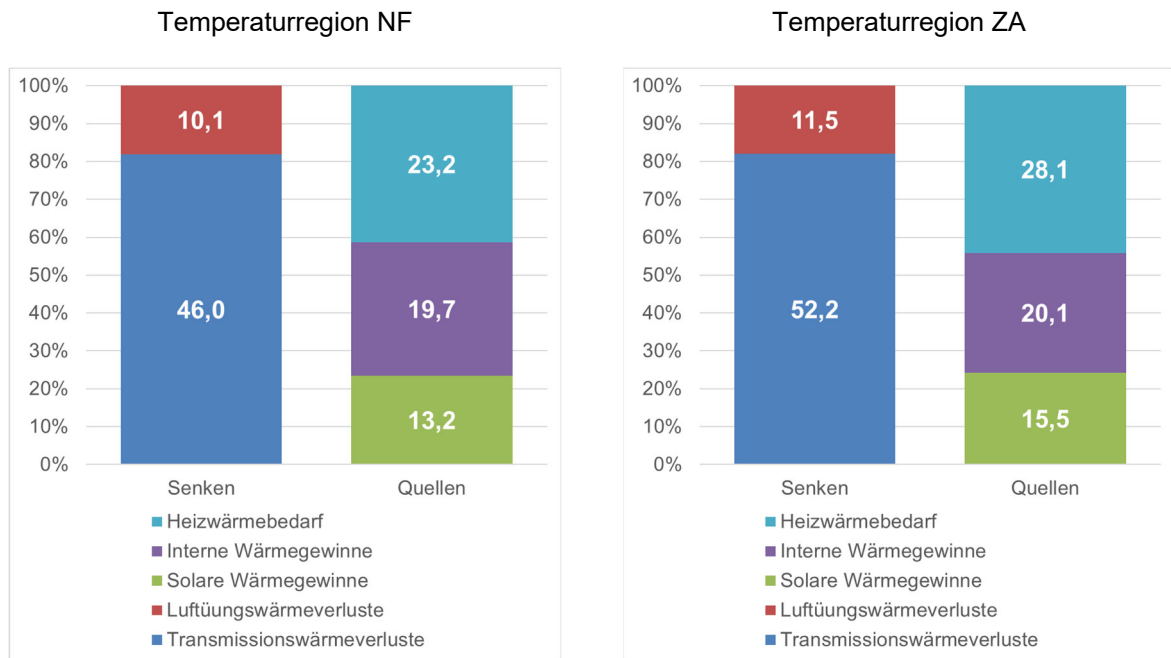


Abbildung 50: Heizwärmebilanz des Vergleichsgebäudes mit Wohnungslüftungsanlage mit WRG für die beiden Temperaturregionen (e.D.)

7.5.3. Ökonomische Bewertung

Die Annuitäten für wohnungszentrale Lüftungsanlagen in einem Mehrfamilienhaus (Abbildung 51) stellen sich gegenüber einer bedarfsgeführten Abluftanlage als sehr ungünstig dar. Die Energiekosteneinsparung durch die geringeren Lüftungswärmeverluste kann die höheren Investitionskosten nicht ausgleichen.

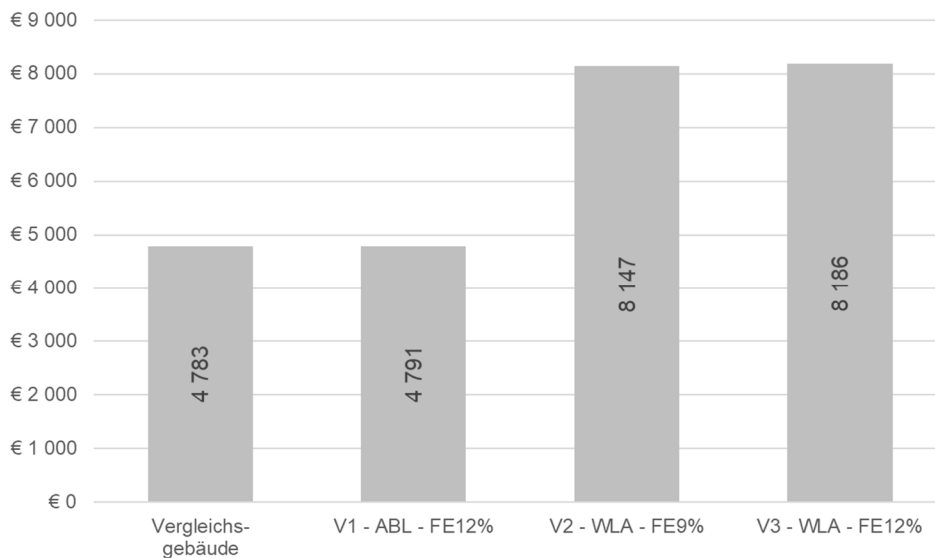


Abbildung 51: Annuitäten (gesamt) für Varianten der Maßnahme Wohnungslüftungsanlage (e.D.)

Der differenzierte Blick auf die Kostenanteile der Annuitäten (Abbildung 52) zeigt allerdings noch einen weiteren Kostenblock. Die betriebsgebundenen Zahlungen (Wartung und Instandsetzung) sind für die Bewertung der Lebenszykluskosten ebenso von hoher Relevanz.

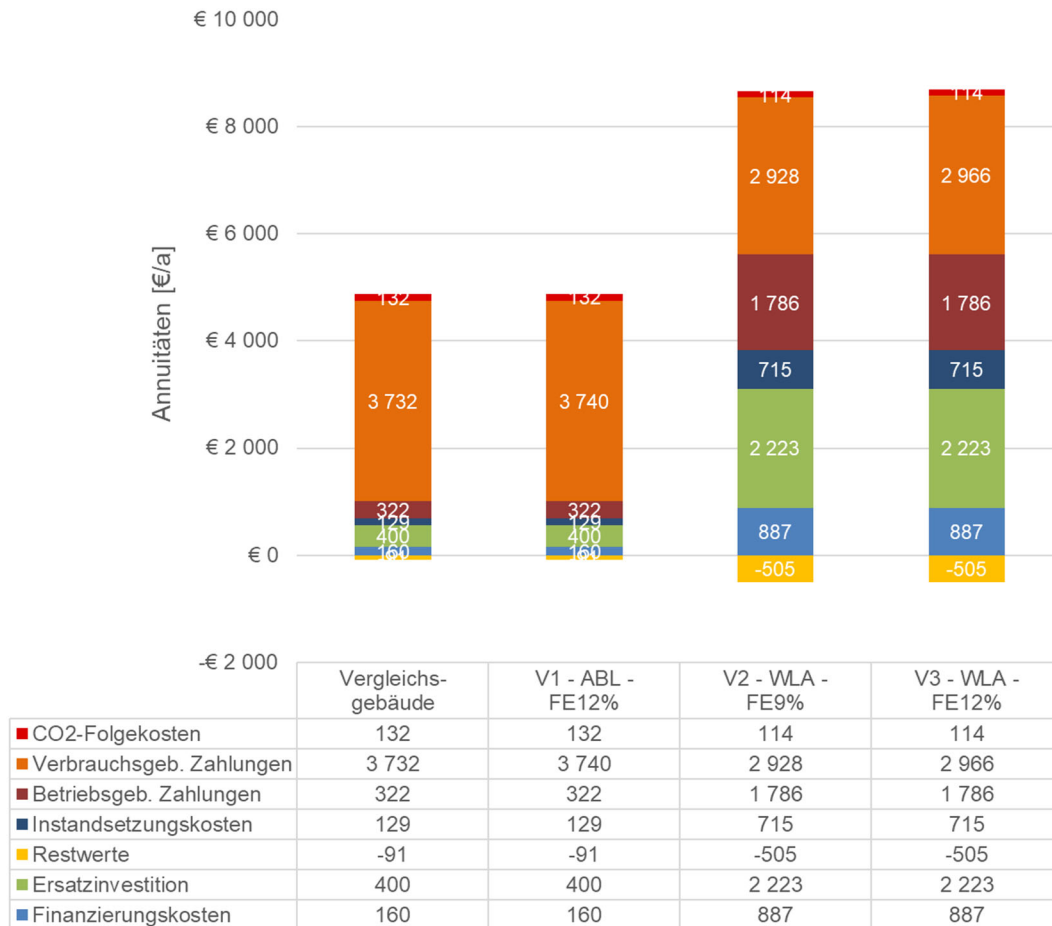


Abbildung 52: Differenzierte Annuitäten (gesamt) für Varianten der Maßnahme Wohnungslüftungsanlage (e.D.)

In dieser Variante ist im Sinne der Wohnungslüftungsanlage die Energiepreissteigerung ergebnissensitiv. Je höher die angesetzt wird, desto stärker gleichen sich die Annuitäten an. Bei einer Energiepreissteigerung von etwa 7 % ergeben sich nahezu idente Annuitäten bei ansonsten gleichen Randbedingungen. Für den Fall, dass das Vergleichsgebäude in der Temperaturregion ZA stehen würde, müsste die Energiepreissteigerung nur etwa 6 % betragen.

Eine Wohnungslüftungsanlage kann im Zusammenhang mit der Zielerreichung bestimmter energetischer Ziele insgesamt jedoch positiv wirken, wenn dadurch beispielsweise Investitionen in die Bautechnik vermieden werden können. Weiters bietet eine Lüftungsanlage zusätzlichen Komfort, der allerdings nicht monetär bewertet wird bzw. werden kann.

7.6. Solarthermie für die Trinkwarmwasserbereitung

7.6.1. Beschreibung

Eine zentrale Warmwasserbereitung hat den Vorteil, dass erneuerbare Energien eingesetzt werden können. Eine dezentrale elektrische Warmwasserbereitung stellt im Vergleich dazu eine technisch einfachere Lösung dar und führt zu einem geringeren Installationsaufwand. Allerdings muss die damit in Verbindung stehende erforderliche elektrische Anschlussleistung (etwa 15 kW je Wohneinheit) auch zur Verfügung gestellt werden können. Dies ist insbesondere unter dem Aspekt zu sehen, dass zusätzliche Verbraucher mit hohen Leistungsbedarfen in der Gebäudeplanung (z.B. Heizungswärmepumpe oder E-Ladestation für Pkw) zu berücksichtigen sind.

Bei der zentralen Warmwasserbereitung können die hohen Wärmeverluste durch Zirkulationsleitungen aufgrund der hygienischen Anforderungen einerseits durch eine kompakte Leitungsführung (kürzere Leitungsführung) und andererseits durch eine bedarfsgeführte Steuerung der Zirkulationspumpe reduziert werden. Mit steigender Anzahl der Wohneinheiten in einem Mehrfamilienhaus und den damit verbundenen unterschiedlichen Nutzungsprofilen kann damit jedoch nur eine geringe Einsparung erzielt werden. Die Berechnung der Zirkulationsdauer nach DIN V 18599-8 (2018) in Abhängigkeit der Bezugsfläche, wie sie in Abbildung 53 dargestellt ist, verdeutlicht dies.

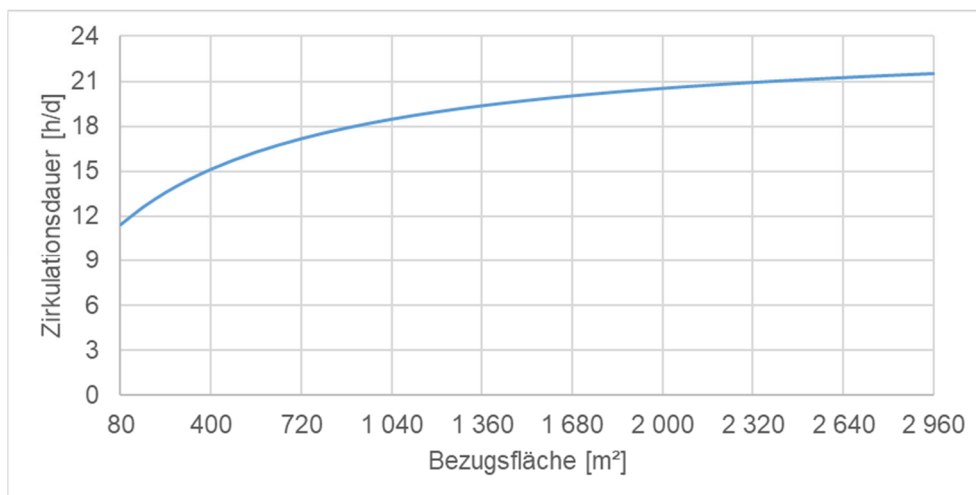


Abbildung 53: Trinkwarmwasserverteilung - Zirkulationsdauer in Wohngebäuden (e.D.)

Die Notwendigkeit, die Wärmeverteilverluste bei der Trinkwarmwasserbereitung zu reduzieren, zeigt nochmals nachstehendes Balkendiagramm (Abbildung 54). Die Wärmeverteilverluste betragen für das Vergleichsgebäude mehr als 130 % des eigentlichen Trinkwarmwasserbedarfs.

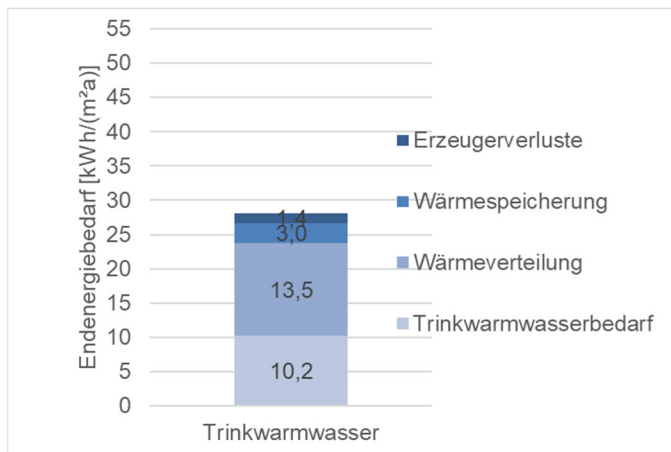


Abbildung 54: Energiebedarfswerte der Trinkwarmwasserbereitung für das Vergleichsgebäude (e.D.)

Diese Wärmeverteilungsverluste ergeben sich, wie bereits erwähnt, aus den hygienischen Anforderungen. Auch ein theoretischer Nutzenergiebedarf von 0 kWh/(m²a) würden ähnliche Verteilverluste verursachen. Daher sollten diese Verluste, wenn möglich durch erneuerbare Energien bereitgestellt werden. Durch den ganzjährigen und mehr oder weniger gleichmäßigen Trinkwarmwasserbedarf bietet sich eine solarthermische Anlage zur Unterstützung der Trinkwarmwasserbereitung an. Auf eine zusätzliche heizungstechnische Unterstützung durch die Solaranlage wird hier verzichtet, da diese für den Sommerfall eine Überdimensionierung darstellt und der hinzukommende Deckungsanteil bei üblichen Pufferspeichern (keine saisonalen Speicher) gering ist. Sofern ein zusätzlicher Wärmeabnehmer im Sommer zur Verfügung steht, kann dies jedoch gegebenenfalls eine sinnvolle Lösung sein. Die Einbindung einer solarthermischen Anlage in die Wärmeerzeugungsanlage kann als Stand der Technik betrachtet werden.

7.6.2. Energetische Bewertung

Die Auswertung einer thermischen Solaranlage mit 20 m² Kollektorfläche und einem Pufferspeicher mit 1.000 l Nenninhalt zeigt einen solaren Deckungsanteil von etwa 60 %. Während in den Monaten November bis Januar der Deckungsanteil unter 10 % liegt, kann in den Monaten Mai bis August der Trinkwarmwasserbedarf fast vollständig über die Solaranlage gedeckt werden. Die Verteilung des solaren Deckungsgrades über das gesamte Jahr ist in Abbildung 55 zu sehen.

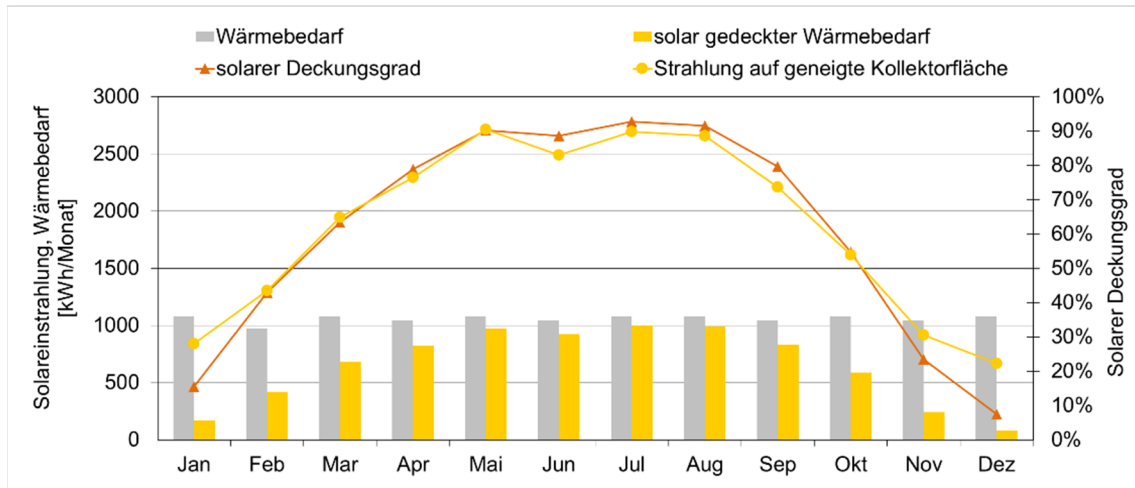
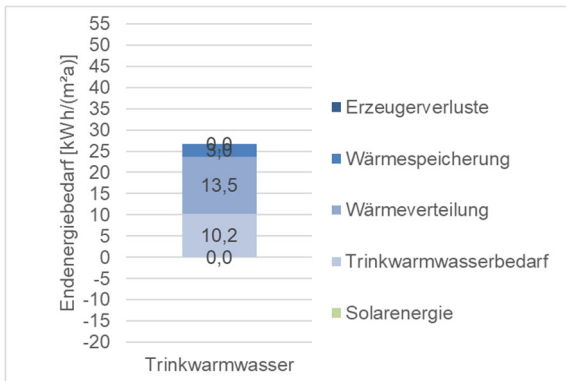


Abbildung 55: Solarertrag und solarer Deckungsanteil einer solarthermischen Anlage mit 20 m² Kollektorfläche für das Vergleichsgebäude (PHPP)

Der Endenergiebedarf exklusive der solarthermischen Erträge, der auch als ökonomisch relevanter Endenergiebedarf bezeichnet werden kann, reduziert sich von 28,1 kWh/(m²a) auf 12,3 kWh/(m²a) bzw. um 56 % (Abbildung 56). Der ökonomisch relevante Endenergiebedarf für die gesamte Wärmebereitstellung kann von 70,7 kWh/(m²a) auf 54,8 kWh/(m²a) verringert werden. Dies entspricht einer Minderung um etwa 22 %.

ohne solarthermischer Unterstützung der Trinkwarmwasserbereitung



mit solarthermischer Unterstützung der Trinkwarmwasserbereitung

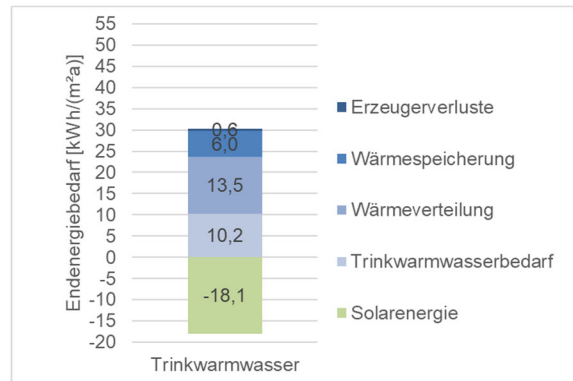


Abbildung 56: Vergleich der Energiebedarfswerte mit und ohne solarthermische Unterstützung der Trinkwarmwasserbereitung (e.D.)

7.6.3. Ökonomische Bewertung

Der Annuitätenvergleich (Abbildung 57) zeigt, dass die Energiekosteneinsparung die Investitions- und Folgekosten nicht ausgleichen kann. Die Annuitäten liegen etwa 37 % über der Vergleichsvariante ohne solarthermische Unterstützung der Trinkwarmwasserbereitung.

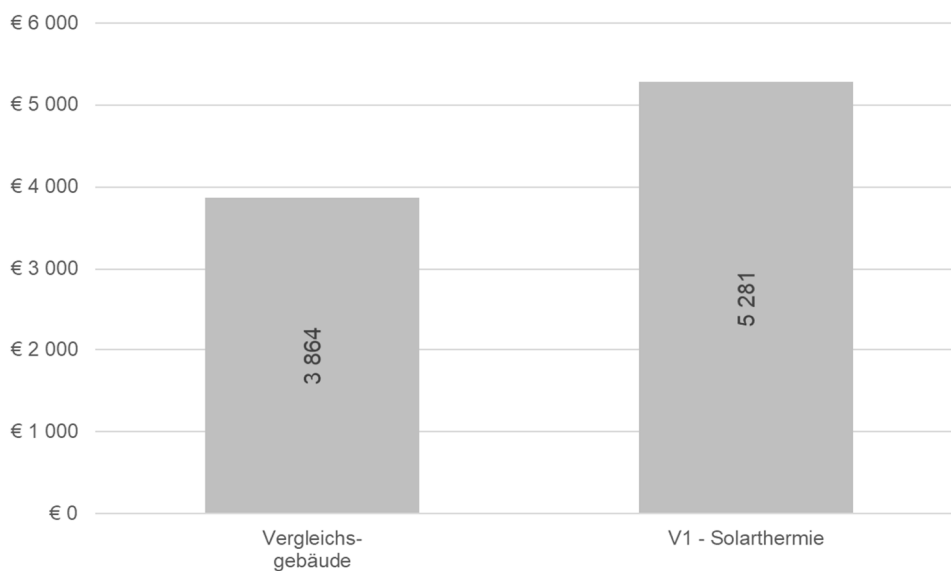


Abbildung 57: Jährliche Annuitäten (gesamt) für Varianten der Maßnahme Solarthermische Unterstützung der Trinkwarmwasserbereitung (e.D.)

Der differenzierte Vergleich (Abbildung 58) zeigt zwar um etwa 800 € geringere verbrauchsgebundene Zahlungen, wenn eine thermische Solaranlage berücksichtigt wird. Diese Einsparung wird jedoch

bereits durch die betriebsgebundenen Zahlungen und die Instandsetzungskosten etwa um die Hälfte reduziert.

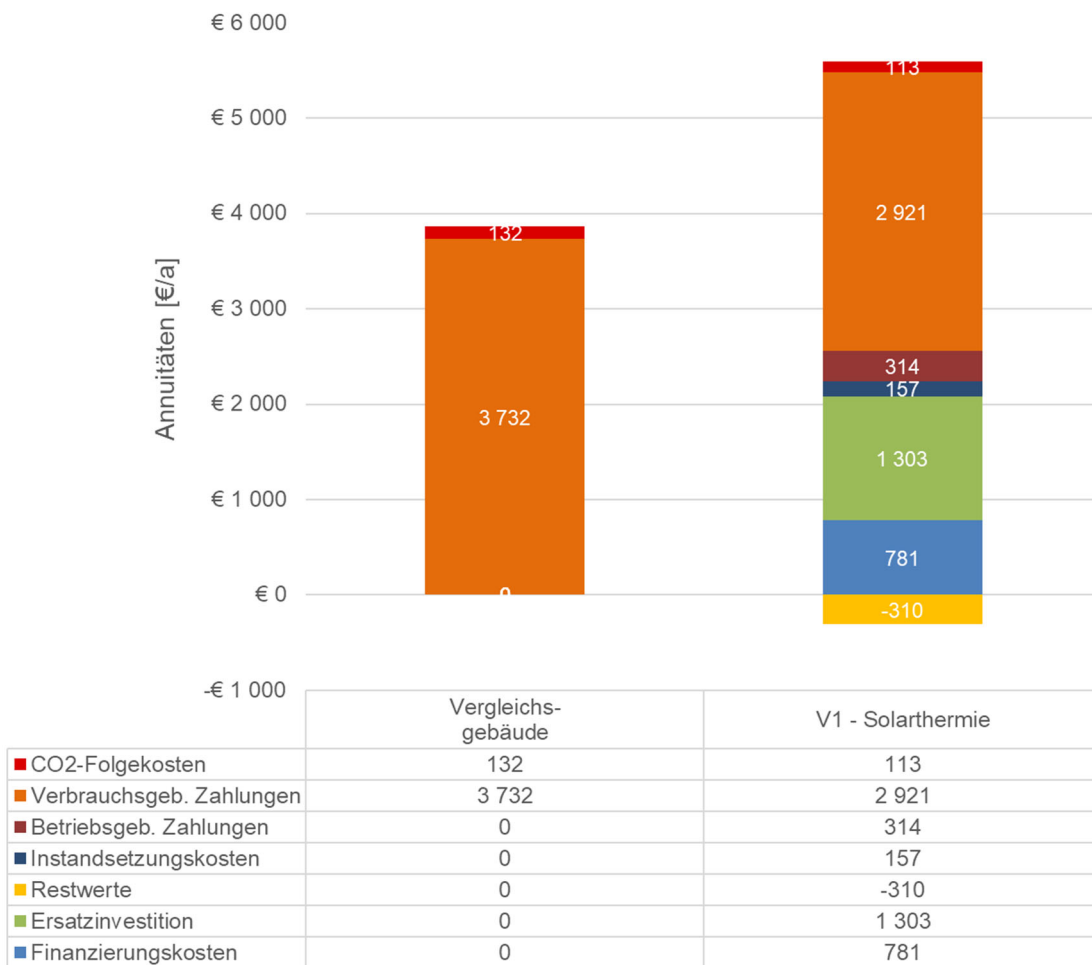


Abbildung 58: Differenzierte Annuitäten (gesamt) für Varianten der Maßnahme Solarthermische Unterstützung der Trinkwarmwasserbereitung (e.D.)

Auch bei dieser Maßnahme ist die Energiepreissteigerung ergebnissensitiv. Kombiniert man diese (hier: 5 %) mit einem Wechsel des Energieträgers von „Fernwärme Erneuerbare Energien“ zu „Fernwärme Nicht erneuerbare Energien (nEE)“ wodurch die CO₂-Emissionen von 10 g CO₂-Äq./kWh auf 310 g CO₂-Äq./kWh steigen, stellt sich nachfolgendes Bild (Abbildung 59) ein.

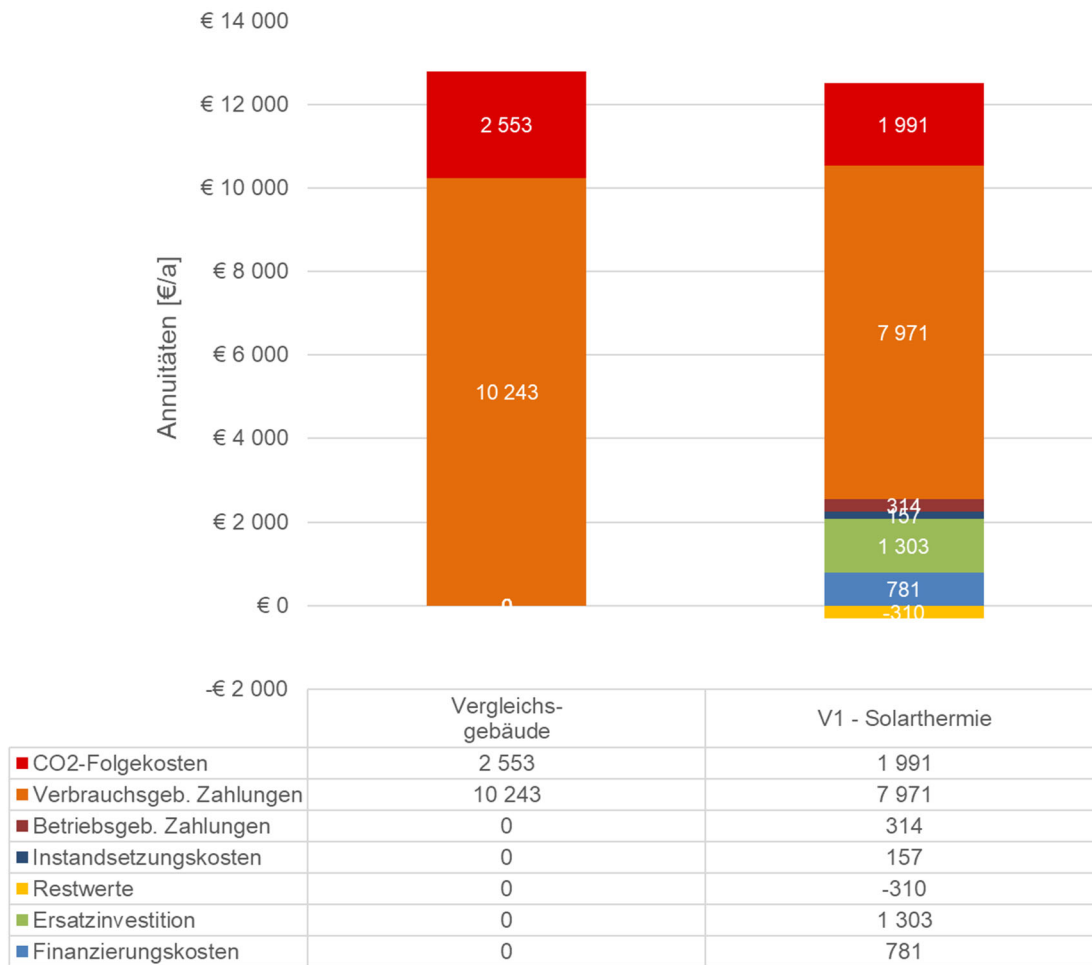


Abbildung 59: Differenzierte Annuitäten (gesamt) für Varianten der Maßnahme Solarthermische Unterstützung der Trinkwarmwasserbereitung mit einer Energiepreissteigerung von 5 % und Fernwärme nEE (e.D.)

Die Anlage zur solarthermischen Unterstützung der Trinkwarmwasserbereitung weist eine geringere Annuität auf als die Vergleichsvariante. Die Ausführungen hinsichtlich der Kompensation von anderweitiger Ersatzinvestitionen gelten gleichermaßen wie zur Wohnungslüftungsanlage (Abschnitt 7.5.3).

7.7. Wärmeerzeugung

7.7.1. Beschreibung

Unter einem Fern- oder Nahwärmenetz wird eine Wärmeversorgung verstanden, in der die Wärmequelle und der Verbraucher räumlich getrennt sind. Dadurch wird am Gebäude kein eigener Wärmeerzeuger benötigt, sondern lediglich eine Übergabestation, welche die Wärme des Netzes in das gebäudeeigene Wärmeverteilsystem übernimmt. (Abbildung 60)

Eine Wärmequelle kann hier beispielsweise die Abwärme aus industriellen Prozessen darstellen. Die Wärmeerzeugung kann aber auch aus einem Mix unterschiedlicher erneuerbarer und/oder fossiler Energieträger bestehen.

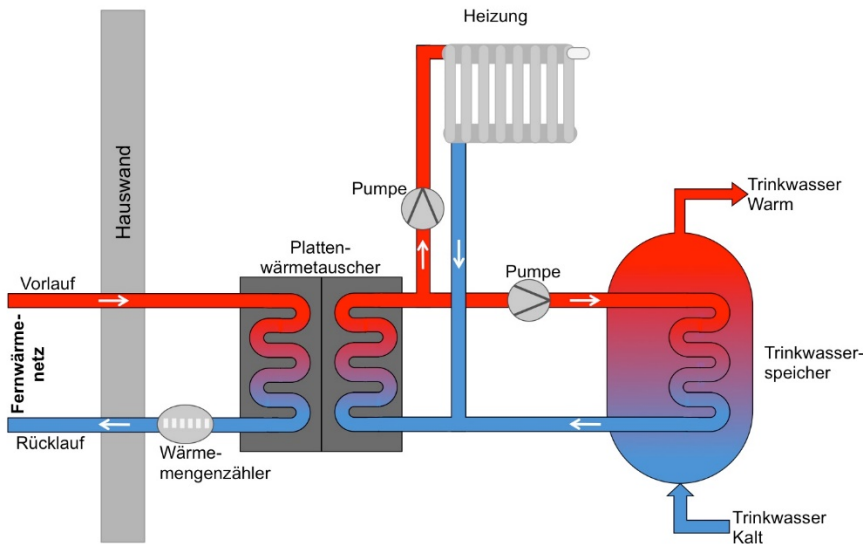


Abbildung 60: Schema einer Fernwärme-Übergabestation (Verein Energiepfad Grabs)

Der untersuchten Datenmenge zufolge wurden 51 % der Gebäude mit einem Fernwärmeanschluss zur Wärmeversorgung ausgestattet. Ein solch hoher Anteil wurde zunächst nicht erwartet, weshalb zusätzlich die örtliche Verteilung dieser Gebäude und deren Anschlussmöglichkeiten an Fern- oder Nahwärmenetze betrachtet wurde. Hierfür wurde ein Auszug aus dem Salzburger Geographischem Informationssystem (SAGIS, 2020) verwendet, welcher alle Biomasse Heizkraftwerke im Bundesland Salzburg abbildet. Die roten Punkte zeigen diese Biomasse-(Heiz-)Kraftwerke und die gesetzten Pins zeigen die Markierung der einzelnen Katastralgemeinden mit Nah-/Fernwärme als Wärmebereitstellung laut den Gebäudedaten der ZEUS-Datenbank. Der Abgleich der Katastralgemeinden aus der ZEUS-Datenbank mit der Verteilung der Biomasse-(Heiz-)Kraftwerke in Salzburg (Abbildung 61) ergibt eine sich deckende Auswahl. Daher wird für das Vergleichsgebäude auch Fernwärme aus Heizwerken (erneuerbar) gewählt.

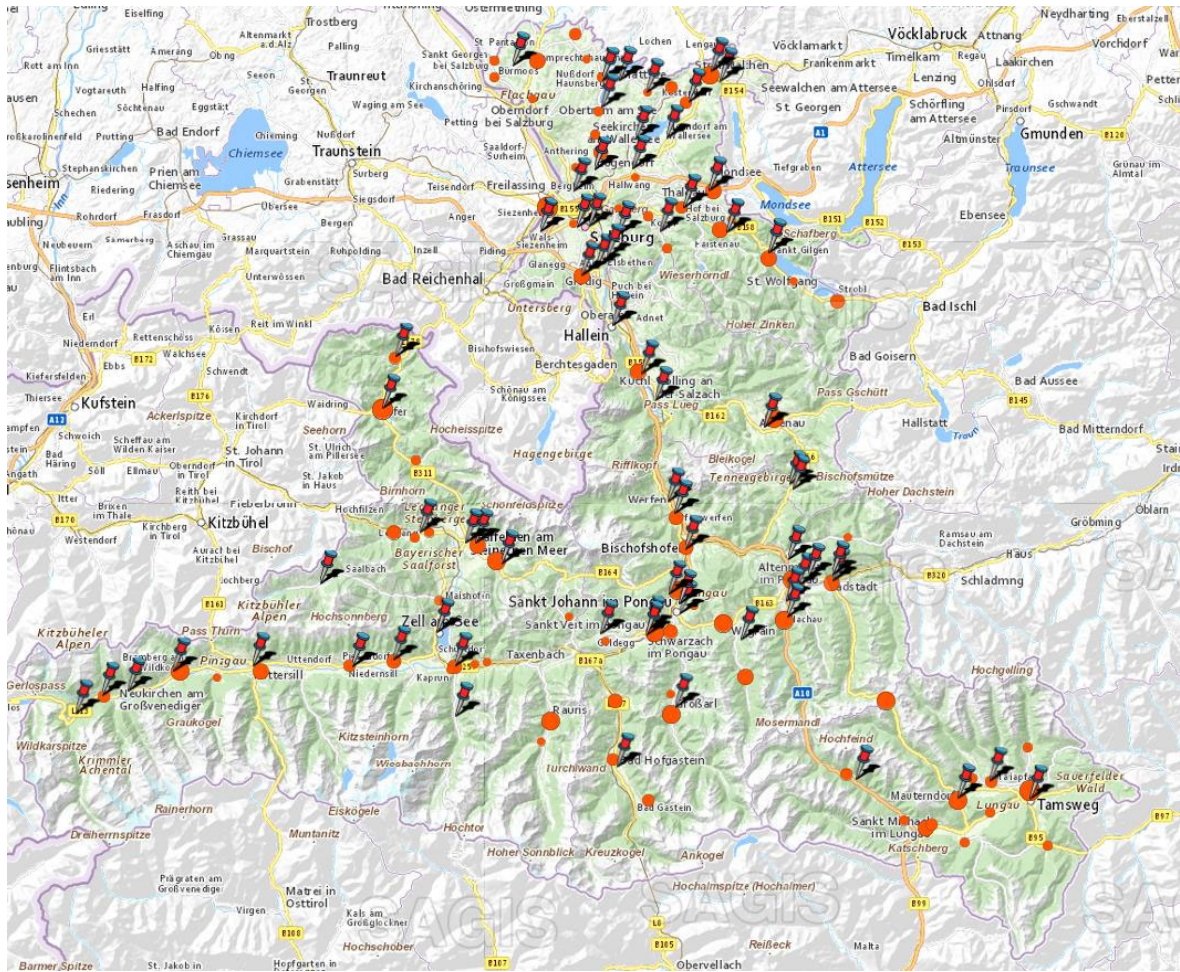


Abbildung 61: SAGIS-Auszug mit Auswahl des Nah-/Fernwärmenetzes im Bundesland Salzburg mit Markierung der Katastralgemeinden aus der ZEUS-Datenbank (SAGIS, e.D.)

Im Zuge der Klima- und Energiestrategie SALZBURG 2050 wird zudem die Verdichtung der Wärmeverteilnetze vom Land Salzburg weiter gefördert. Das Energieressort (Abt. 4) des Landes fördert zusätzliche Abnehmeranschlüsse an bestehenden Leitungstrassen von Wärmeverteilnetzen auf Basis von Biomasse sowie die Erweiterung dieser Netze. Auch die Neuerrichtung von Biomasse-Nahwärme-Erzeugungs-, Leitungs- und Verteilungsanlagen inklusive Kraft-Wärmekopplung und Nebenanlagen werden gefördert. (Land Salzburg, 2020b)

Dieser Ausblick zeigt, dass der weitere Ausbau der Fern- und Nahwärmenetze politisch forciert wird und zukünftig diese Art der Wärmeversorgung andere Wärmeversorgungskonzepte ablösen kann.

Jedoch ist ein Nah-/Fernwärmenetz nicht an jedem Gebäudestandort verfügbar. Daher soll abschließend, als zweite Variante der Wärmeerzeugungsanlage, eine Luft/Wasser-Wärmepumpe bewertet werden.

7.7.2. Energetische Bewertung

Die anlagentechnische Ausstattung des Vergleichsgebäudes als Variante zur Fernwärme wurde wie folgt angenommen:

- Heizung
 - Fußbodenheizung (Niedertemperatursystem) mit Systemtemperaturen 35°C/28°C
 - Zentrale Verteilung; die Leitungslängen wurden nach ÖNORM H 5056-1 (2019) abgeschätzt
 - Pufferspeicher, 1 000 l
 - Elektrisch betriebene Luft/Wasser-Wärmepumpe als Splitgerät mit Aufstellort im unbeheizten Keller; monovalente Betriebsweise
- Trinkwarmwasser
 - Zentrale Verteilung mit Zirkulationsleitung; die Leitungslängen wurden nach ÖNORM H 5056-1 (2019) abgeschätzt; Betriebszeit der Zirkulationsleitung nach DIN V 18599-8 (2018): 15 h/d (kein Defaultwert in ÖNORM angegeben)
 - TWW-Speicher im unbeheizten Keller; Bereitschaftsvolumen: 600 l; Wärmeverlustrate 2 W/K
 - Elektrisch betriebene Luft/Wasser-Wärmepumpe als Splitgerät mit Aufstellort im unbeheizten Keller; monovalente Betriebsweise
- Lüftung
 - Bedarfsgeführte Abluftanlage (Elektroeffizienz: 0,20 Wh/m³) in Kombination mit Fensterlüftung

Die Darstellung der Endenergiebedarfswerte (Abbildung 62) erfolgt wieder für beide Temperaturregionen.

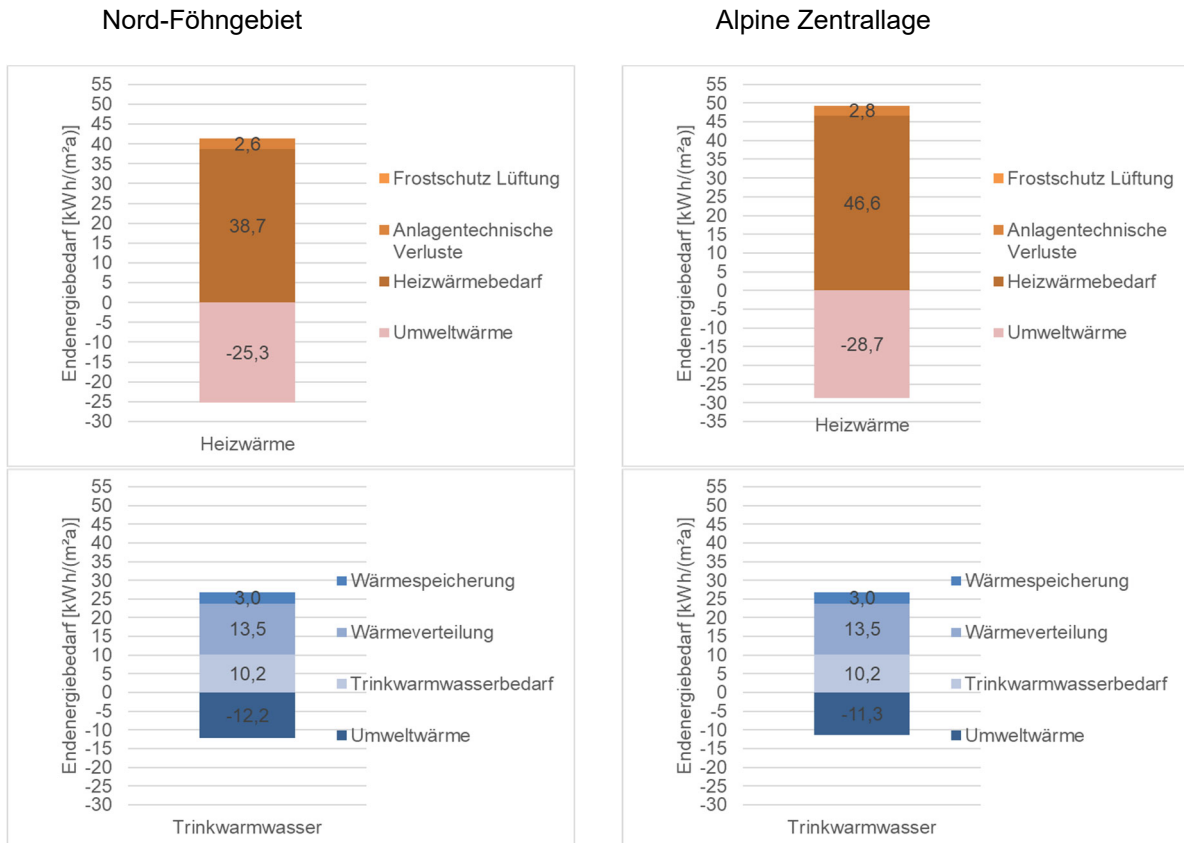


Abbildung 62: Energiebedarfswerte des Vergleichsgebäudes (Wärmepumpe) nach Temperaturregionen (e.D.)

Innerhalb dieser Betrachtungen wurde eine Luft/Wasser-Wärmepumpe gewählt, da diese im Vergleich zu anderen Wärmequellen (Grundwasser, Erdreich) standortunabhängiger eingesetzt werden kann. Allerdings weisen Luft/Wasser-Wärmepumpe dagegen eine geringere Energieeffizienz auf. Weiters ist aufgrund der hohen Systemtemperaturen für die Trinkwarmwasserbereitung ein monovalenter Betrieb energetisch ungünstig. Hier würde sich die Kombination mit einer thermischen Solaranlage anbieten. Die Vorteile der Wärmepumpe sind in Abbildung 62 gut ersichtlich: Mehr als ein Drittel des Energiebedarfs wird durch Umweltwärme gedeckt. Die Effizienz der Wärmepumpe ist aber auch standortabhängig, wie der Vergleich der beiden Temperaturregionen zeigt. In der Temperaturregion ZA fällt der Anteil der Umweltwärme geringer aus. Dies ist deutlich bei der Trinkwarmwasserbereitung, bei sonst gleichen Werten, zu erkennen.

7.7.3. Ökonomische Bewertung

Die Annuitäten für das Vergleichsgebäude mit dem Energieträger Fernwärme aus Erneuerbaren Energien sind die deutlich niedrigsten der drei Varianten (Abbildung 63). Der wesentlich höhere Arbeitspreis für den Wärmepumpenstrom im Vergleich zum Fernwärmebezugspreis, in Verbindung mit der etwas höher angenommenen Energiepreissteigerung für den Energieträger Strom, kann durch den kostenlosen Bezug der Umweltwärme bei der Wärmepumpenvariante nicht ausgeglichen werden.

Sobald die Fernwärme allerdings aus nicht erneuerbaren Energien stammt, erhöhen sich die Annuitäten deutlich.

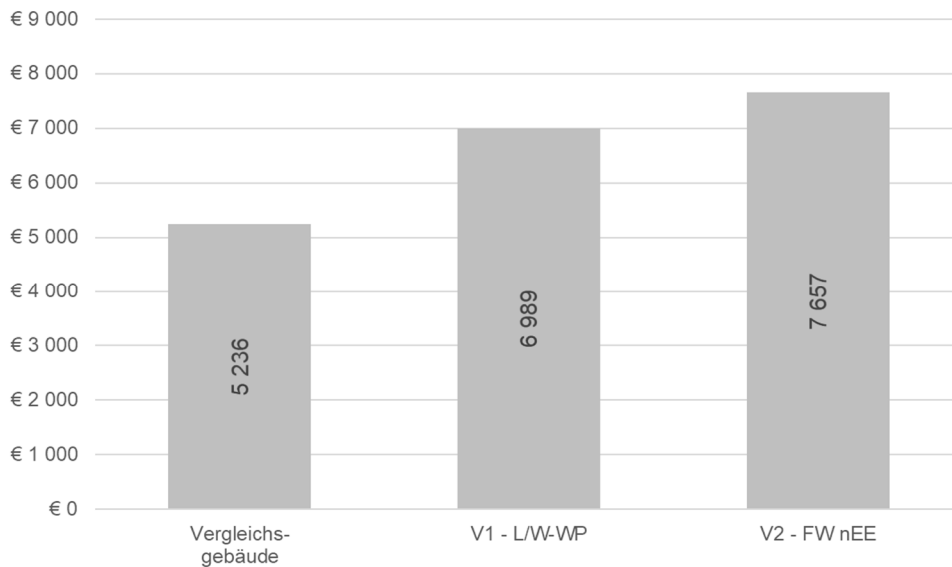
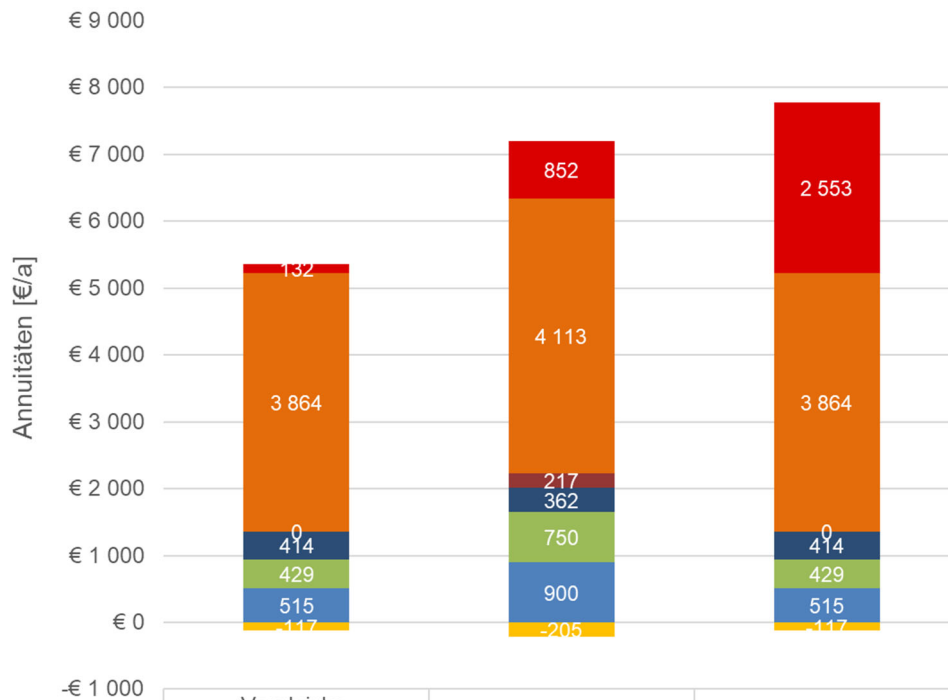


Abbildung 63: Annuitäten (gesamt) für Varianten der Maßnahme Wärmepumpe (e.D.)

Ursächlich dafür sind die deutlich gestiegenen CO₂-Folgekosten. Auch wenn die Technik im Gebäude gleich ist, verändert sich das Bewertungsergebnis signifikant und übersteigt die Annuitäten der Wärmepumpenvariante (Abbildung 64).

Die Investitionskosten von Luft/Wasser-Wärmepumpen sind im Vergleich zu Wärmepumpentechnologien, die andere Wärmequellen verwenden, geringer und gelten als die kostengünstigste Variante. Der Einsatz von Wärmepumpen mit anderen Wärmequellen kann daher zu einer anderen Bewertung führen.



	Vergleichsgebäude	V1 - L/W-WP	V2 - FW nEE
■ CO2-Folgekosten	132	852	2 553
■ Verbrauchsgeb. Zahlungen	3 864	4 113	3 864
■ Betriebsgeb. Zahlungen	0	217	0
■ Instandsetzungskosten	414	362	414
■ Restwerte	-117	-205	-117
■ Ersatzinvestition	429	750	429
■ Finanzierungskosten	515	900	515

Abbildung 64: Differenzierte Annuitäten (gesamt) für Varianten der Maßnahme Wärmepumpe (e.D.)

Als ergebnissensitiv zeigt sich die Energiepreissteigerung. Wird für die Fernwärme eine Steigerung von 5 % und für den Wärmepumpenstrom eine etwas geringere Steigerung von jährlich nur 4 % zugrunde gelegt, ergibt sich nachfolgendes Ergebnis (Abbildung 65).

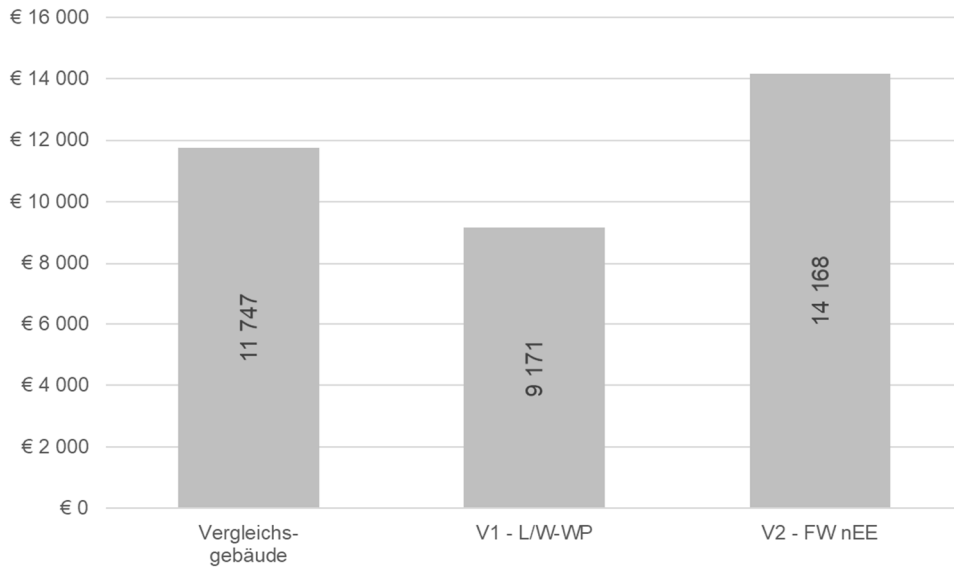


Abbildung 65: Annuitäten (gesamt) für Varianten der Maßnahme Wärmepumpe mit einer Energiepreissteigerung von 5 % (Fernwärme) und 4 % (Wärmepumpenstrom) (e.D.)

Die veränderte Energiepreissteigerung dreht das Verhältnis zwischen der Ausgangsvariante (Fernwärme EE) und der Wärmepumpenvariante. Während die Wärmepumpenlösung zunächst mehr als 30 % über der Ausgangsvariante lag, liegt diese nun etwa 30 % über der Variante Wärmepumpe.

8. Conclusio

Die im Rahmen dieses Projektes zugrunde gelegte Definition für Low-Tech Gebäude priorisiert die identifizierten Bereiche in der Reihenfolge Entwurf, Bautechnik, Gebäudetechnik. Der Bereich der Gebäudenutzung ist dabei als allumfassend zu verstehen. In der Entwurfs- und Planungsphase werden bereits relevante Entscheidungen getroffen, die den Nutzenergiebedarf eines Gebäudes maßgeblich bestimmen. Im Wohnungsbau handelt es sich hier vorrangig um den Heizwärmebedarf, aber auch der Trinkwarmwasserbedarf, der mit sinkenden Heizwärmebedarf einen immer größeren Anteil am gesamten Wärmeenergiebedarf einnimmt, kann nicht außer Acht gelassen werden. Der Kühlbedarf, der im Wohnungsbau bislang keine Rolle spielt, kann jedoch infolge der Klimaveränderungen zukünftig einen zusätzlichen Energiebedarf generieren, wenn nicht bereits heute in der Entwurfs- und Planungsphase ein entsprechendes Augenmerk auf die Vermeidung von aktiver Gebäudekühlung im Wohnungsbau gerichtet wird.

Demnach kommt der Minimierung des Energiebedarfs für Heizung und Trinkwarmwasserbereitung sowie einer Vermeidung von Kühlenergie, im Zusammenhang mit der Klimakrise und der über Jahrzehnte reichenden Nutzungsdauer eines Gebäudes, dem Gebäudeentwurf in der heutigen Zeit einer besonderen gesellschaftlichen Verpflichtung zu. Aus diesem Grunde wurde innerhalb dieses Projektes ein besonderer Fokus auf den Einfluss der Entwurfs- und Gebäudeplanung gelegt. Dabei gilt es sich von isolierten Betrachtungen einzelner Fragestellungen (z.B. Heizen, Kühlen, Tageslicht) zu lösen und die gemeinsamen Abhängigkeiten in der Planung zu berücksichtigen. Zur Erläuterung soll die folgende vereinfachte Kausalkette als Beispiel dienen: Die Minimierung des Heizwärmebedarfs geht einher mit einer Erhöhung der solaren Einträge, die im Sommer zu einem Kühlbedarf führen. Diesem soll durch entsprechende Sonnenschutzmaßnahmen begegnet werden, die wiederum zu einer eingeschränkten Tageslichtversorgung führen. Aus der daraus resultierenden fehlenden Nutzerakzeptanz wird der Sonnenschutz nicht aktiviert und anstelle dessen eine aktive Gebäudekühlung eingesetzt. Dies gilt es durch eine integrative Planung zu vermeiden.

Bei der bautechnischen Umsetzung des geplanten Gebäudes ist im Sinne der hier angewandten Definition des Low-Tech Gedanken eine einfache Bauweise zu wählen, die einen ausreichenden Widerstand gegen die künftigen klimatischen Beanspruchungen entgegensetzen kann. Weiters aber auch eine einfache Möglichkeit der Wartung- und Instandsetzung bietet sowie beim Rückbau eine Wiederverwendbarkeit der eingesetzten Materialien ermöglicht. In diesem Zusammenhang wurde am Beispiel einer monolithischen Außenwand gezeigt, dass durch eine ausschließliche energetische Bewertung bezogen auf die Nutzungsphase und eine unzureichende Berücksichtigung des Energieeinsatzes bei der Herstellung eines Baustoffs, eine Fehlbewertung entstehen kann. Das Beschreiben der wärmeschutztechnischen Anforderungen ausschließlich über den Wärmedurchgangskoeffizienten unter Berücksichtigung der Gebäudekompaktheit führt bei einer weiteren Fortschreibung des Anforderungsniveaus dazu, dass eine lediglich energetische Bewertung diese Tendenz begünstigt. Das Low-Tech Kriterium einer einfachen Bauweise kann dann zunehmend nicht mehr umgesetzt werden, da die Zielerreichung nur noch durch High-Tech Produkte möglich sein würde. Durch die Beschreibung der Anforderungen sollten die ökologischen Bewertungspunkte noch stärker in den Fokus gerückt werden.

Die Low-Tech Definition im Sinne dieses Projektes sieht die gebäudetechnischen Lösungen unter dem Leitgedanken: So viel Technik wie nötig und so wenig Technik wie möglich. Darin beinhaltet sind aber auch Technologien, die für die Nutzung erneuerbarer oder alternativer Energien erforderlich sind. Es steht dabei außer Frage, dass für einen schadenfreien und energieeffizienten Betrieb eines Gebäudes sowie zur Sicherstellung von hygienischen Anforderungen und Anforderungen an die Behaglichkeit der Einsatz von gebäudetechnischen Komponenten erforderlich ist. Dieser soll jedoch auf ein Minimum begrenzt werden. Die hier betrachteten gebäudetechnischen Lösungen hatten daher die Minimierung der Lüftungswärmeverluste und den Einsatz erneuerbarer Energien im Fokus. Für den Einsatz von Wohnungslüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung zeigte sich zwar ein hohes Potential zur Minimierung der Lüftungswärmeverluste, allerdings stehen hier insbesondere in Mietwohnungen die hohen Wartungskosten solcher Anlagen den geringeren Energiekosteneinsparung gegenüber. Eine Wärmebereitstellung durch Nah- oder Fernwärme wird dem Low-Tech Gedanken dahingehend gerecht, dass im Gebäude nur wenig Technik für die Wärmeerzeugung umzusetzen ist und der Wartungsumfang als gering eingestuft werden kann. Weiters bieten Nah- und Fernwärmenetze die Möglichkeit erneuerbare und alternative Energien entsprechend den lokalen Gegebenheiten einzubinden. Die Verwendung erneuerbarer Energien muss sich dabei nicht auf Biomasse beschränken. Auch solarthermische Großanlagen, wie sie in Skandinavien erfolgreich betrieben werden, stellen eine Option dar. Aber auch die Einbindung von gewerblicher Abwärme in Wärmenetze ist möglich. Deshalb ist die Förderung des Ausbaus von Nahwärmenetzen durch das Land Salzburg auch im Sinne des Low-Tech Gedanken.

Eine ökonomische Bewertung der Maßnahmen über den Lebenszyklus eines Gebäudes, die eine allgemeingültige Aussage ermöglicht, ist aus verschiedenen Gründen nur bedingt möglich. Ein Grund liegt in der langen Nutzungsdauer eines Gebäudes. Über ein Zeitfenster von mehreren Jahrzehnten kann keine verlässliche Prognose über Preisentwicklungen oder die Klimaveränderung erstellt werden. Eine Ableitung aus der historischen Entwicklung erscheint hier nicht zielführend. Auch die Kosten für den Rückbau des Gebäudes können aus heutiger Sicht nicht vorhergesagt werden. Eine Bewertung im Rahmen dieses Berichts wurde daher teils über die Sensitivität einzelner Parameter vorgenommen, um daraus eine Tendenz ableiten zu können. Kosten, die nicht bewertet werden können, wurden daher nicht in Ansatz gebracht (z.B.: Kosten für Abbruch und Entsorgung). Wie bei der Variante der Wärmeerzeugung gezeigt wurde, kann dann je nach Wahl der Parameter die eine oder die andere Lösung das bessere Ergebnis zeigen. Nachdem aufgrund der langen Nutzungsdauer die verbrauchsgebundenen Kosten einen großen Anteil an der Gesamtannuität tragen, werden natürlich auch die Temperaturregion, in welcher sich das Gebäude befindet, und die Klimaveränderung ergebnisrelevant. Zusätzlich gibt es insbesondere im Mietwohnungsbau mehrere Beteiligte bzw. Träger der jeweiligen Kosten mit unterschiedlichen Interessenslagen: Der Errichter des Gebäudes, der Eigentümer bzw. der Betreiber eines Gebäudes sowie deren Nutzer. Zusätzlich werden Kosten durch die Ressourceninanspruchnahme für die Errichtung eines Gebäudes und die Klimaanpassungskosten infolge der CO₂-Emissionen während des Betriebs auf die Allgemeinheit übertragen, sodass die Gesamtannuität hier eher volkswirtschaftlich als betriebswirtschaftlich zu werten ist.

Für die Fortschreibung der Anforderungen im Rahmen der Wohnbauförderung lassen sich aus der vorgelegten Untersuchung folgende grundsätzliche Empfehlungen ableiten:

- Ein optimierter Gebäudeentwurf, der neben der Begrenzung des Heizwärmebedarfs auch die Vermeidung der Gebäudekühlung und eine gute Tageslichtversorgung berücksichtigt, sollte Bestandteil der Fördervoraussetzungen sein.
- Eine hohe Ressourceneffizienz und geringe Emissionen bei der Herstellung der Komponenten sollten als Bewertungskriterien transparenter dargestellt werden und insgesamt mehr Gewichtung bekommen
- Die Anforderungen an den Wärmeschutz des Gebäudes sollten nicht dazu führen, dass Bauweisen, die sich über den Lebenszyklus hinweg als gleichwertig darstellen, ausgeschlossen werden.
- Im Sinne der Klimaschutzziele sollte neben oder anstelle des Primärenergieindikators eine Begrenzung der CO₂-Emissionen als eigenständige Größe aufgenommen werden.

Im Folgenden sind nochmals die Kernaussagen der Forschungsergebnisse zusammengefasst:

- Bei der Bewertung der Lebenszykluskosten eines Gebäudes sind gegebenenfalls die unterschiedlichen Interessen und somit auch Ziele der Beteiligten, die im Rahmen der Gebäudeplanung verfolgt werden, zu würdigen. Interessenskonflikte können u.a. entstehen durch:
 - Ziel des Investors: geringe Errichtungskosten
 - Ziel des Eigentümers: hohe Rendite
 - Ziel der Nutzer: geringe Betriebskosten
 - Ziel der Gesellschaft: geringe Inanspruchnahme von Ressourcen und geringe Emissionen
- Mittels eines optimierten Gebäudeentwurfs lassen sich passive Lösungsmethoden, welche ein Low-Tech Gebäude auszeichnen, teils erst umsetzen.
- Dem Gebäudeentwurf kommt mit Blick auf die Klimakrise sowie die über Jahrzehnte reichende Nutzungsdauer von Gebäuden eine besondere gesellschaftliche Verpflichtung zu.
- Die Umsetzung eines Low-Tech Konzeptes verlangt bei Gebäuden mit mehreren abgetrennten Einheiten sehr viel mehr Planung als beispielsweise bei Einfamilienhäusern. Im mehrgeschossigen Wohnbau verlangt die höhere NutzerInnenzahl ein Konzept, bei dem die einzelnen Wohnungen als Subeinheiten individuell steuerbar sind, jedoch im gemeinsamen System des Gebäudes funktionieren, um passive Methoden bestmöglich nutzen zu können.
- Die Minimierung des Heizwärmebedarfs geht u.a. einher mit einer Erhöhung solarer Wärmeinträge, die im Sommer jedoch, bei unzureichender Planung von Sonnenschutzmaßnahmen, dann zu einem Kühlbedarf führen können. Diesen vermeidbaren Planungsfehlern muss bereits in frühen Planungsphasen begegnet werden.
- Die ökonomische Bewertung von Low-Tech Maßnahmen über den gesamten Gebäudelebenszyklus, die eine allgemeingültige Aussage ermöglicht, ist nur bedingt möglich. Ein Grund liegt

in der langen Gebäudenutzungsdauer. Über ein Zeitfenster von mehreren Jahrzehnten kann keine verlässliche Prognose über Preisentwicklungen oder die Klimaveränderung erstellt werden.

Anhang I

Nachfolgend wurden Anforderungen aus Gesetzen, Verordnungen und technischen Regeln zusammengestellt, die sowohl für die ökologische, energetische und ökonomische Bewertung im Land Salzburg von Bedeutung sind.

Während die Anforderungen der technischen Vorschriften für die Untersuchungen in diesem Projekt zum Stichtag 01.07.2020 (Stand Recherche) angesetzt wurden, wurde die folgende Tabelle, mit den für dieses Forschungsthema relevanten Vorschriften, zum Stand des 31.12.2020 nochmals aktualisiert.

Geleitende Fassungen zum 31.12.2020

Anforderung	Kurzbeschreibung	Quelle (Verordnung, Gesetze)	Bereich	Subthema																																													
<p>Beim Neubau muss die Gebäudehülle luft- und winddicht ausgeführt sein, wobei die Luftwechsellrate n_{50} – gemessen bei 50 Pascal Druckdifferenz zwischen innen und außen, gemittelt über Unter- und Überdruck und bei geschlossenen Abluft- und Zuluftöffnungen (ONORM EN ISO 9972, 2016 03 15, Verfahren 1) – den Wert 1,5 pro Stunde nicht überschreiten darf. Wird eine mechanische betriebliche Lüftungsanlage mit oder ohne Wärmerückgewinnung eingebaut, darf die Luftwechsellrate n_{50} den Wert 1,0 pro Stunde nicht überschreiten (Zielwert $n_{50} \leq 0,6$ 1/h). Ab einer konditionierten Bruttogeschossfläche ≥ 2.000 m² und bei Berechnung der Gesamteffizienz mit n_{50} Werten unter 1,0 1/h ist ein Nachweis über die Einhaltung der Luftdichtheit vorzulegen.</p>	Luftdichtheit	Energieeffizienz Richtlinie, Stand 01.08.2016	Bautechnik	Luftdichtheit																																													
<p>Dämmstärke bei $\lambda = 0,04$ W/mK Lüftung im Bereich</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Art der Lüftung</th> <th>Außenluft</th> <th>Nicht konditioniert</th> <th>konditioniert</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Außenluft- und Fortluftleitung</td> <td>120 mm*</td> <td>30 mm**</td> <td>120 mm***</td> </tr> <tr> <td>Zu- und Abluftleitung</td> <td>120 mm</td> <td>60 mm</td> <td>0 mm</td> </tr> </tbody> </table> <p>* Bei Fortluftleitungen im Außenbereich sind besondere Vorkehrungen hinsichtlich Frostschutz und Entwässerung vorzusehen. **) Leichtbetonstahl-, geschlossenzellige Wärmedämmung (z.B. Armaflex, Kalflex, ...). ***) Leichtbetonstahl-, geschlossenzellige Wärmedämmung, geschlossenzellige Wärmedämmung (z.B. Armaflex, Kalflex, ...).</p>	Art der Lüftung	Außenluft	Nicht konditioniert	konditioniert	Außenluft- und Fortluftleitung	120 mm*	30 mm**	120 mm***	Zu- und Abluftleitung	120 mm	60 mm	0 mm	Luftleitungsrichtung und -wärmedämmung bei Anlagen mit Modulgeräten	Energieeffizienz Richtlinie, Stand 01.08.2016	Bautechnik	Luftdichtheit																																	
Art der Lüftung	Außenluft	Nicht konditioniert	konditioniert																																														
Außenluft- und Fortluftleitung	120 mm*	30 mm**	120 mm***																																														
Zu- und Abluftleitung	120 mm	60 mm	0 mm																																														
<p>Für zentrale bzw. semizentrale Lüftungsgeräte (Modulgeräte) in Mehrfamilienwohnhäusern ist kein elektrischer Vereisungsschutz zulässig. Über 5 kW Heizleistung ist ein Wärmemengenzähler einzubauen</p> <p>Die Kollektoren sind nach Süden auszurichten und dürfen bei einer Kollektorneigung φ zur Horizontalen von über 60° grundsätzlich höchstens 30° davon abweichen. Bei einer Neigung von 60° bis 20° ist die zulässige Abweichung folgendermaßen zu berechnen: Zulässige Abweichung = $90^\circ - \text{Kollektorneigung } \varphi$. Ab $\varphi \leq 20^\circ$ ist eine Südwinkelung von bis zu 90° zulässig.</p> <p>Die maximal zulässige (annehmbare) Kollektorfläche (Aperturfläche) ist in Abhängigkeit von der Kollektorneigung φ zur Horizontalen und der Heizlast (kW) laut Energieausweis nach der folgenden Formel zu berechnen:</p> $\text{zulässige Kollektorfläche (m}^2\text{)} = \text{Heizlast} * \left(\frac{6}{\cos(\varphi - 25)} - 5 \right) + 2$	Lüftungsanlage Thermische Solaranlagen - Ausrichtung Kollektoren Thermische Solaranlagen - Zulässige Kollektorfläche	Energieeffizienz Richtlinie, Stand 01.08.2016 Energieeffizienz Richtlinie, Stand 01.08.2016 Energieeffizienz Richtlinie, Stand 01.08.2016	Bautechnik Bautechnik Bautechnik	Vereisung Solaranlagen Solaranlagen																																													
<p>Dem Salzburger Bautechnikgesetz gemäß 2. Abschnitt wird entsprochen, wenn folgende OIB-Richtlinien eingehalten werden</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Bautechnische Anforderung</th> <th>OIB-Richtlinie</th> <th>Titel</th> <th>Ausgabe</th> <th>Sonderregelungen</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Mechanische Festigung und Standsicherheit</td> <td>1</td> <td>Mechanische Festigung und Standsicherheit</td> <td>März 2015</td> <td>keine</td> </tr> <tr> <td>Brandschutz (je nach Anwendungsfall)</td> <td>2</td> <td>Brandschutz</td> <td>März 2015</td> <td>gemäß Teil A der Anlage 1</td> </tr> <tr> <td></td> <td>2.1</td> <td>Brandschutz bei Betriebsräumen</td> <td>März 2015</td> <td>keine</td> </tr> <tr> <td></td> <td>2.2</td> <td>Brandschutz bei Garagen, überdachten Stellplätzen und Parkdecks</td> <td>März 2015</td> <td>keine</td> </tr> <tr> <td></td> <td>2.3</td> <td>Brandschutz bei Gebäuden mit einem Stützsystem von mehr als 22 m</td> <td>März 2015</td> <td>keine</td> </tr> <tr> <td>Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz</td> <td>3</td> <td>Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz</td> <td>März 2015</td> <td>keine</td> </tr> <tr> <td>Nutzungssicherheit und Barrierefreiheit</td> <td>4</td> <td>Nutzungssicherheit und Barrierefreiheit</td> <td>März 2015</td> <td>keine</td> </tr> <tr> <td>Gesamternergieeffizienz, Energieeinsparung und Wärmeschutz</td> <td>6</td> <td>Gesamternergieeffizienz, Energieeinsparung und Wärmeschutz</td> <td>März 2015</td> <td>gemäß Teil B der Anlage 1</td> </tr> </tbody> </table>	Bautechnische Anforderung	OIB-Richtlinie	Titel	Ausgabe	Sonderregelungen	Mechanische Festigung und Standsicherheit	1	Mechanische Festigung und Standsicherheit	März 2015	keine	Brandschutz (je nach Anwendungsfall)	2	Brandschutz	März 2015	gemäß Teil A der Anlage 1		2.1	Brandschutz bei Betriebsräumen	März 2015	keine		2.2	Brandschutz bei Garagen, überdachten Stellplätzen und Parkdecks	März 2015	keine		2.3	Brandschutz bei Gebäuden mit einem Stützsystem von mehr als 22 m	März 2015	keine	Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz	3	Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz	März 2015	keine	Nutzungssicherheit und Barrierefreiheit	4	Nutzungssicherheit und Barrierefreiheit	März 2015	keine	Gesamternergieeffizienz, Energieeinsparung und Wärmeschutz	6	Gesamternergieeffizienz, Energieeinsparung und Wärmeschutz	März 2015	gemäß Teil B der Anlage 1	Bautechnische Anforderungen gemäß Bautechnik-Verordnung	Bautechnikverordnung (BTV), inkl. Änderungen LGBl Nr. 55/2016, Fassung 17.12.2020	Bautechnik	--
Bautechnische Anforderung	OIB-Richtlinie	Titel	Ausgabe	Sonderregelungen																																													
Mechanische Festigung und Standsicherheit	1	Mechanische Festigung und Standsicherheit	März 2015	keine																																													
Brandschutz (je nach Anwendungsfall)	2	Brandschutz	März 2015	gemäß Teil A der Anlage 1																																													
	2.1	Brandschutz bei Betriebsräumen	März 2015	keine																																													
	2.2	Brandschutz bei Garagen, überdachten Stellplätzen und Parkdecks	März 2015	keine																																													
	2.3	Brandschutz bei Gebäuden mit einem Stützsystem von mehr als 22 m	März 2015	keine																																													
Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz	3	Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz	März 2015	keine																																													
Nutzungssicherheit und Barrierefreiheit	4	Nutzungssicherheit und Barrierefreiheit	März 2015	keine																																													
Gesamternergieeffizienz, Energieeinsparung und Wärmeschutz	6	Gesamternergieeffizienz, Energieeinsparung und Wärmeschutz	März 2015	gemäß Teil B der Anlage 1																																													
<p>Abweichend von Pkt 2.2.1, Tabelle 1b, Zeile 1.2, Zeile 2.2 und Zeile 4.3 sowie abweichend von den Pkt 5.3.1 und 5.3.3, jeweils lit c, genügt bei freistehenden, an mindestens drei Seiten auf eigenem Grund oder von Verkehrsflächen für die Brandbekämpfung von außen zugänglichen Wohnbauten der Gebäudeklasse 5 mit nicht mehr als sechs oberirdischen Geschossen eine Feuerwiderstandsdauer von 60 Minuten.</p>	Brandschutz, Abweichung zur OIB Richtlinie 2	Bautechnikverordnung (BTV), inkl. Änderungen LGBl Nr. 55/2016, Fassung 17.12.2020	Bautechnik	Brandschutz																																													
<p>Grenzwerte Transmissionsverluste (LEK_T) und Primärenergieindikator (P)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Gebäudekategorie</th> <th>Neubauten</th> <th>Bestandsbauten nach größeren Renovierungen</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Wohnbauten und Nicht-Wohnbauten¹⁾</td> <td>2,2</td> <td>LEK_T-Wert 2,6</td> </tr> <tr> <td>Wohnbauten</td> <td>4,0</td> <td>P₁-Wert²⁾ 68</td> </tr> </tbody> </table>	Gebäudekategorie	Neubauten	Bestandsbauten nach größeren Renovierungen	Wohnbauten und Nicht-Wohnbauten ¹⁾	2,2	LEK _T -Wert 2,6	Wohnbauten	4,0	P ₁ -Wert ²⁾ 68	Energieeinsparung und Wärmeschutz, Abweichungen zur OIB-Richtlinie 6	Bautechnikverordnung (BTV), inkl. Änderungen LGBl Nr. 55/2016, Fassung 17.12.2020	Bautechnik	Wärmeschutz																																				
Gebäudekategorie	Neubauten	Bestandsbauten nach größeren Renovierungen																																															
Wohnbauten und Nicht-Wohnbauten ¹⁾	2,2	LEK _T -Wert 2,6																																															
Wohnbauten	4,0	P ₁ -Wert ²⁾ 68																																															

Anforderung	Kurzbeschreibung	Quelle (Verordnung, Gesetze)	Bereich	Subthema																								
<p>Luft- und Winddichtheit - Beim Neubau muss die Gebäudehülle luft- und winddicht ausgeführt sein, wobei die Luftwechselrate n_{50} – gemessen bei 50 Pascal Druckdifferenz zwischen innen und außen, gemittelt über Unter- und Überdruck und bei geschlossenen Ab- und Zuluftöffnungen (Verfahren 1) – den Wert 3 pro Stunde nicht überschreiten darf. Wird eine mechanisch betriebene Lüftungsanlage mit oder ohne Wärmerückgewinnung eingebaut, darf die Luftwechselrate n_{50} den Wert 1,5 pro Stunde nicht überschreiten. Bei Wohngebäuden mit einer Brutto-Grundfläche von nicht mehr als 400 m², Doppel- und Reihenhäusern ist dieser Wert für jedes Haus, bei Wohngebäuden mit einer Brutto-Grundfläche von mehr als 400 m² für jede Wohnung bzw. Wohneinheit einzuhalten. Ein Mittel für einzelnen Wohnungen bzw. Wohneinheiten ist nicht zulässig. Der Wert ist auch für Treppenhäuser, die innerhalb der konditionierten Gebäudehülle liegen, inklusive der von diesen erschlossenen Wohnungen einzuhalten. Bei Nicht-Wohngebäuden der Gebäudekategorien 1 bis 12, gemäß Punkt 3 bezieht sich die Anforderung auf jeden Brandabschnitt.</p> <p>Je nach Nachweisverfahren, Anforderungen an den HWB gemäß OIB Richtlinie 6, 2015 oder OIB Richtlinie 6, 2019</p>	<p>OIB-Richtlinie 6, Version März 2015, Luft- und Winddichtheit</p>	<p>Bautechnik</p>	<p>Luftdichtheit</p>																									
<p>Thermische Flexibilität des Gebäudes - Die thermische Flexibilität eines Gebäudes wird maßgeblich durch das Auskühl- bzw. Aufheizverhaltens der Räume im Gebäude bestimmt. Die Bewertung des Aufheizverhaltens im Sommer (Kühlungsflexibilität) erfolgt über die Stunden in der der lineare Trend der operativen Temperatur das Komfortband (22 – 26 °C) nicht verlässt (Zeit ohne aktive Kühlung). Die Bewertung des Auskühlverhaltens im Winter (Heizungsflexibilität) erfolgt über die Stunden in der der lineare Trend der operativen Temperatur das Komfortband (24 – 22 °C) nicht verlässt.</p>	<p>Kriterien aus Klimaaktiv: Kategorie Energie und Versorgung Kriterien aus Klimaaktiv: Kategorie Energie und Versorgung, Thermische Flexibilität</p>	<p>Kriterienkatalog Klimaaktiv 2020 für Wohngebäude, Download am 22.12.2020</p>	<p>Bautechnik</p>	<p>Heizwärmebedarf Sommerlicher Wärmeschutz</p>																								
<p>Anforderungen Wohnbau - Bewertungsgröße der Luftdichtheit ist der n_{50}-Wert. Dabei handelt es sich um jene Luftwechselrate, die bei 50 Pascal Druckdifferenz zwischen innen und außen, gemittelt über Unter- und Überdruck, auftritt. Zu bestimmen ist der n_{50}-Wert im Rahmen der Klimaaktiv Bewertung nach Verfahren 1 (im Nutzungszustand) der ÖNORM EN ISO 9972 (Ausgabe 2016).</p>	<p>Kriterien aus Klimaaktiv: Kategorie Energie und Versorgung, Luftdichtheit</p>	<p>Kriterienkatalog Klimaaktiv 2020 für Wohngebäude, Download am 22.12.2020</p>	<p>Bautechnik</p>	<p>Luftdichtheit</p>																								
<p>(1) Die Gewährung einer Förderung für die Errichtung von Mietwohnungen setzt die Einhaltung folgender Anforderungen an die bauliche Ausnutzbarkeit und die Raum-, Flächen- und Fassadeneffizienz voraus:</p> <table border="1" data-bbox="703 1525 863 2105"> <thead> <tr> <th></th> <th>Ausforderung</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 Bauliche Ausnutzbarkeit:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>a) Geschossflächenzahl</td> <td>>= 0,70 >= 0,60</td> </tr> <tr> <td>b) sonstige Geometrien:</td> <td><= 6,30</td> </tr> <tr> <td>2 Raumeffizienz:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>unbauter Raumvolumenrate</td> <td>>= 0,70 >= 0,75 >= 20,00</td> </tr> <tr> <td>3 Flächeneffizienz:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Nutzfläche BGF oberirdisch</td> <td>>= 0,70 >= 0,75 >= 20,00</td> </tr> <tr> <td>a) nur Laubengang</td> <td>>= 0,75 >= 20,00</td> </tr> <tr> <td>b) ohne Laubengang</td> <td>>= 0,75 >= 20,00</td> </tr> <tr> <td>4 Fassadeneffizienz:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Wohnnutzfläche</td> <td><= 1,20</td> </tr> </tbody> </table>		Ausforderung	1 Bauliche Ausnutzbarkeit:		a) Geschossflächenzahl	>= 0,70 >= 0,60	b) sonstige Geometrien:	<= 6,30	2 Raumeffizienz:		unbauter Raumvolumenrate	>= 0,70 >= 0,75 >= 20,00	3 Flächeneffizienz:		Nutzfläche BGF oberirdisch	>= 0,70 >= 0,75 >= 20,00	a) nur Laubengang	>= 0,75 >= 20,00	b) ohne Laubengang	>= 0,75 >= 20,00	4 Fassadeneffizienz:		Wohnnutzfläche	<= 1,20	<p>Förderaussetzung zur Errichtung von Mietwohnungen</p>	<p>Wohnbauförderungsverordnung (WBFV), inkl. Änderungen LGBl Nr 107/2020, Fassung 17.12.2020</p>	<p>Entwurf</p>	<p>-</p>
	Ausforderung																											
1 Bauliche Ausnutzbarkeit:																												
a) Geschossflächenzahl	>= 0,70 >= 0,60																											
b) sonstige Geometrien:	<= 6,30																											
2 Raumeffizienz:																												
unbauter Raumvolumenrate	>= 0,70 >= 0,75 >= 20,00																											
3 Flächeneffizienz:																												
Nutzfläche BGF oberirdisch	>= 0,70 >= 0,75 >= 20,00																											
a) nur Laubengang	>= 0,75 >= 20,00																											
b) ohne Laubengang	>= 0,75 >= 20,00																											
4 Fassadeneffizienz:																												
Wohnnutzfläche	<= 1,20																											
<p>Die Höhe der Zuschlagpunkte für erhöhte Gesamtergieffizienz und ökologische Baustoffwahl ist gemäß folgender Formel zu berechnen. Das Ergebnis ist auf eine ganze Zahl kaufmännisch zu runden und darf den Wert von 0 nach unten und von 40 nach oben nicht übersteigen: Zuschlagpunkte = $40 - 40/80 * (N_{30} - P_{Gek} + P_{W})$</p> <p>Dabei sind für die Werte N_{30}, P_{Gek} und P_{W} heranzuziehen:</p> <p>a) für den Nachhaltigkeitsprimärenergieindikator N_{30}; die Anlage 2 der Salzburger Bautechnikverordnung (S.BTV),</p> <p>b) für den Primärenergieindikator P_{Gek}; der für die zutreffende Gebäudekategorie festgelegte Wert gemäß der Anlage 1 Teil B Abs 4 Z 2 S.BTV. und</p> <p>c) für den Primärenergieindikator P_{W}; der für Wohnbauten festgelegte Wert gemäß der Anlage 1 Teil B Abs 4 Z 2 S.BTV.</p>	<p>Zuschlagpunkte für erhöhte Gesamtergieffizienz und ökologische Baustoffwahl sowie für sonstige Maßnahmen</p>	<p>Wohnbauförderungsverordnung (WBFV), inkl. Änderungen LGBl Nr 107/2020, Fassung 17.12.2020</p>	<p>Entwurf</p>	<p>Energieeffizienz</p>																								
<p>Standortqualität:</p> <table border="1" data-bbox="1023 1525 1182 2105"> <thead> <tr> <th>Merkmal</th> <th>Punkte</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a) Entbindung eines Betriebs (Gestaltungsbereich oder) im Bauverfahren</td> <td>je 2</td> </tr> <tr> <td>b) Überschreitung Geschossflächenzahl gemäß § 4 Abs 1 Z 1 um je ganze 0,1</td> <td>je 2</td> </tr> <tr> <td>c) Ausbindung an den öffentlichen Verkehr</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>d) im Stilbereich eines Lebensmittellieferanten</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>e) im Stilbereich eines Lebensmittelgeschäftes</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>f) Ausbindung an den öffentlichen Verkehr</td> <td>je 1</td> </tr> <tr> <td>g) Überschreitung des Prozentsatzes der zulässigen Nebenkosten gemäß § 13 Abs 1a S. WFG 2015 im Verhältnis zu den berechneten Bankkosten je gesamtem</td> <td>je 1</td> </tr> <tr> <td>h) Überschreitung des Prozentsatzes der zulässigen Nebenkosten gemäß § 13 Abs 1a S. WFG 2015 im Verhältnis zu den berechneten Bankkosten je angereinigtem Prozentpunkt</td> <td>je -1</td> </tr> </tbody> </table>	Merkmal	Punkte	a) Entbindung eines Betriebs (Gestaltungsbereich oder) im Bauverfahren	je 2	b) Überschreitung Geschossflächenzahl gemäß § 4 Abs 1 Z 1 um je ganze 0,1	je 2	c) Ausbindung an den öffentlichen Verkehr	3	d) im Stilbereich eines Lebensmittellieferanten	3	e) im Stilbereich eines Lebensmittelgeschäftes	3	f) Ausbindung an den öffentlichen Verkehr	je 1	g) Überschreitung des Prozentsatzes der zulässigen Nebenkosten gemäß § 13 Abs 1a S. WFG 2015 im Verhältnis zu den berechneten Bankkosten je gesamtem	je 1	h) Überschreitung des Prozentsatzes der zulässigen Nebenkosten gemäß § 13 Abs 1a S. WFG 2015 im Verhältnis zu den berechneten Bankkosten je angereinigtem Prozentpunkt	je -1	<p>Zuschlagpunkte für erhöhte Gesamtergieffizienz und ökologische Baustoffwahl sowie für sonstige Maßnahmen</p>	<p>Wohnbauförderungsverordnung (WBFV), inkl. Änderungen LGBl Nr 107/2020, Fassung 17.12.2020</p>	<p>Entwurf</p>	<p>Standortqualität</p>						
Merkmal	Punkte																											
a) Entbindung eines Betriebs (Gestaltungsbereich oder) im Bauverfahren	je 2																											
b) Überschreitung Geschossflächenzahl gemäß § 4 Abs 1 Z 1 um je ganze 0,1	je 2																											
c) Ausbindung an den öffentlichen Verkehr	3																											
d) im Stilbereich eines Lebensmittellieferanten	3																											
e) im Stilbereich eines Lebensmittelgeschäftes	3																											
f) Ausbindung an den öffentlichen Verkehr	je 1																											
g) Überschreitung des Prozentsatzes der zulässigen Nebenkosten gemäß § 13 Abs 1a S. WFG 2015 im Verhältnis zu den berechneten Bankkosten je gesamtem	je 1																											
h) Überschreitung des Prozentsatzes der zulässigen Nebenkosten gemäß § 13 Abs 1a S. WFG 2015 im Verhältnis zu den berechneten Bankkosten je angereinigtem Prozentpunkt	je -1																											

Anforderung	Kurzbeschreibung	Quelle (Verordnung, Gesetze)	Bereich	Subthema																														
<p>Sonstige Maßnahmen: Die Höhe der Zuschlagspunkte für sonstige Maßnahmen im Neubau ergibt sich aus der Summe der Punkte für die angeführten Maßnahmen:</p> <table border="1" data-bbox="236 741 507 987"> <thead> <tr> <th>Sonstige Maßnahmen:</th> <th>Punkte</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>a) Werbewerke ohne Kostengarantie</td><td>1</td></tr> <tr><td>b) Denkmalschutz</td><td>2</td></tr> <tr><td>c) barrierefreie Ausstattung und/oder Kleinwohnungen</td><td>10</td></tr> <tr><td>d) barrierefreie Ausstattung von Mehrfamilien- oder Einfamilienhäusern oder eines Wohnhauses für betreutes Wohnen</td><td>15</td></tr> <tr><td>e) Statorwohnungen</td><td>18</td></tr> <tr><td>f) Errichtung von Einzel- oder Tiefgaragen/Mobilitätskonzept</td><td>10</td></tr> <tr><td>g) Errichtung von Carports/Mobilitätskonzept</td><td>5</td></tr> <tr><td>h) Holzbaweise</td><td></td></tr> <tr><td> Massivholzbau</td><td>Bisw-Wert < 15</td></tr> <tr><td> Hybridbau</td><td>Bisw-Wert >= 15</td></tr> <tr><td> Holzbaustrom</td><td>Bisw-Wert < 15</td></tr> <tr><td> Holzbaustrom</td><td>Bisw-Wert >= 15</td></tr> <tr><td>i) Einzelgewerkschaftserschließung</td><td>3</td></tr> <tr><td>j) Unerreichung der Anzahl der Garagenplätze auf Grund eines entsprechenden Mobilitätskonzeptes im Verhältnis zur Anzahl der Wohnungen, bei betreutem Wohnen zu 80 % der Wohnungen je ganze 5 %</td><td>je 2</td></tr> </tbody> </table>	Sonstige Maßnahmen:	Punkte	a) Werbewerke ohne Kostengarantie	1	b) Denkmalschutz	2	c) barrierefreie Ausstattung und/oder Kleinwohnungen	10	d) barrierefreie Ausstattung von Mehrfamilien- oder Einfamilienhäusern oder eines Wohnhauses für betreutes Wohnen	15	e) Statorwohnungen	18	f) Errichtung von Einzel- oder Tiefgaragen/Mobilitätskonzept	10	g) Errichtung von Carports/Mobilitätskonzept	5	h) Holzbaweise		Massivholzbau	Bisw-Wert < 15	Hybridbau	Bisw-Wert >= 15	Holzbaustrom	Bisw-Wert < 15	Holzbaustrom	Bisw-Wert >= 15	i) Einzelgewerkschaftserschließung	3	j) Unerreichung der Anzahl der Garagenplätze auf Grund eines entsprechenden Mobilitätskonzeptes im Verhältnis zur Anzahl der Wohnungen, bei betreutem Wohnen zu 80 % der Wohnungen je ganze 5 %	je 2	<p>Zuschlagspunkte für erhöhte Gesamtenergieeffizienz und ökologische Baustoffwahl sowie für sonstige Maßnahmen</p>	<p>Wohnbauförderungsverordnung (WBFV), inkl. Änderungen, LGBl Nr. 107/2020, Fassung 17.12.2020</p>	<p>Entwurf</p>	<p>Baustoffe</p>
Sonstige Maßnahmen:	Punkte																																	
a) Werbewerke ohne Kostengarantie	1																																	
b) Denkmalschutz	2																																	
c) barrierefreie Ausstattung und/oder Kleinwohnungen	10																																	
d) barrierefreie Ausstattung von Mehrfamilien- oder Einfamilienhäusern oder eines Wohnhauses für betreutes Wohnen	15																																	
e) Statorwohnungen	18																																	
f) Errichtung von Einzel- oder Tiefgaragen/Mobilitätskonzept	10																																	
g) Errichtung von Carports/Mobilitätskonzept	5																																	
h) Holzbaweise																																		
Massivholzbau	Bisw-Wert < 15																																	
Hybridbau	Bisw-Wert >= 15																																	
Holzbaustrom	Bisw-Wert < 15																																	
Holzbaustrom	Bisw-Wert >= 15																																	
i) Einzelgewerkschaftserschließung	3																																	
j) Unerreichung der Anzahl der Garagenplätze auf Grund eines entsprechenden Mobilitätskonzeptes im Verhältnis zur Anzahl der Wohnungen, bei betreutem Wohnen zu 80 % der Wohnungen je ganze 5 %	je 2																																	
<p>Anforderungen für Zuschlagspunkte zur Standortqualität</p> <table border="1" data-bbox="236 1366 507 1433"> <thead> <tr> <th>Maßnahmen gemäß</th> <th>Anforderung</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>In a</td> <td>Berechnen einer, Beirats und dessen Einbindung im Bauvorhaben.</td> </tr> <tr> <td>In b</td> <td>Die angeführten Einrichtungen müssen sich im Umkreis von 1000 m Luftlinie vom Bauvorhaben befinden. Weiters gilt:</td> </tr> <tr> <td>In c bis e</td> <td>1. hinsichtlich der ltr e: es muss eine Haltestelle vorhanden sein und zwischen 600 Uhr und 9:00 Uhr morgens eine mindestens einstündige Wartezeit für den Fahrgast zu erwarten sein. 2. hinsichtlich der ltr d: es muss sich um einen Vollversorger oder gemeinsam mit weiteren Lebensmittelanbietern um einen mehr als nur Teilversorger handeln. 3. hinsichtlich der ltr e: es muss eine der angeführten Einrichtungen vorhanden sein.</td> </tr> </tbody> </table>	Maßnahmen gemäß	Anforderung	In a	Berechnen einer, Beirats und dessen Einbindung im Bauvorhaben.	In b	Die angeführten Einrichtungen müssen sich im Umkreis von 1000 m Luftlinie vom Bauvorhaben befinden. Weiters gilt:	In c bis e	1. hinsichtlich der ltr e: es muss eine Haltestelle vorhanden sein und zwischen 600 Uhr und 9:00 Uhr morgens eine mindestens einstündige Wartezeit für den Fahrgast zu erwarten sein. 2. hinsichtlich der ltr d: es muss sich um einen Vollversorger oder gemeinsam mit weiteren Lebensmittelanbietern um einen mehr als nur Teilversorger handeln. 3. hinsichtlich der ltr e: es muss eine der angeführten Einrichtungen vorhanden sein.	<p>Zuschlagspunkte für erhöhte Gesamtenergieeffizienz und ökologische Baustoffwahl sowie für sonstige Maßnahmen</p>	<p>Wohnbauförderungsverordnung (WBFV), inkl. Änderungen, LGBl Nr. 107/2020, Fassung 17.12.2020</p>	<p>Entwurf</p>	<p>Standortqualität</p>																						
Maßnahmen gemäß	Anforderung																																	
In a	Berechnen einer, Beirats und dessen Einbindung im Bauvorhaben.																																	
In b	Die angeführten Einrichtungen müssen sich im Umkreis von 1000 m Luftlinie vom Bauvorhaben befinden. Weiters gilt:																																	
In c bis e	1. hinsichtlich der ltr e: es muss eine Haltestelle vorhanden sein und zwischen 600 Uhr und 9:00 Uhr morgens eine mindestens einstündige Wartezeit für den Fahrgast zu erwarten sein. 2. hinsichtlich der ltr d: es muss sich um einen Vollversorger oder gemeinsam mit weiteren Lebensmittelanbietern um einen mehr als nur Teilversorger handeln. 3. hinsichtlich der ltr e: es muss eine der angeführten Einrichtungen vorhanden sein.																																	
<p>Anforderungen für Zuschlagspunkte zur ökologischen Baustoffwahl</p> <p>lt b</p> <p>Entwicklung des Gesamtbaubaus mit Ausnahme der Fundamentplatte, des Keller und der vertikalen Erschließung. Massivholzbau: Wird ein gesamtes Stockwerk oder werden mehrere Stockwerke in Massivholz-, Brettsperrholz- oder Holzleimbauweise errichtet, können die Zuschlagspunkte gewichtet über die jeweilige Wohnnutzfläche vergeben werden. Hybridbauten und Bauten, die teilweise in Holzbau errichtet werden, es muss zumindest die gesamte Außenwand in Massivholz-, Brettsperrholz- oder Holzleimbauweise errichtet werden. Holzbaustrom: Bauten, bei denen die gesamte Außenwand aus Holzbaustrom besteht und für die Wärmedämmung ausschließlich Holzfasern verwendet wird. Der Holzanteil des gesamten Wandaufbaus (Stein, Dämmung, Wärmedämmverbundsystem) muss mehr als 70 % m²/m² aufweisen.</p> <p>Gebrauchte Baustoffe und Bauteile dürfen nur wiederverwendet werden, wenn das damit Hergestellte bei ordnungsgemäßer Instandhaltung dem Verwendungszweck entsprechend während einer angemessenen Zeitdauer und unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit gebrauchstauglich ist und den in diesem Gesetz aufgestellten Anforderungen entspricht. Auf Verlangen der Baubehörde hat der Bauherrin die Eignung solcher Baustoffe und Bauteile nachzuweisen.</p> <p>Grün- und Flächenindikator (GFF) - Der GFF stellt die naturhaushalt- und klimawirksame Flächen in Bezug zur Grundstücksfläche. Jedes Bauvorhaben beeinflusst auf vielfältige Weise das Mikroklima: Durch zunehmende Versiegelung kommt es nicht nur zum Verlust von natürlichen Bodenressourcen, Versiegelung führt auch zwangsläufig zur Beeinträchtigung des Wasserhaushalts. In dichtverbauten Gebieten wird immer öfter von „Urban Heat Islands“ gesprochen: Als Folge der Verbaubarkeit entstehen in heißen Sommermonaten lokale Hitzeinseln, die von sehr vielen Menschen als unangenehm empfunden werden. Begrünung, natürliche und künstliche Schattenspenden und jegliche Formen von offenem Wasser können hier Linderung verschaffen.</p> <p>Anforderungen - Gebäude benötigen in ihrem Lebenszyklus bei ihrer Errichtung, Instandhaltung und Wartung und ihren Sanierungs- und Entwicklungszyklen beträchtliche Materialressourcen. Hinsichtlich der stofflichen und abfallwirtschaftlichen Aspekte gelten deshalb folgende Leitprinzipien: 1. Vermeiden – Reduce: Maßnahmen zur Verringerung von Abfallmengen. Beispielhafte Maßnahmen: schlanke Konstruktionen, optimierte Raumgrößen, Vorortverwendung von Aushub, Sand und dergleichen. 2. Wiederverwenden – Reuse: möglichst gleichwertige Weiterverwendung von Materialien, Bauteilen oder eingesetzten Technologien geringwertigeren Produkten 3. Produktorientierte Verwertung – Recycling: Aufbereitung von Materialien zur Wiederverwendung in Produkten oder Technologien in vergleichbaren oder geringwertigeren Produkten 4. Sonstige Verwertung: energetisch-thermische Verwertung, Verfüllung 5. Entsorgung / Deponierung, sofern die oben genannten Prinzipien nicht anwendbar sind.</p>	<p>Zuschlagspunkte für erhöhte Gesamtenergieeffizienz und ökologische Baustoffwahl sowie für sonstige Maßnahmen</p>	<p>Wohnbauförderungsverordnung (WBFV), inkl. Änderungen, LGBl Nr. 107/2020, Fassung 17.12.2020</p>	<p>Entwurf</p>	<p>Baustoffe</p>																														

Anforderung	Kurzbeschreibung	Quelle (Verordnung, Gesetze)	Bereich	Subthema
Nutzenunabhängige Mindestluftwechsel: 0,10 1/h (Zielwert 0,15 1/h) Nach Sanierung: 0,15 1/h (Zielwert 0,25 1/h) Nach Fenstertausch ohne therm. Sanierung: 0,25 1/h (Zielwert 0,40 1/h)	Ein ausreichender Luftwechsel, in Abhängigkeit vom Wärmeschutzniveau des Gebäudes, ist zu gewährleisten	Energieeffizienz Richtlinie, Stand 01.08.2016	Gebäudetechnik	Feuchteschutz
Wassersparteknik: WC Spülarmen Dosierung, bei 3 bar Vordruck - Duschkopf mit maximal 9 l/min und Waschtisch 6 l/min Durchfluss	Ausstattung mit Kaltwasserzählern und Wassersparteknik je Wohnung bzw. NE	Energieeffizienz Richtlinie, Stand 01.08.2016	Gebäudetechnik	Sanitär
Spezif. Strombedarf beim Betriebsluftvolumenstrom max. 0,20 Wh/m³	Bedarfsabhängige Abluftanlage von Wohnungen (ohne Wärmerückgewinnung	Energieeffizienz Richtlinie, Stand 01.08.2016	Gebäudetechnik	Lüftung
In allen Wohn- und Schlafzimmern (Aufenthaltsräumen) sind Zuluft-Elemente abgestimmt auf die Personenbelegung und Komfortbedingungen auszuführen.	Wand- oder Fensterzuluft-Elemente	Energieeffizienz Richtlinie, Stand 01.08.2016	Gebäudetechnik	Lüftung
Ausreichend große Lüftungsquerschnitte zur Nachströmung der Luft zwischen den Räumen sind anzubringen.	Kontrollierte Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung	Energieeffizienz Richtlinie, Stand 01.08.2016	Gebäudetechnik	Lüftung
Nach ÖNORM H 6038 für Wohnungen bei Einzelraumlüftern darf im Energieausweis jeweils nur jene Lüftmenge mit Wärmerückgewinnung angesetzt werden, bei der der A-bewertete Schall-Leistungspegel $L_{WA,verb} \leq 25$ dB nicht überschritten wird.	Hocheffiziente Wärmerückgewinnung	Energieeffizienz Richtlinie, Stand 01.08.2016	Gebäudetechnik	Lüftung
Zentrale bzw. semizentrale Lüftungsgeräte für MFH (Modulgeräte) verfügen über abluftseitige Rückwärmzahl nach ÖNORM EN 308 von 70% bei Massenbalance auf der Außen-/Fortluftseite sowie einer Rückwärmzahl außen-/fortluftseitig ohne Kondensation oder einen effektiven Wärmebereitstellungsgrad nach Passivhausinstitut (PHI)-Prüfreglement von zumindest 75%.	Geringer Strombedarf	Energieeffizienz Richtlinie, Stand 01.08.2016	Gebäudetechnik	Lüftung
Spezifische Leistungsaufnahme der gesamten Lüftungsanlage beim Betriebsluftvolumenstrom (Nennvolumenstrom): wohnungsweise Systeme: $\leq 0,40$ Wh/m³ (Zielwert $\leq 0,20$ Wh/m³), Zentral- bzw. semizentrale Anlagen $0,45$ Wh/m³ (Zielwert $\leq 0,35$ Wh/m³).	Substromzähler	Energieeffizienz Richtlinie, Stand 01.08.2016	Gebäudetechnik	Lüftung
Zentrale Lüftungsgeräte für MFH sind mit Substromzähler auszustatten.	Schallkomfort	Energieeffizienz Richtlinie, Stand 01.08.2016	Gebäudetechnik	Lüftung
Der A-bewertete Anlagengeräuschpegel $L_{A,FM,NI}$ darf beim Auslegungsvolumenstrom in Aufenthaltsräumen max. 25 dB, beim Schutzziel Schlafen soll 20 dB nicht überschritten werden.	Dimensionierung der Wärmbereitstellung	Energieeffizienz Richtlinie, Stand 01.08.2016	Gebäudetechnik	Heizung
Die Leistung der Wärmebereitstellungsanlage darf die im Energieausweis errechnete Heizlast (unter Berücksichtigung der energetisch wirksamen Luftwechselrate) um maximal 30%, bei Luft/Wasser-Wärmepumpen um maximal 40% überschreiten.	Wärmemengenzähler für Zuluft-Nachheizung	Energieeffizienz Richtlinie, Stand 01.08.2016	Gebäudetechnik	Heizung
Ab einer Zuluft-Nachheizungleistung von über 5 kW ist ein Wärmemengenzähler einzubauen.	Holzheizungen	Energieeffizienz Richtlinie, Stand 01.08.2016	Gebäudetechnik	Heizung
Es dürfen nur Feuerungsanlagen eingebaut werden, die bei der Typenprüfung die Emissionsgrenzwerte der Österreichischen Umweltzeichen Richtlinie UZ37 (www.umweltzeichen.at), „Holzheizungen“ vom 1. Jänner 2008 erfüllen.	Ersatz von Wärmezeugungssystemen	Energieeffizienz Richtlinie, Stand 01.08.2016	Gebäudetechnik	Heizung
Grundsätzlich ist das alte Wärmezeugungssystem zu entsorgen bzw. von der Brennstoffzufuhr und vom Kamin zu trennen. In begründeten Ausnahmefällen können bestehende typengeprüfte Heizkessel für einen Bivalentbetrieb eingesetzt werden.	Elektrisch betriebene Heizungsärmepumpen	Energieeffizienz Richtlinie, Stand 01.08.2016	Gebäudetechnik	Heizung
Heizungswärmepumpen müssen über ein österreichisches EHPA Gütesiegel verfügen. Folgende COP-Werte nach ÖNORM EN 14511 sind mindestens zu erfüllen: - Sole/Wasser: Prüfpunkt B0W35, COP-Wert 4,6 - Direktverdampfer/Wasser: Prüfpunkt E4W35, COP-Wert 5,1 - Wasser/Wasser: Prüfpunkt W10W35, COP-Wert 5,8 - Luft/Wasser: Prüfpunkt A2W35, COP-Wert 3,6	Anforderung an die Wärmequellen	Energieeffizienz Richtlinie, Stand 01.08.2016	Gebäudetechnik	Heizung
Anforderungen und -methoden müssen vorhanden sein, mit denen die erzeugte Wärmemenge (Wärmemengenzähler und eigener Strommengenzähler) zu OWA V Regelblatt 207 vorgeleitet wird.	Energiezählung	Energieeffizienz Richtlinie, Stand 01.08.2016	Gebäudetechnik	Heizung
- Erdkollektoren: ≥ 50 m² pro kW Heizlast - Tiefensonden: ≥ 20 m Tiefenbohrung pro kW Heizlast	Thermische Solaranlagen - Zertifizierung	Energieeffizienz Richtlinie, Stand 01.08.2016	Gebäudetechnik	Solaranlagen
Messverfahren und -methoden müssen vorhanden sein, mit denen die erzeugte Wärmemenge (Wärmemengenzähler und eigener Strommengenzähler) zu Kontrollzwecken erfasst werden kann. Auf Verlangen ist ein Nachweis über die Energieeffizienz der Anlage zu führen	Thermische Solaranlagen - Mindestleistungskennzahl der Kollektoren und Kollektorträger	Energieeffizienz Richtlinie, Stand 01.08.2016	Gebäudetechnik	Solaranlagen
Gültiges Solar Keymark Zertifikat nach GEN	Thermische Solaranlagen - Wärmemengenzähler vor der Einspeisung in den Solarspeicher vorzusehen. Der Solartertrag sollte grundsätzlich für die Module zwischen den Leistungs- und Qualitätstest nach IEC aufweisen und die Anlage die Errichtungs- und Sicherheitsanforderungen nach ÖVE/ÖNORM E 8001- 4-712:2009-12-01 „Errichtung von elektrischen Anlagen mit Nennspannung bis AC 1000 V und DC 1500 V – Teil 4-712: Photovoltaische Energieerzeugungsanlagen - Errichtungs- und Sicherheitsanforderungen“ erfüllen.	Energieeffizienz Richtlinie, Stand 01.08.2016	Gebäudetechnik	PV-Anlagen

Anforderung	Kurzbeschreibung	Quelle (Verordnung, Gesetze)	Bereich	Subthema																		
Bei der erstmaligen Errichtung eines Wärmeverteil- und Abgabesystems sind die Heizkörper und Flächenheizungen mit selbsttätig wirkenden Einrichtungen wie Thermostatventilen oder anderen selbsttätig wirkenden Systemen (Raumfühler zur Regelung mit motorbetriebenen Ventilen) zur raumweisen Temperaturregelung auszustatten. Außerdem sind die Wasservolumenströme an den Wärmebedarf der Räume anzupassen. Das Prokoll des hydraulischen Abgleichs mit den eingetragenen Einstellwerten ist dem Anlagenbetreiber zu übergeben.	Wärmeverteilung, Hydraulischer Abgleich	Energieeffizienz Richtlinie, Stand 01.08.2016	Gebäudetechnik	Heizung																		
Bei der Neuerrichtung oder Sanierung eines Heizungs- /Wärmwasserbereitungssystems ist grundsätzlich ein zentraler Heizungswasser-Pufferspeicher für hygienische Warmwasserbereitung (Frischwassermodul, Hygienespeicher, Tank-in-Tank System) einzubauen. Ausnahmen sind nur in begründeten Fällen möglich.	Wärmeverteilung, Speicher	Energieeffizienz Richtlinie, Stand 01.08.2016	Gebäudetechnik	Heizung																		
In begründeten Fällen kann das Mindestpuffervolumen um bis zu 10% unterschritten werden. Im Zusammenhang mit einer Bauteilaktivierung darf der Heizungswasserspeicheranteil um 100 l/m ² Betondecke reduziert werden.	Wärmeverteilung, Speicherdimensionierung	Energieeffizienz Richtlinie, Stand 01.08.2016	Gebäudetechnik	Heizung																		
<table border="1"> <tr> <td>Scheitholz-Puffer</td> <td>gem. ÖNORM EN 303-5</td> </tr> <tr> <td>Holzheizung mit automatischer Beschickung</td> <td>≥ 30 l /kW Nennheizleistung</td> </tr> <tr> <td>Thermische Solaranlage-Puffer</td> <td>≥ 100 / 75 / 50 Liter / m² Apertur</td> </tr> <tr> <td>Thermische Solaranlage-Boiler (ohne Puffer bei Sanierung)</td> <td>≥ 75 Liter / m² Apertur</td> </tr> <tr> <td>Wärmepumpe (Spezialspeicher)</td> <td>≥ 30 l /kW Nennheizleistung</td> </tr> <tr> <td>Inverter-gesteuerte Wärmepumpe (Spezialspeicher)</td> <td>≥ 15 l /kW Nennheizleistung</td> </tr> </table>	Scheitholz-Puffer	gem. ÖNORM EN 303-5	Holzheizung mit automatischer Beschickung	≥ 30 l /kW Nennheizleistung	Thermische Solaranlage-Puffer	≥ 100 / 75 / 50 Liter / m ² Apertur	Thermische Solaranlage-Boiler (ohne Puffer bei Sanierung)	≥ 75 Liter / m ² Apertur	Wärmepumpe (Spezialspeicher)	≥ 30 l /kW Nennheizleistung	Inverter-gesteuerte Wärmepumpe (Spezialspeicher)	≥ 15 l /kW Nennheizleistung										
Scheitholz-Puffer	gem. ÖNORM EN 303-5																					
Holzheizung mit automatischer Beschickung	≥ 30 l /kW Nennheizleistung																					
Thermische Solaranlage-Puffer	≥ 100 / 75 / 50 Liter / m ² Apertur																					
Thermische Solaranlage-Boiler (ohne Puffer bei Sanierung)	≥ 75 Liter / m ² Apertur																					
Wärmepumpe (Spezialspeicher)	≥ 30 l /kW Nennheizleistung																					
Inverter-gesteuerte Wärmepumpe (Spezialspeicher)	≥ 15 l /kW Nennheizleistung																					
Bei nach ÖNORM EN 12897 zertifizierten Speichern sind die Mindestvorgaben für den täglichen Bereitschaftsverlust des Wärmespeichers nach ÖNORM H 5056 einzuhalten. Bei nicht zertifizierten Speichern ist eine Dämmstoffstärke von mindestens 200 mm bei einem Bemessungswert für die Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffes λ von 0,04 W/mK oder gleichwertig auszuführen.	Wärmeverteilung, Speicherdämmung	Energieeffizienz Richtlinie, Stand 01.08.2016	Gebäudetechnik	Heizung																		
Das Wärmeverteilsystem ist grundsätzlich hinsichtlich der Verlegung im konditionierten Bereich und auf die Minimierung der Leitungslängen zu optimieren. Eine Mindestwarmwasserschuffleistung von 15 l/min bei 45°C pro Wohnung (ausgestattet mit Badewanne oder Dusche, Waschbecken, Spülbecken) bei einem höchstzulässigen Gesamtdruckverlust der Warmwasserstation inklusive Messeinrichtung von 0,35 bar ist einzuhalten.	Wärmeleitungen und Armaturen	Energieeffizienz Richtlinie, Stand 01.08.2016	Gebäudetechnik	Heizung																		
Die Brauchwasserwärmetauscherfläche muss $\geq 0,4 \text{ m}^2/\text{kW}$ der Nennwärmeleistung des Wärmeerzeugers aufweisen. Bei Wärmepumpen mit dreizahlregulierten Verdichtern, welche bei Brauchwassererladung eine automatische Leistungsreduzierung bis auf 50% der Nennheizleistung aufweisen, kann die Brauchwasserwärmetauscherfläche bis auf $0,25 \text{ m}^2/\text{kW}$ der Nennheizleistung bei A2W35 des Wärmeerzeugers reduziert werden.	Frischwassermodul bei Zweileiternetzen	Energieeffizienz Richtlinie, Stand 01.08.2016	Gebäudetechnik	Warmwasser																		
Von den Anforderungen an Teile des gebäudetechnischen Systems (siehe OIB-Richtlinie 6, Pkt 5) finden die Pkt 5.2 und 5.5 keine Anwendung. Anstelle der Pkt 5.1 und 5.3 gelten folgende Anforderungen. Bei Neubauten von Wohnhäusern mit mehr als fünf Wohneinheiten sind einzubauen: a) Zu- und Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung nach Maßgabe der ÖNORM H 6038, Ausgabe Februar 2014; oder b) bedarfsgeregelte Abluftanlagen nach Maßgabe der ÖNORM H 6036, Ausgabe Juni 2007, wobei der feuchtegesteuerte Betriebsvolumenstrom auf einen 0,4 fachen Luftwechsel je Wohnung ausgelegt werden kann.	Brauchwasserspeicher mit Register (Boiler)	Energieeffizienz Richtlinie, Stand 01.08.2016	Gebäudetechnik	Warmwasser																		
Bei Neubauten sind die Anlagen für die Heizung und die Warmwasserbereitung wie folgt auszulegen: a) bei Einsatz von Fernwärme: der Temperaturunterschied zwischen Fernwärmerücklauf und Rücklauf der Sekundäranlage auf höchstens 2 K im Auslegungspunkt; b) die Vorlauftemperatur von Wärmeleitnetzen auf höchstens 55° C, soweit aus Gründen der Versorgung mit gesundheitlich einwandfreiem Trinkwasser nicht eine höhere Vorlauftemperatur erforderlich ist; c) die Rücklauftemperatur von Wärmeverteilsystemen auf höchstens 40° C. Bei der Errichtung oder dem Einbau von zentralen Wärmebereitstellungssystemen für mehr als fünf Wohn- oder Betriebseinheiten ist ein gemeinsames Zweileiter-Wärmeleitnetz für die Heizung und die dezentrale Warmwasserbereitung vorzusehen. Dies gilt nicht, wenn die zentrale Wärmebereitstellung durch eine elektrisch betriebene Wärmepumpe erfolgt.	Energieeinsparung und Wärmeschutz, Abweichungen zur OIB-Richtlinie 6, geltend für MEHR als 5 Wohneinheiten	Bautechnikverordnung (BTV), inkl. Änderungen LGBl Nr. 55/2016, Fassung 17.12.2020	Gebäudetechnik	Lüftung																		
Die Bestimmungen über die Konversionsfaktoren (Pkt 8) sind mit der Maßgabe anzuwenden, dass die Zeile 6 „Fernwärme aus Heizwerk (erneuerbar)“ wie folgt lautet:	Energieeinsparung und Wärmeschutz, Abweichungen zur OIB-Richtlinie 6, geltend bei Neubaut	Bautechnikverordnung (BTV), inkl. Änderungen LGBl Nr. 55/2016, Fassung 17.12.2020	Gebäudetechnik	Heizung, Warmwasser																		
<table border="1"> <tr> <td>6</td> <td>Erneuerbarer Fernwärme aus Heizwerk (erneuerbar)</td> <td>f_{10}</td> <td>$f_{10,0}$</td> <td>$f_{10,1}$</td> <td>$f_{10,2}$</td> <td>$f_{10,3}$</td> <td>$f_{10,4}$</td> <td>$f_{10,5}$</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>1,0</td> <td>0,15</td> <td>0,2</td> <td>0,25</td> <td>0,3</td> <td>0,35</td> <td>0,4</td> </tr> </table>	6	Erneuerbarer Fernwärme aus Heizwerk (erneuerbar)	f_{10}	$f_{10,0}$	$f_{10,1}$	$f_{10,2}$	$f_{10,3}$	$f_{10,4}$	$f_{10,5}$			1,0	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	Energieeinsparung und Wärmeschutz, Abweichungen zur OIB-Richtlinie 6	Bautechnikverordnung (BTV), inkl. Änderungen LGBl Nr. 55/2016, Fassung 17.12.2020	Gebäudetechnik	Heizung
6	Erneuerbarer Fernwärme aus Heizwerk (erneuerbar)	f_{10}	$f_{10,0}$	$f_{10,1}$	$f_{10,2}$	$f_{10,3}$	$f_{10,4}$	$f_{10,5}$														
		1,0	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4														
Vergleichend Auszug aus OIB:																						
<table border="1"> <tr> <td>6</td> <td>Fernwärme aus Heizwerk (erneuerbar)</td> <td>1,60</td> <td>0,28</td> <td>1,32</td> <td>51</td> </tr> </table>	6	Fernwärme aus Heizwerk (erneuerbar)	1,60	0,28	1,32	51	Energieeinsparung und Wärmeschutz, Abweichungen zur OIB-Richtlinie 6	Bautechnikverordnung (BTV), inkl. Änderungen LGBl Nr. 55/2016, Fassung 17.12.2020	Gebäudetechnik	Heizung												
6	Fernwärme aus Heizwerk (erneuerbar)	1,60	0,28	1,32	51																	
Bei der Errichtung neuer oder größerer Renovierung bestehender baulicher Anlagen muss die technische, ökologische und wirtschaftliche Realisierbarkeit des Einsatzes von hocheffizienten alternativen Systemen, sofern verfügbar, in Betracht gezogen, berücksichtigt und in der Baubeschreibung dokumentiert werden. Solche Systeme sind insbesondere: 1. dezentrale Energieversorgungssysteme auf der Grundlage von Energie aus erneuerbaren Quellen, 2. Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen, 3. Fern-/Nahwärmeeinlagen oder Fern-/Nahkälteeinlagen, insbesondere wenn sie ganz oder teilweise auf Energie aus erneuerbaren Quellen beruhen, 4. Wärmepumpen.	Gesamteffizienz	Salzburger Bautechnikgesetz 2015, Fassung 17.12.2020	Gebäudetechnik	Heizung																		

Anforderung	Kurzbeschreibung	Quelle (Verordnung, Gesetze)	Bereich	Subthema																				
<p>Bauliche Anlagen mit mehr als drei Wohn-, Geschäfts- oder sonstigen Nutzungseinheiten, die über eine zentrale Anlage mit Wärme, Kälte oder Warmwasser versorgt werden, sind zur Feststellung des tatsächlichen Energieverbrauchs der einzelnen Einheiten mit individuellen Zählern auszustatten, soweit dies technisch machbar, finanziell vertretbar und im Vergleich zu den potentiellen Energieeinsparungen verhältnismäßig ist. Eine Verpflichtung zum Einbau eines solchen Zählers besteht jedenfalls, wenn</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. neue Bauten mit neuen Anschlüssen ausgestattet oder bestehende Bauten einer größeren Renovierung unterzogen werden; 2. bestehende technische Einrichtungen zur Bestimmung des Energieverbrauchs ersetzt werden, außer in Fällen, in denen dies technisch nicht machbar oder im Vergleich zu den langfristig geschätzten potenziellen Einsparungen nicht kosteneffektiv ist. <p>Die Zähler müssen nicht geeicht sein, jedoch eine ausreichende Genauigkeit aufweisen. Werden mehrere bauliche Anlagen aus einer zentralen Anlage versorgt, muss, wenn nicht Dampf als Wärmeträger verwendet wird oder bei jeder einzelnen Wohnung oder Geschäftseinheit ein geeichter Zähler angebracht ist, zumindest ein geeichter Wärme- oder Warmwasserzähler für jeden Bau innerhalb oder in möglichst unmittelbarer Nähe desselben angebracht werden.</p> <p>Wird eine bauliche Anlage über ein Fernwärmenetz oder werden mehrere bauliche Anlagen aus einer zentralen Anlage mit Wärme, Kälte oder Warmwasser versorgt, ist ein Wärme- oder Warmwasserzähler am Wärmetauscher oder an der Übergabestelle zu installieren.</p> <p>Zentrale Wärmebereitstellung - Beim Neubau von Wohngebäuden mit mehr als drei Wohnungen bzw. Wohnheiten ist eine zentrale Wärmebereitstellungsanlage zu errichten. Von dieser Bestimmung sind ausgenommen:</p> <ol style="list-style-type: none"> (a) Gebäude, die mit Fernwärme oder Gas beheizt sind; (b) Gebäude, deren jährlicher Referenz-Heizwärmebedarf (RK) nicht mehr als 25 kWh/m² konditionierter Brutto-Grundfläche beträgt; (c) Reihenhäuser. <p>Maximal deckbare Strombedarfsanteile</p> <table border="1" data-bbox="608 853 703 1120"> <thead> <tr> <th>Bestandteile</th> <th>Deckbarer Anteil¹⁾</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Raumheizung, Wärmebereitstellung</td> <td>25 %</td> </tr> <tr> <td>Raumheizung, Hilfeenergie</td> <td>75 %</td> </tr> <tr> <td>Warmwasser, Wärmebereitstellung</td> <td>50 %</td> </tr> <tr> <td>Warmwasser, Hilfeenergie</td> <td>75 %</td> </tr> <tr> <td>Kühlerenergiebedarf</td> <td>25 %</td> </tr> <tr> <td>Haushaltsstrombedarf/ Betriebsstrombedarf</td> <td>75 %</td> </tr> <tr> <td>Solarthermie, Hilfeenergie</td> <td>100 %</td> </tr> <tr> <td>Beleuchtungsenergiebedarf</td> <td>0 %</td> </tr> <tr> <td>Beleuchtungsenergiebedarf</td> <td>0 %</td> </tr> </tbody> </table> <p><small>1. nur unter der Voraussetzung, dass Photovoltaik-Anlage und Stromerzeuger in selbst Stromerzeugend</small></p>	Bestandteile	Deckbarer Anteil ¹⁾	Raumheizung, Wärmebereitstellung	25 %	Raumheizung, Hilfeenergie	75 %	Warmwasser, Wärmebereitstellung	50 %	Warmwasser, Hilfeenergie	75 %	Kühlerenergiebedarf	25 %	Haushaltsstrombedarf/ Betriebsstrombedarf	75 %	Solarthermie, Hilfeenergie	100 %	Beleuchtungsenergiebedarf	0 %	Beleuchtungsenergiebedarf	0 %	<p>Monitoring</p> <p>Wärme- oder Warmwasserzähler</p> <p>OIB-Richtlinie 6, Version März 2015, Zentrale Wärmebereitstellungsanlage</p> <p>OIB-Richtlinie 6, Version März 2015, Strombedarfsanteile</p>	<p>Salzburger Bautechnikgesetz 2015, Fassung 17.12.2020</p> <p>Salzburger Bautechnikgesetz 2015, Fassung 17.12.2020</p> <p>OIB-Richtlinie 6, Version März 2015</p> <p>OIB-Richtlinie 6, Version März 2015</p>	<p>Gebäudetechnik</p> <p>Gebäudetechnik</p> <p>Gebäudetechnik</p> <p>Gebäudetechnik</p>	<p>-</p> <p>Heizung, Warm-</p> <p>Wärme-</p> <p>bereitstellung</p> <p>PV-Anlagen</p>
Bestandteile	Deckbarer Anteil ¹⁾																							
Raumheizung, Wärmebereitstellung	25 %																							
Raumheizung, Hilfeenergie	75 %																							
Warmwasser, Wärmebereitstellung	50 %																							
Warmwasser, Hilfeenergie	75 %																							
Kühlerenergiebedarf	25 %																							
Haushaltsstrombedarf/ Betriebsstrombedarf	75 %																							
Solarthermie, Hilfeenergie	100 %																							
Beleuchtungsenergiebedarf	0 %																							
Beleuchtungsenergiebedarf	0 %																							
<p>Ausschluss Kohle, Gas und Öl - Wärmeversorgungssysteme auf Basis fossiler Energieträger (wie Kohle, Öl und Gas) sind in der Katalogversion 2020 im Neubau und bei größeren Sanierungen mit Austausch des Wärmeerzeugers ausnahmslos nicht mehr zulässig.</p> <p>Anforderungen, Bewertet wird die Stromerzeugung durch PV-Anlagen, die mit dem Gebäude oder Nebengebäuden in Verbindung stehen (Dachintegration, Fassadenintegration, Aufständigung auf Flachdächern). Die Bepunktung erfolgt in Abhängigkeit vom spezifischen Jahresertrag der Anlage. Als spezifischer Ertrag wird der Ertrag in kWh/a definiert, der pro m² überbauter Fläche erzeugt wird.</p> <p>Anforderungen - Technisch gut geeignete Kältemittel gewährleisten den effizienten Betrieb von Wärmepumpen und Kälteanlagen und sind im Idealfall nicht brennbar und toxisch. Das Treibhauspotenzial von derzeit üblichen Kältemitteln liegt im Bereich zwischen 1 bis über 3000 CO₂-Äquivalenten, das bedeutet ein Kilogramm des Kältemittels ist 3000 mal so treibhauswirksam wie CO₂.</p> <p>Anforderungen Wohnbau - Ziel ist die Vermeidung von Überhitzungsproblemen im Sommer und in den Übergangszeiten. Dies führt zu einem besseren thermischen Komfort und macht den nachträglichen Kauf und Einsatz Strom verbrauchender Raumkühlergeräte unnötig. Es kann zwischen Variante A ODER Variante B ODER Variante C gewählt werden.</p> <p>VARIANTE A: Gebäude ohne aktive Kühlung/ mit Free-Cooling-Systemen - Folgende Nachweiswege sind möglich und werden unterschiedlich bepunktet: - Dynamische Gebäudesimulation: keine aktive Kühlung des Gebäudes notwendig und Temperatur von 26°C wird an weniger als 5% der Nutzungszeit für kritische Räume überschritten (Nachweis über therm. Gebäudesimulation oder CFD). - Erforderliche Kühlleistung kann über Free Cooling Systeme eingebracht werden. (Nachweis über dynam. Gebäudesimulation für gesamtes Gebäude und kritische Räume).</p> <p>VARIANTE A: Dynamische thermische Gebäudesimulation - Unter Berücksichtigung der Standortklimadaten kann für kritische Räume nachgewiesen werden, dass eine Überschreitung der Klasse I der ÖNORM 16798.1:2019-11-01 in weniger als 1,5% der Nutzungszeit unter den zu erwartenden NutzerInnenbedingungen (typische Belegungsdichte, innere Lasten durch Personen/Beleuchtung/Geräte) auftritt, wobei die Klasse I der ÖNORM 16798.1:2019-11-01 immer einzuhalten ist.</p> <p>VARIANTE B: Simulationsnachweis der Sommertauglichkeit nach ÖNORM prB 8110-3: 2020-04 für alle kritischen Räume eines Gebäudes (Musskriterium für Wohnbau)</p> <p>VARIANTE C: PHPP</p>	<p>Kriterien aus Klimaaktiv: Kategorie Energie</p> <p>Kriterien aus Klimaaktiv: Kategorie Energie und Versorgung, PV-Erträge</p> <p>Kriterienkatalog Klimaaktiv 2020: Kategorie Komfort und Gesundheit, Kühlung</p>	<p>Kriterienkatalog Klimaaktiv 2020 für Wohngebäude, Download am 22.12.2020</p> <p>Kriterienkatalog Klimaaktiv 2020 für Wohngebäude, Download am 22.12.2020</p> <p>Kriterienkatalog Klimaaktiv 2020 für Wohngebäude, Download am 22.12.2020</p> <p>Kriterienkatalog Klimaaktiv 2020 für Wohngebäude, Download am 22.12.2020</p>	<p>Gebäudetechnik</p> <p>Gebäudetechnik</p> <p>Gebäudetechnik</p> <p>Gebäudetechnik</p>	<p>Wärme-</p> <p>bereitstellung</p> <p>PV-Anlagen</p> <p>Wärme-</p> <p>bereitstellung</p> <p>Sommerlicher</p> <p>Wärmeschutz</p>																				
<p>Gebäuden konditionierten Bruttogeschossfläche $\geq 2.000 \text{ m}^2$ sind die zentralen Zählerdaten für den Heizenergieverbrauch samt Heizungs- und Rücklauftemperaturen (wenn möglich tägliche Temperaturmittelwerte), für die thermischen Solarerträge als auch für den Wasser- und Stromverbrauch täglich vor 24 Uhr automatisiert auf der Energieausweisdatenbank ZEUS zu speichern. Empfehlung: Subzähler für Vereinigungsschutz, Lüftungsanlagen, Zulufrachheizung ins Monitoring einbinden.</p>	<p>Monitoring</p>	<p>Energieeffizienz Richtlinie, Stand 01.08.2016</p>	<p>Nutzung</p>	<p>-</p>																				

Anforderung	Kurzbeschreibung	Quelle (Verordnung, Gesetze)	Bereich	Subthema
<p>Die Zählerstände für den gesamten elektrischen Stromverbrauch der Wärmepumpe (ohne Heizungsumwälzpumpe(n)), Wärmeabgabe der Wärmepumpe und Erträge der PV-Anlage (in kWh vom Wechselrichter) sind ab Inbetriebnahme der Anlage am Monatsende auszulesen und über einen Zeitraum von drei Jahren in der Energieausweisdatenbank ZEUS zu speichern.</p> <p>1. eine Bestätigung des Ausstellers oder der Ausstellerin über die Erfüllung der baurechtlichen Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz nach dieser Verordnung;</p> <p>2. ein Hinweis, wo der Auftraggeber oder die Auftraggeberin genauere Angaben auch zur Kosteneffizienz der im Energieausweis enthaltenen Empfehlungen erhalten kann.</p> <p>Die Gewährung einer Förderung nach den Unterabschnitten 2 bis 5a setzt voraus, dass sich die Förderungsnehmer zur Führung einer Energiebuchhaltung verpflichten:</p> <p>1. bei Einbau einer zentralen Systemtechnik für Bauten mit einer konditionierten BGF ab 1.000 m²: zur automatisierten Online-Erfassung der zentralen Zählerdaten der Anlage in der Energieausweisdatenbank des Landes täglich vor 24 Uhr, und zwar der Daten für</p> <p>a) den Heizenergieverbrauch samt Heizungs- und Rücklauftemperaturen (wenn möglich als tägliche Temperaturmittelwerte),</p> <p>b) die verbrauchte elektrische Energie für Wärmepumpen und, wenn Subzähler dafür vorhanden, für den Vereisungsschutz, Lüftungsanlagen und eine Zuluftnachheizung sowie</p> <p>c) Solarenergieerträge;</p> <p>2. bei Einbau einer Wärmepumpe und/oder einer Photovoltaikanlage: zur Erfassung der Zählerstände in der Energieausweisdatenbank jeweils zum Monatsletzen in den ersten drei Jahren ab Inbetriebnahme der Anlagen, und war der Zählerstände für</p> <p>a) die verbrauchte elektrische Energie für die Wärmepumpe (ohne Heizungsumwälzpumpe[n]),</p> <p>b) die Wärmeabgabe der Wärmepumpe und</p> <p>c) die Energieerträge aus der Photovoltaikanlage (in kWh vom Wechselrichter).</p>	<p>Energiebuchhaltung</p> <p>Energieeinsparung und Wärmeschutz, Ergänzungen zu Punkt 6 Energieausweis in OIB-Richtlinie 6</p> <p>Energiebuchhaltung</p>	<p>Energieeffizienz Richtlinie, Stand 01.08.2016</p> <p>Bautechnikverordnung (BTV), inkl. Änderungen LGBI Nr. 55/2016, Fassung 17.12.2020</p> <p>Wohnbauförderungsverordnung (WBFV), inkl. Änderungen LGBI Nr. 107/2020, Fassung 17.12.2020</p>	<p>Nutzung</p> <p>Nutzung</p> <p>Nutzung</p>	<p>-</p> <p>Energieausweis</p> <p>-</p>

Anhang II

Die folgend dargestellte Online-Umfrage wurde an Mitarbeiter von fünf verschiedenen Wohnbaugesellschaften in Salzburg ausgesendet, um deren aktuellen Baustandard im mehrgeschossigen Wohnbau zu erfragen. Dabei wurden allgemeine Angaben, sowie Angaben zur Bautechnik und Gebäudetechnik im mehrgeschossigen Wohnbau abgefragt.

Die Rücklaufquote der Umfrage war schlussendlich jedoch zu gering, um die Angaben im Projekt verwenden zu können.



FH Salzburg

Forschungsprojekt

Low-Tech Lösung für lebenszyklusorientiertes Bauen im mehrgeschoßigen Wohnbau

Der Schwerpunkt des Forschungsprojektes liegt in der Auswahl von Einzelmaßnahmen, Baukonstruktionen und Komponenten, deren Zusammenspiel eine Low-Tech-Lösung ergeben. Darauffolgend soll eine Analyse der Lebenszykluskosten der ausgewählten Low-Tech-Lösung im Vergleich zum derzeitigen Baustandard im geförderten mehrgeschoßigen Wohnbau in Salzburg durchgeführt werden. Diese Umfrage hat das Ziel, einen Überblick über den derzeitigen Baustandard im geförderten mehrgeschoßigen Wohnbau zu erhalten.

Sie würden uns mit Ihrer Teilnahme an der Umfrage sehr unterstützen.

Die nachfolgende Umfrage wird max. 5 Minuten Ihrer Zeit in Anspruch nehmen.

Umfrage erstellt mit
LamaPoll

Beziehen Sie bitte alle Fragen auf geförderte mehrgeschoßige Wohnbauprojekte Ihrer Wohnbaugesellschaft im Bundesland Salzburg.

Allgemeine Gebäudeinformationen zum geförderten mehrgeschoßigen Wohnbau in Salzburg

- ★ Welche Gebäudegröße wird von Ihnen als Wohnbaugesellschaft am häufigsten realisiert?

Wohnungsanzahl	Anzahl der Vollgeschoße
<input type="radio"/> bis 12	<input type="radio"/> bis 2
<input type="radio"/> mehr als 12	<input type="radio"/> bis 4
	<input type="radio"/> über 4

- ★ Werden mehrgeschoßige Wohnbauten in den meisten Fällen mit Untergeschoßen realisiert?

Ja Nein

- ★ Werden die Untergeschoße in den meisten Fällen unbeheizt ausgeführt?

Ja Nein

Umfrage erstellt mit


Beziehen Sie bitte alle Fragen auf geförderte mehrgeschoßige Wohnbauprojekte Ihrer Wohnbaugesellschaft im Bundesland Salzburg.

Informationen zur Bautechnik im geförderten mehrgeschoßigen Wohnbau in Salzburg

★ In welcher Bauweise werden die meisten Wohnbauprojekte realisiert?

Bauweise

- Holzbauweise
- Mischbauweise
- Massivbauweise

Außenwandkonstruktion

- Wärmedämmverbundsystem
- Monolithische Bauweise
- Vorgehängte Fassade

Dachform

- Steildach
 - Flachdach in Leichtbauweise
 - Flachdach in Massivbausweise
-

★ Werden die Fenster in den meisten Fällen mit einer Sonnenschutzvorrichtungen ausgestattet?

- Ja, nur im Erdgeschoß
- Ja, in allen Geschoßen
- Nein

Umfrage erstellt mit
LamaPoll

Beziehen Sie bitte alle Fragen auf geförderte mehrgeschoßige Wohnbauprojekte Ihrer Wohnbaugesellschaft im Bundesland Salzburg.

Informationen zur Gebäudetechnik im geförderten mehrgeschoßigen Wohnbau in Salzburg

★ **Wie erfolgt in den meisten Fällen die Wärmeerzeugung?**

Mehrfachauswahl möglich!

- Fernwärme
 - Wärmepumpe
 - Gaskessel
 - Biomassekessel
 - Solarthermie
 - Andere
-

★ **Werden in den meisten Fällen Fassaden- oder Dachflächen zur Energieerzeugung genutzt?**

Mehrfachauswahl möglich!

- Ja, Photovoltaik
- Ja, Solarthermie
- Nein

Umfrage erstellt mit


Wie erfolgt in den meisten Fällen die Wärmeübergabe?

- Flächenheizung
- Radiatoren
- Andere

★ Wie erfolgt in den meisten Fällen im mehrgeschoßigen Wohnbau die Lüftung?

- Fensterlüftung
- Fensterlüftung mit Nassraumlüfter
- Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung
- Abluftanlage (keine Wärmerückgewinnung)

★ Wie erfolgt üblicherweise die Bereitstellung des Warmwassers im Gebäude?

- zentral
- dezentral

Umfrage erstellt mit
LamaPoll



FH Salzburg

Wir bedanken uns herzlich für Ihre Teilnahme an dieser Umfrage!

Mit freundlichen Grüßen,
das Forschungsteam LTLCC

Umfrage erstellt mit
LamaPoll

Anhang III

Ergänzung zu Abs. 7.2.2

Im Rahmen der Wohnbauförderung wurde mit Wirkung vom 01.08.2020 der LEK_T-Wert von 20 auf 22 angehoben. Diese Änderung erfolgte nachdem die Festlegungen der Randbedingungen für die Berechnungen innerhalb dieses Forschungsprojektes getroffen wurden. Die Auswirkungen der getroffenen Änderung explizit auf den Abschnitt 7.2.2 sollen jedoch noch bewertet werden.

Die Abbildung 66 zeigt, dass durch die Anhebung nun alle Gebäude der betrachteten Datenmenge den Höchstwert einhalten. Zuvor (Abbildung 35) befanden sich einige Wohnbauten über dem betrachteten Höchstwert. Dies begründet sich auch damit, dass die verwendeten Gebäudedaten aus ZEUS nicht nur von geförderten Objekten stammen, sondern allgemein von Mehrfamilienhäusern, die nach den Anforderungen der Salzburger Bautechnikverordnung bereits einen LEK_T-Wert von 22 einhalten mussten.

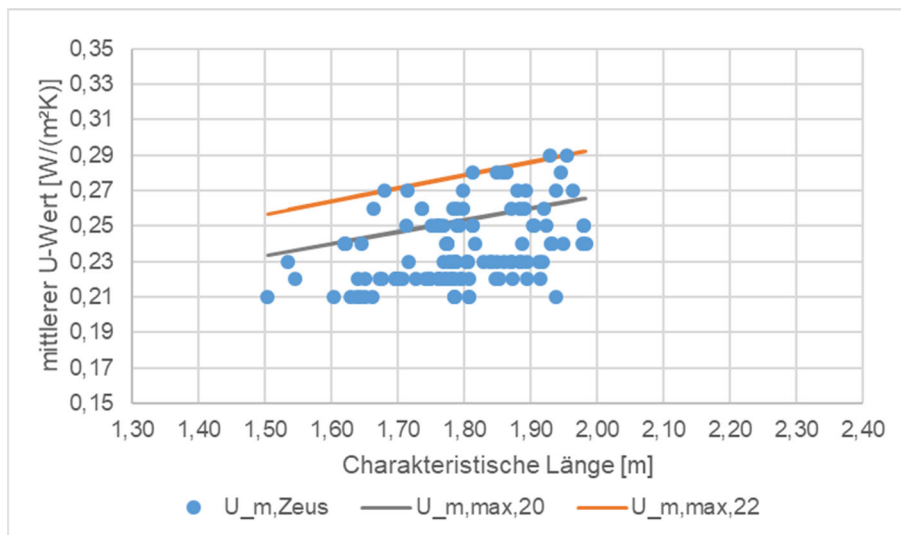


Abbildung 66: Darstellung der Abhängigkeit von mittlerem U-Wert und charakteristischer Länge (e.D.)

In den Diagrammen (Abbildung 38 bis Abbildung 41) wurde der Wert $U_{m,opak,max}$ für verschiedene mittlere Wärmedurchgangskoeffizienten der Fenster und Wärmebrückenzuschläge ΔU_{WB} in Abhängigkeit des Fensterflächenanteils ausgewertet. Weiters wurde der Einfluss des Gebäudevolumens betrachtet. Als minimaler mittlerer opaker Wärmedurchgangskoeffizient wurde $0,15 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ seitens der Bearbeiter vorgegeben. Diese Auswertung wird nachfolgend für einen LEK_T-Wert von 22 wiederholt, wobei $U_{m,max,22}$ wie folgt berechnet wurde:

$$U_{m,max,22} = \frac{22 \times (2 + l_c)}{300} \left[\frac{W}{m^2K} \right]$$

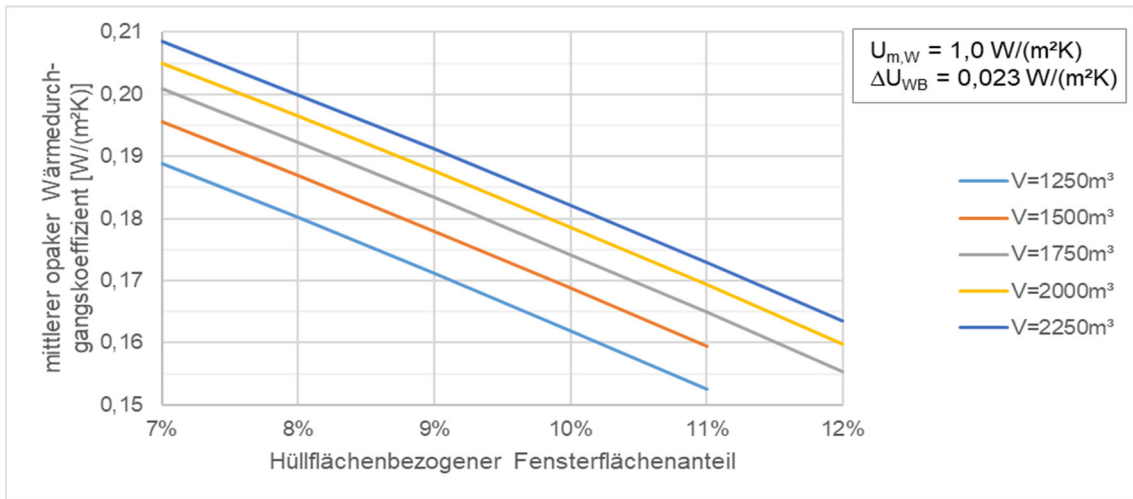


Abbildung 67: Darstellung der Abhängigkeit des $U_{m,opak,max}$ von Fensterflächen und Gebäudevolumen für $U_{m,w} = 1,0 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ und $\Delta U_{WB} = 0,023 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (e.D.)

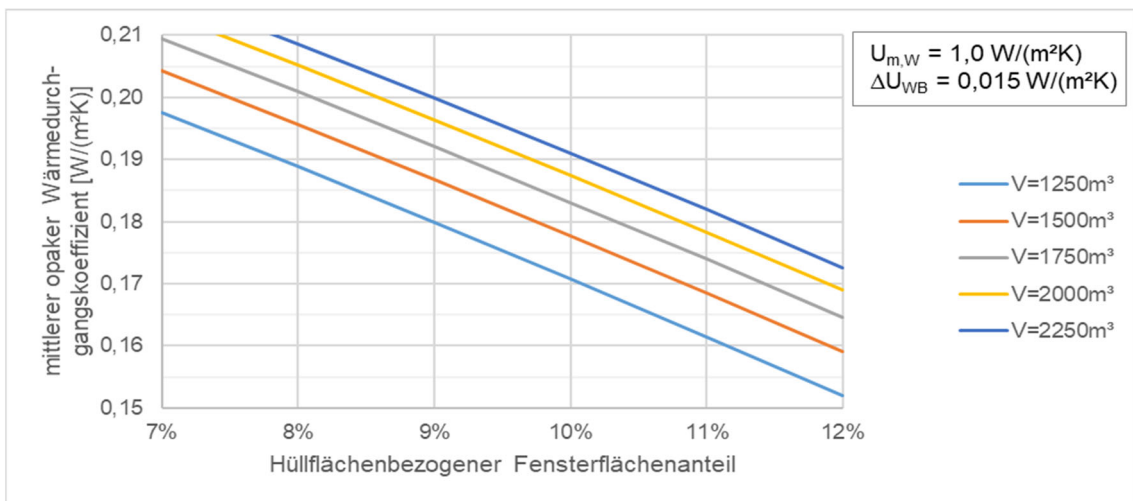


Abbildung 68: Darstellung der Abhängigkeit des $U_{m,opak,max}$ von Fensterflächen und Gebäudevolumen für $U_{m,w} = 1,0 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ und $\Delta U_{WB} = 0,015 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (e.D.)

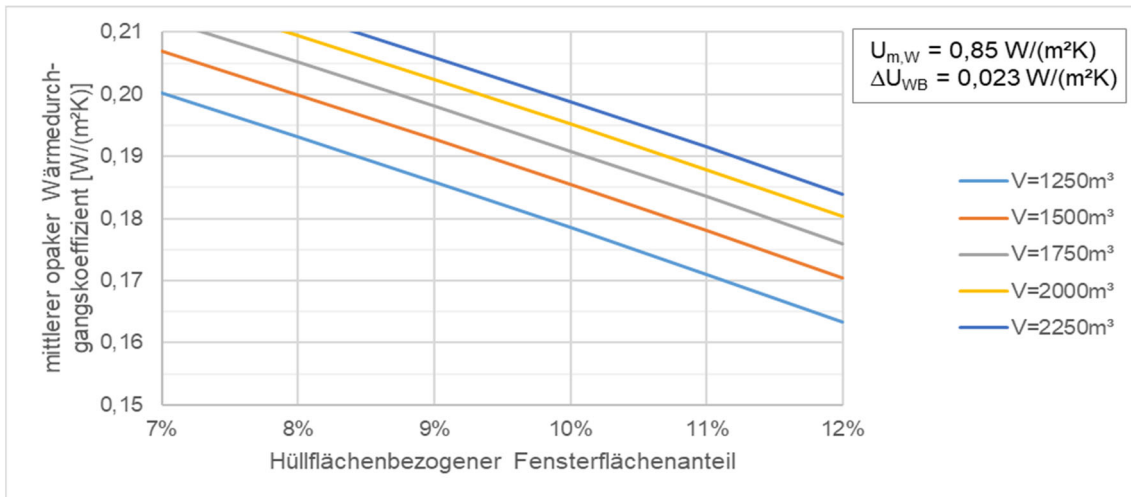


Abbildung 69: Darstellung der Abhängigkeit des $U_{m,opak,max}$ von Fensterflächen und Gebäudevolumen für $U_{m,w} = 0,85 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ und $\Delta U_{WB} = 0,023 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (e.D.)

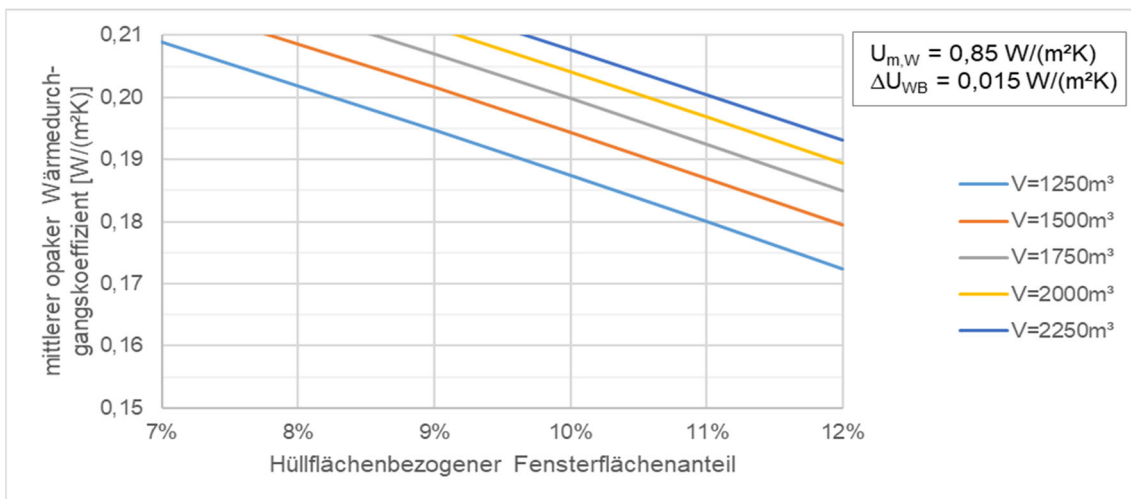


Abbildung 70: Darstellung der Abhängigkeit des $U_{m,opak,max}$ von Fensterflächen und Gebäudevolumen für $U_{m,w} = 0,85 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ und $\Delta U_{WB} = 0,015 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (e.D.)

Die Auswertungen (Abbildung 67 bis Abbildung 70) zeigen, dass durch das veränderte Anforderungsniveau auch kleinere Gebäude (hier: $V = 1\,250 \text{ m}^3$) mit höheren hüllflächenbezogenen Fensterflächenanteilen (hier: 12 %) mit einem mittleren opaken Wärmedurchgangskoeffizient größer $0,15 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ realisiert werden können, wenn entweder der Wärmebrückenzuschlag gering gehalten wird (hier: $0,015 \text{ W/(m}^2\text{K)}$) oder Fenster mit geringerem U-Wert (hier: $0,85 \text{ W/(m}^2\text{K)}$) verwendet werden.

Im Lichte eines ressourceneffizienten Materialeinsatzes (Kapitel 7.4) erscheint die Rücknahme der LEK_T-Wert-Erhöhung eine geeignete Maßnahme.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lebenszyklusphasen und Lebenszykluskosten (e.D. in Anlehnung an Lützkendorf, 2007, S.373 und Heim et al., 2019, S.107)	6
Abbildung 2: Entwicklung der Lebenszykluskosten über den Lebenszyklus eines Gebäudes (Heim et al., 2019, S.104)	7
Abbildung 3: Mehrfamilienhaus Rüedi (Patrick Kälin)	14
Abbildung 4: Zweifamilienhaus Dämon (Günther Wehinger)	16
Abbildung 5: Einfamilienhaus H17 (Rainer Retzlaff Fotografie).....	17
Abbildung 6: Einfamilienhaus Gstöhl (Matthias Stöckli Architektur)	18
Abbildung 7: Velux Sunlighthouse (Adam Mørk)	20
Abbildung 8: Zu-Haus Döllinger (Jörg Seiler).....	21
Abbildung 9: Fertiggestellte Wohngebäude im Land Salzburg (e.D. nach Statistik Austria, 2020a)	25
Abbildung 10: Fertiggestellte Wohnungen im Land Salzburg (e.D. nach Statistik Austria, 2020b)	26
Abbildung 11: Auswertung der ZEUS-Daten - Heizungstyp (e.D. nach Land Salzburg, 2020a)	28
Abbildung 12: Auswertung der ZEUS-Daten – Nutzungseinheiten pro Gebäude (e.D. nach Land Salzburg, 2020a)	29
Abbildung 13: Auswertung der ZEUS-Daten - Kumulierte Summe der Nutzungseinheiten pro Gebäude (e.D. nach Land Salzburg, 2020a)	29
Abbildung 14: Auswertung der ZEUS-Daten - Geschossanzahl der Gebäude mit 5 Nutzungseinheiten (e.D. nach Land Salzburg, 2020a)	30
Abbildung 15: Auswertung der ZEUS-Daten - Bauweisen (e.D. nach Land Salzburg, 2020a)	31
Abbildung 16: Auswertung der ZEUS-Daten – Kompaktheit der ausgewählten Gebäude (e.D. nach Land Salzburg, 2020a)	32
Abbildung 17: Auswertung der ZEUS-Daten - Mittlerer U-Wert (e.D. nach Land Salzburg, 2020a).....	33
Abbildung 18: Auswertung der Fassadenfläche je Wohneinheit für virtuelle Gebäude in Quaderform mit 70 m ² Wohnnutzfläche/WE, 10 m Gebäudebreite und einer mittleren Geschosshöhe von 3,00 m (e.D.).....	36
Abbildung 19: Einhaltung der Anforderungen der Wohnbauförderung Salzburg an die Gebäudeflächen und -volumen der realisierten Wohnbauprojekte	37
Abbildung 20: Darstellung des Vergleichsgebäudes (e.D.).....	39
Abbildung 21. Temperaturregionen in Österreich (ÖNORM B 8110-5:2019, Bild 1)	41

Abbildung 22: Klimadaten der Region „Nord - Föhngebiet“ nach ÖNORM B 8110-5:2019 (Quelle: PHPP 9.7).....	42
Abbildung 23: Klimadaten der Region „Alpine Zentrallage“ nach ÖNORM B 8110-5:2019 (Quelle: PHPP 9.7).....	42
Abbildung 24: Heizwärmebilanz NF (PHPP9.7).....	44
Abbildung 25: Heizwärmebilanz ZA (PHPP9.7).....	44
Abbildung 26: Heizwärmebilanz NF zusammengefasst in kWh/(m ² a) (e.D.).....	44
Abbildung 27: Heizwärmebilanz ZA zusammengefasst in kWh/(m ² a)(e.D.).....	44
Abbildung 28: Endenergiebedarf des Vergleichsgebäudes je Temperaturregion (e.D.).....	46
Abbildung 29: jährliche Annuitäten (gesamt) für Varianten der Maßnahme Optimierung der Gebäudeausrichtung (reduzierte Investitionskosten) (e.D.).....	54
Abbildung 30: Differenzierung der Annuitäten (gesamt) für die Maßnahme Optimierung der Gebäudeausrichtung (reduzierte Investitionskosten) (e.D.).....	55
Abbildung 31: Annuitäten (gesamt) für Varianten der Maßnahme Optimierung der Gebäudeausrichtung (reduzierter Heizwärmebedarf) (e.D.).....	56
Abbildung 32: Differenzierung der Annuitäten (gesamt) für die Maßnahme Optimierung der Gebäudeausrichtung (reduzierter Heizwärmebedarf) (e.D.).....	56
Abbildung 33: Zusammenhang zwischen Bruttogrundfläche und Bruttovolumen (e.D.).....	58
Abbildung 34: Hüllflächenbezogener Fensterflächenanteil (e.D.).....	59
Abbildung 35: Darstellung der Abhängigkeit von mittlerem U-Wert und charakteristischer Länge (e.D).....	60
Abbildung 36: Gebäudemodelle mit fünf Wohneinheiten gleicher Größe (e.D.).....	61
Abbildung 37: Darstellung der Abhängigkeit von Gebäudehüllfläche und Bruttovolumen (e.D.).....	61
Abbildung 38: Darstellung der Abhängigkeit des $U_{m,opak,max}$ von Fensterflächen und Gebäudevolumen für $U_{m,W} = 1,0 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ und $\Delta U_{WB} = 0,023 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (e.D).....	63
Abbildung 39: Darstellung der Abhängigkeit des $U_{m,opak,max}$ von Fensterflächen und Gebäudevolumen für $U_{m,W} = 1,0 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ und $\Delta U_{WB} = 0,015 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (e.D).....	63
Abbildung 40: Darstellung der Abhängigkeit des $U_{m,opak,max}$ von Fensterflächen und Gebäudevolumen für $U_{m,W} = 0,85 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ und $\Delta U_{WB} = 0,023 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (e.D).....	63
Abbildung 41: Darstellung der Abhängigkeit des $U_{m,opak,max}$ von Fensterflächen und Gebäudevolumen für $U_{m,W} = 0,85 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ und $\Delta U_{WB} = 0,015 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (e.D).....	64
Abbildung 42: Annuitäten (gesamt) für Varianten der Maßnahme Fensterflächenanteil (e.D.).....	66

Abbildung 43: Differenzierung der Annuitäten (gesamt) für Varianten der Maßnahme Fensterflächenanteil (e.D.)	67
Abbildung 44: Annuitäten (gesamt) für Varianten der Maßnahme Sonnenschutz (e.D.).....	70
Abbildung 45: Differenzierte Annuitäten (gesamt) für Varianten der Maßnahme Sonnenschutz (e.D.)	70
Abbildung 46: Vergleich verschiedener Außenwandaufbauten nach Mauerwerksdicke und U-Wert...	72
Abbildung 47: Annuitäten (gesamt) für Varianten der Maßnahme Monolithische Bauweise (e.D.).....	76
Abbildung 48: Differenzierte Annuitäten (gesamt) für Varianten der Maßnahme Monolithische Bauweise (e.D.)	77
Abbildung 49: Heizwärmebilanz des Vergleichsgebäudes mit Abluftanlage für die beiden Temperaturregionen im Land Salzburg (e.D.).....	78
Abbildung 50: Heizwärmebilanz des Vergleichsgebäudes mit Wohnungslüftungsanlage mit WRG für die beiden Temperaturregionen (e.D.)	80
Abbildung 51: Annuitäten (gesamt) für Varianten der Maßnahme Wohnungslüftungsanlage (e.D.)....	80
Abbildung 52: Differenzierte Annuitäten (gesamt) für Varianten der Maßnahme Wohnungslüftungsanlage (e.D.).....	81
Abbildung 53: Trinkwarmwasserverteilung - Zirkulationsdauer in Wohngebäuden (e.D.)	82
Abbildung 54: Energiebedarfswerte der Trinkwarmwasserbereitung für das Vergleichsgebäude (e.D.)	83
Abbildung 55: Solarertrag und solarer Deckungsanteil einer solarthermischen Anlage mit 20 m ² Kollektorfläche für das Vergleichsgebäude (PHPP).....	84
Abbildung 56: Vergleich der Energiebedarfswerte mit und ohne solarthermische Unterstützung der Trinkwarmwasserbereitung (e.D.)	85
Abbildung 57: Jährliche Annuitäten (gesamt) für Varianten der Maßnahme Solarthermische Unterstützung der Trinkwarmwasserbereitung (e.D.)	85
Abbildung 58: Differenzierte Annuitäten (gesamt) für Varianten der Maßnahme Solarthermische Unterstützung der Trinkwarmwasserbereitung (e.D.)	86
Abbildung 59: Differenzierte Annuitäten (gesamt) für Varianten der Maßnahme Solarthermische Unterstützung der Trinkwarmwasserbereitung mit einer Energiepreissteigerung von 5 % und Fernwärme nEE (e.D.).....	87
Abbildung 60: Schema einer Fernwärme-Übergabestation (Verein Energiepfad Grabs).....	88
Abbildung 61: SAGIS-Auszug mit Auswahl des Nah-/Fernwärmenetztes im Bundesland Salzburg mit Markierung der Katastralgemeinden aus der ZEUS-Datenbank (SAGIS, e.D.).....	89
Abbildung 62: Energiebedarfswerte des Vergleichsgebäudes (Wärmepumpe) nach Temperaturregionen (e.D.).....	91

Abbildung 63: Annuitäten (gesamt) für Varianten der Maßnahme Wärmepumpe (e.D.).....	92
Abbildung 64: Differenzierte Annuitäten (gesamt) für Varianten der Maßnahme Wärmepumpe (e.D.)	93
Abbildung 65: Annuitäten (gesamt) für Varianten der Maßnahme Wärmepumpe mit einer Energiepreissteigerung von 5 % (Fernwärme) und 4 % (Wärmepumpenstrom) (e.D.)	94
Abbildung 66: Darstellung der Abhängigkeit von mittlerem U-Wert und charakteristischer Länge (e.D)	115
Abbildung 67: Darstellung der Abhängigkeit des $U_{m,opak,max}$ von Fensterflächen und Gebäudevolumen für $U_{m,w} = 1,0 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ und $\Delta U_{WB} = 0,023 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (e.D)	116
Abbildung 68: Darstellung der Abhängigkeit des $U_{m,opak,max}$ von Fensterflächen und Gebäudevolumen für $U_{m,w} = 1,0 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ und $\Delta U_{WB} = 0,015 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (e.D)	116
Abbildung 69: Darstellung der Abhängigkeit des $U_{m,opak,max}$ von Fensterflächen und Gebäudevolumen für $U_{m,w} = 0,85 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ und $\Delta U_{WB} = 0,023 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (e.D)	117
Abbildung 70: Darstellung der Abhängigkeit des $U_{m,opak,max}$ von Fensterflächen und Gebäudevolumen für $U_{m,w} = 0,85 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ und $\Delta U_{WB} = 0,015 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (e.D)	117

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Arbeitspakete und Inhalte	3
Tabelle 2: Anforderungen an die bauliche Ausnutzbarkeit und die Raum-, Flächen- und Fassadeneffizienz (S.WFV, 2015, § 14 (1), S.12).....	11
Tabelle 3: Vorgefilterte Gebäudedaten	27
Tabelle 4: Ergebnisse der ZEUS-Auswertung.....	33
Tabelle 5: Kennwerte realisierter Wohnbauprojekte (Dorsch, o.J.)	35
Tabelle 6: Anwendung der Kriterien für die Wohnbauförderung auf die realisierten Wohnbauprojekte	35
Tabelle 7: Durchschnittswerte ausgesuchter realisierter Wohnbauprojekte	37
Tabelle 8: Definition des Vergleichsgebäudes	38
Tabelle 9: Hüllflächenkonzept des Vergleichsgebäudes.....	43
Tabelle 10: Allgemeine Annahmen zur Lebenszykluskostenberechnung.....	47
Tabelle 11: Nutzungsdauern, Wartungs- und Instandhaltungskosten von Bauteilen	49
Tabelle 12: Nutzungsdauern, Wartungs- und Instandhaltungskosten von Gebäudetechnikkomponenten	50
Tabelle 13: Kosten der Elemente zum Variantenvergleich	50
Tabelle 14: Energetische Bewertung, Winterfall, Vergleichsgebäude	53
Tabelle 15: Energetische Bewertung, Sommer, Vergleichsgebäude.....	53
Tabelle 16: Energetische Bewertung des Vergleichsgebäudes aufgrund verschiedener Fensterflächenanteile	65
Tabelle 17: Energetische Bewertung des Vergleichsgebäudes aufgrund verschiedener Sonnenschutzmaßnahmen.....	68
Tabelle 18: Vergleich verschiedener Außenwandkonstruktionen nach Wirkungskategorien	73
Tabelle 19: Energetische Bewertung des Vergleichsgebäudes bei unterschiedlicher Außenwandkonstruktionen	75
Tabelle 20: Energetische Bewertung des Vergleichsgebäudes mit verschiedenen Lüftungsanlagen .	79

Literaturverzeichnis

- Austrian Standards (2013). ÖNORM B 1800 - Ermittlung von Flächen und Rauminhalten von Bauwerken und zugehörigen Außenanlagen.
- Austrian Standards (2014). ÖNORM B 1801-4 - Bauprojekt- und Objektmanagement - Teil 4: Berechnung von Lebenszykluskosten.
- Austrian Standards (2017). ÖNORM EN 15193-1 - Energetische Bewertung von Gebäuden - Energetische Anforderungen an die Beleuchtung - Teil 1: Spezifikationen, Modul M9.
- Austrian Standards (2019). ÖNORM H 5056-1 - Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden - Teil 1: Heiztechnikenergiebedarf.
- Austrian Standards (2019). ÖNORM B 8110-6-1 - Wärmeschutz im Hochbau - Teil 6-1: Grundlagen und Nachweisverfahren - Heizwärmebedarf und Kühlbedarf.
- Austrian Standards (2019). ÖNORM EN 17037 - Tageslicht in Gebäuden.
- Austrian Standards (2019). ÖNORM B 8110-5 - Wärmeschutz im Hochbau - Teil 5: Klimamodell und Nutzungsprofile.
- Austrian Standards (2020). ÖNORM EN 15804 - Nachhaltigkeit von Bauwerken - Umweltproduktdeklarationen - Grundregeln für die Produktkategorie.
- Baubook GmbH (2020). Datenbank für ökologisches Bauen und Sanieren. Online verfügbar unter: <https://www.baubook.info/zentrale/>
- BKI Baukosteninformationszentrum (Hrsg.) (2019a). Baukosten Bauelemente Neubau: Statistische Kostenkennwerte. Stuttgart.
- Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (Deutschland) (2020). ÖKOBAUDAT Informationsportal für nachhaltiges Bauen. Online verfügbar unter: <https://www.oekobaudat.de/datenbank/browser-oekobaudat.html>
- Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (2017). Die österreichische Strategie zur Anpassung an den Klimawandel: Teil 2 - Aktionsplan. Wien.
- Cody, B. (2014). The Role of Technology in Sustainable Architecture. In: Wolkenkuckucksheim. Internationale Zeitschrift zur Theorie der Architektur (Vol. 19, S. 239–249). Online verfügbar unter: cloud-cuckoo.net/fileadmin/issues_en/issue_33/article_cody.pdf
- Deutsches Institut für Normung e.V. (2018). DIN V 18599-8 - Energetische Bewertung von Gebäuden - Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung - Teil 8: Nutz- und Endenergiebedarf von Warmwasserbereitungssystemen.
- Deutsches Institut für Normung e.V. (2019). DIN 1946-6 - Raumlufttechnik - Teil 6: Lüftung von Wohnungen - Allgemeine Anforderungen, Anforderungen an die Auslegung, Ausführung, Inbetriebnahme und Übergabe sowie Instandhaltung.
- DGNB GmbH (2018). ECO1.1 - Gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus - DGNB System – Kriterienkatalog Gebäude Neubau.
- Dorsch, L. (o.J.): realisierte Wohnbauprojekte (2015-2020)
- Energieinstitut Vorarlberg (o.J. a). EFH Gstöhl: Zehn Low-Tech Beispielgebäude. Online verfügbar unter: <https://www.energieinstitut.at/unternehmen/bauen-und-sanieren-fuer-profis/low-tech-gebaeude/zehn-low-tech-beispielgebaeude/efh-gstoehl/>
- Energieinstitut Vorarlberg (o.J. b). Einfamilienhaus H17 - Ermengerst (D): Zehn Low-Tech Beispielgebäude. Online verfügbar unter: <https://www.energieinstitut.at/unternehmen/bauen-und-sanieren-fuer-profis/low-tech-gebaeude/zehn-low-tech-beispielgebaeude/einfamilienhaus-h17-ermengerst/>
- Energieinstitut Vorarlberg (o.J. c). Mehrfamilienhaus Rüedi, Chur (CH): Zehn Low-Tech Beispielgebäude. Online verfügbar unter: <https://www.energieinstitut.at/unternehmen/bauen-und-sanieren-fuer-profis/low-tech-gebaeude/zehn-low-tech-beispielgebaeude/mehrfamilienhaus-ruedi/>
- Europäische Kommission (2019). Mitteilung der Kommission – Der europäische Grüne Deal. COM(2019) 640 final. Brüssel.
- Frick, D. (2012). econ calc Handbuch Version 1.0. Energieinstitut Vorarlberg – Bereich energieeffiziente und ökologische Gebäude. Dornbirn.

- Glas Wulfmeier GmbH (2008). Preisliste.
- Hasler, E., Alb, M. (2016). Studie – Fassadensysteme im Fokus der Lebenszyklusbetrachtung. FH Joanneum GmbH. Landesinnung Bau Steiermark.
- Heim, K., Wasser, N.-M., Aldenhoff, D. (2019). Entwicklung eines Tools zur Prognose und Optimierung der Lebenszykluskosten von Bürogebäuden in der Planungsphase. In: 30. BBB-Assistententreffen in Karlsruhe (S. 102–117).
- Land Salzburg (2016). Richtlinie Energieeffizienz.
- Land Salzburg (2020a). ZEUS Salzburg. Online verfügbar unter: <https://www.energieausweise.net/>
- Land Salzburg (2020b). Förderung - Biomasse - Nahwärme: Informationsblatt: Neuerrichtung von Biomasse-Nahwärme Anlagen. Online verfügbar unter: https://www.salzburg.gv.at/energie_/Documents/V13_Informationsblatt%20Energie%20aus%20Biomasse%2016012020_Neuerrichtung_Erweiterung.pdf
- Lützkendorf, T. (2007). Nachhaltigkeitsmanagement. In: Managementleistungen im Lebenszyklus von Immobilien, . Hrg.: Viering, Kochendörfer, Liebchen, Vieweg & Teubner-Verlag (01/2007, S.365-391).
- Nextroom (2009). Velux Sunlighthouse: CO2-neutral und lichtdurchflutet. Online verfügbar unter: <https://www.nextroom.at/building.php?id=33970&inc=artikel>
- Österreichisches Institut für Bautechnik (2018). OIB-Richtlinie 6 - Kostenoptimalität. Berechnung des kostenoptimalen Anforderungsniveaus. OIB-330.6-005/18-001.
- Österreichisches Institut für Bautechnik (2019). OIB-Richtlinie 6 - Energieeinsparung und Wärmeschutz . OIB-330.6-026/19.
- Panisch, S. (2016). Wohnungsbedarf Land Salzburg & Teilräume: 0/03 Landesstatistik (Präsentation).
- Passivhaus Institut GmbH (2016). PHPP 9.7 Software. Berechnung von Energiebilanzen und Planungstool für energieeffiziente Gebäude.
- Salzburg AG (2020a). Basismodell für Privatkunden - Gesamtstrompreise, gültig ab 1. Jänner 2020. Online verfügbar unter: <https://www.salzburg-ag.at/content/dam/web18/dokumente/strom/Produktblaetter/PrivatOK-Produktblatt.pdf>
- Salzburg AG (2020b). Fernwärmenetz Salzburg – Hallein - Allgemeine Preise, gültig ab 1. Oktober 2019. Online verfügbar unter: https://www.salzburg-ag.at/content/dam/web18/dokumente/waerme_wasser/w%C3%A4rme-wasser/pbs/Fernwaerme-OK-Sbg-Hallein_PB.pdf
- Salzburg AG (2020c). Wärmepumpe - Gesamtstrompreise, gültig ab 1. Jänner 2020. Online verfügbar unter: <https://www.salzburg-ag.at/waerme-wasser/privat/waerme/waermepumpe-ok.html>
- Salzburger Bautechnikverordnung - S.BTV (2016). Salzburger Landesregierung.
- Salzburger Geographisches Informationssystem (SAGIS) (2020). Land Salzburg. Online verfügbar unter: <https://www.salzburg.gv.at/sagisonline>
- Salzburger Raumordnungsgesetz – ROG (2009). Salzburger Landtag.
- Salzburger Wohnbauförderungsgesetz – S.WFG (2015). Land Salzburg.
- Salzburger Wohnbauförderungsverordnung – S.WFV (2015). Land Salzburg.
- Statista GmbH (2020). Statistiken zu Inflation und Preisentwicklung in Österreich. Online verfügbar unter: <https://de.statista.com/themen/3957/inflation-in-oesterreich/>
- Statista GmbH (2021). Inflationsrate in Österreich nach Monaten bis März 2021. Online verfügbar unter: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/288914/umfrage/inflationsrate-in-oesterreich-nach-monaten/>
- Statistik Austria (2020a). 2005 bis 2019 fertiggestellte neue Gebäude nach Gebäudeeigenschaften und Bundesländern: Baumaßnahmenstatistik. Online verfügbar unter: http://www.statistik.at/wcm/idc/idcplg?IdcService=GET_PDF_FILE&RevisionSelectionMethod=LatestReleased&dDocName=079517
- Statistik Austria (2020b). 2005 bis 2019 fertiggestellte Wohnungen nach Gebäudeeigenschaften, Art der Bautätigkeit und Bundesländern: Baumaßnahmenstatistik. Online verfügbar unter: https://www.statistik.at/wcm/idc/idcplg?IdcService=GET_PDF_FILE&RevisionSelectionMethod=LatestReleased&dDocName=045281
- Umweltbundesamt (Deutschland) (2019). Methodenkonvention 3.0 zur Ermittlung von Umweltkosten, Kostensätze. Stand 02/2019. Dessau
- Velux (2013). Presseportal - Wissenschaftlich begleitetes Wohnexperiment in Österreichs erstem CO2-neutralen Einfamilienhaus übertrifft die Erwartungen. Hamburg/Wien. Online verfügbar unter:

<https://presse.velux.de/wissenschaftlich-begleitetes-wohnexperiment-in-osterreichs-erstem-co2-neutralen-einfamilienhaus-ubertrifft-die-erwartungen/>

Velux (o.J. a). Sunlighthouse - Velux ModelHome2020. Online verfügbar unter: <https://velcdn.azureedge.net/~media/marketing/at/dokumente/pdf/broschueren/referenzen/velux-referenzen-sunlighthouse.pdf>

Velux (o.J. b.). zu-haus: Auersthal im Weinviertel. Online verfügbar unter: <https://velcdn.azureedge.net/~media/marketing/at/dokumente/pdf/broschueren/referenzen/velux-referenzen-zu-haus-broschuere.pdf>

Verein Deutscher Ingenieure (2012). Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen - Grundlagen und Kostenberechnung. (VDI 2067 Blatt 1).

Wehinger Günter (2000). Low-Tech-Passivhaus: Zweifamilienhaus Dämon-List. Online verfügbar unter: <http://www.eeb.at/daten/daemonld.htm>

Wienerberger Österreich GmbH (o.J.). Wandlösungen. Online Verfügbar unter: <https://www.wienerberger.at/produkte.html>

Wirtschaftskammer Österreich (2020). WKO Statistik - Wirtschaftslage und Prognose - Zinsen, Wechselkurse. Stand: Dezember 2020. Online verfügbar unter: https://wko.at/statistik/prognose/zinsen.pdf?_ga=2.159124793.2061054486.1611856866-1590232314.1611743966