

Bericht, 15. März 2021

# **Bereit für den Klimawandel?**

## Handlungsempfehlungen für Bauherrschaften und Planende

Mit Unterstützung von



Lucerne University of  
Applied Sciences and Arts

**HOCHSCHULE  
LUZERN**

Technik & Architektur  
Institut für Gebäudetechnik  
und Energie

### **Autoren**

Sina Büttner, IGE, [sina.buettner@hslu.ch](mailto:sina.buettner@hslu.ch)

Janine Stampfli, IGE, [janine.stampfli@hslu.ch](mailto:janine.stampfli@hslu.ch)

Silvia Domingo-Irigoyen, IGE, [silvia.domingo@hslu.ch](mailto:silvia.domingo@hslu.ch)

Gianrico Settembrini, IGE, [gianrico.settembrini@hslu.ch](mailto:gianrico.settembrini@hslu.ch)

Björn Schrader, IGE, [bjoern.schrader@hslu.ch](mailto:bjoern.schrader@hslu.ch)

### **Subventionsgeberin:**

EnergieSchweiz, Bundesamt für Energie BFE

Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen

[www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch)

### **Kofinanzierung:**

VELUX Schweiz AG, Bahnhofstrasse 40, 4663 Aarburg

Griesser AG, Tänikonstrasse 3, 8355 Aadorf

4B AG, An der Ron 7, 6280 Hochdorf

Amt für Hochbauten, Lindenhofstrasse 21, Amtshaus III, 8001 Zürich

### **Subventionsempfängerin:**

Hochschule Luzern – Technik & Architektur

Institut für Gebäudetechnik und Energie IGE

Technikumstrasse 21, CH-6048 Horw

[www.hslu.ch](http://www.hslu.ch)



**Diese Studie wurde mit Unterstützung von EnergieSchweiz erstellt.  
Für den Inhalt sind allein die Autoren verantwortlich.**

**Adresse**

EnergieSchweiz, Bundesamt für Energie BFE

Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen. Postadresse: CH-3003 Bern

Infoline 0848 444 444, [www.infoline.energieschweiz.ch](http://www.infoline.energieschweiz.ch)

[energieschweiz@bfe.admin.ch](mailto:energieschweiz@bfe.admin.ch), [www.energieschweiz.ch](http://www.energieschweiz.ch), [twitter.com/energieschweiz](https://twitter.com/energieschweiz)

## Kurzzusammenfassung

Der Klimawandel und der damit verbundene Temperaturanstieg werden künftig Auswirkungen auf den Energiebedarf und die Behaglichkeit von Gebäuden haben. Der Schutz der Gebäude vor Überhitzung wird zunehmend an Bedeutung gewinnen. Um einen energetisch optimalen Betrieb und einen hohen Wohnkomfort über den gesamten Lebenszyklus von Wohngebäuden zu garantieren, muss bereits heute zukunftsvisiert geplant werden. Das Projekt verfolgt dabei zwei komplementäre Ziele: Zum einen sollen Bauherrschaften im Umgang mit der Thematik «Klimawandel» sensibilisiert und bei Planungsentscheidungen für Neubau- und Sanierungsprojekte unterstützt werden. Zum anderen wurde ein Hilfsmittel für ArchitektInnen und Planende bereitgestellt, welches Empfehlungen für den frühen Entwurfsprozess beinhaltet und die Akteure bei der Balancefindung der drei Themenfelder solare Gewinne, Tageslichtversorgung und Überhitzungsschutz unterstützt.

## Résumé

Le changement climatique et l'augmentation de la température qui y est liée auront à l'avenir un impact sur les besoins énergétiques et le confort dans les bâtiments. La protection des bâtiments contre les surchauffes va donc devenir de plus en plus importante. Afin de garantir un fonctionnement énergétique optimal et un confort de vie élevé sur l'ensemble du cycle de vie des bâtiments résidentiels, il est nécessaire de planifier pour l'avenir dès aujourd'hui. Le projet poursuit deux objectifs complémentaires : d'une part, les maîtres d'ouvrages doivent être sensibilisés à la gestion du thème « changement climatique » et doivent être soutenus dans les décisions de planification pour des projets de nouvelle construction et de rénovation. D'autre part, un outil d'aide destiné aux architectes et aux planificateurs a été mis à disposition. Il contient des recommandations pour les premières phases du processus de développement de projet et aide les acteurs à trouver un équilibre entre les trois thèmes des gains solaires, de l'utilisation de la lumière du jour et de la protection contre la surchauffe.

## Riassunto

Il cambiamento climatico e il conseguente aumento della temperatura avranno in futuro un impatto sul fabbisogno energetico e sul comfort termico degli edifici. Proteggere gli edifici dal surriscaldamento diventerà sempre più importante. Al fine di garantire un funzionamento ottimale dal punto di vista energetico e un elevato livello di comfort abitativo durante l'intero ciclo di vita degli edifici residenziali, è sin da oggi necessario procedere ad una pianificazione che tenga conto dell'evoluzione futura. Il progetto persegue due obiettivi complementari: da un lato vi è la sensibilizzazione dei proprietari di edifici riguardo alla problematica del «cambiamento climatico» e il loro sostegno nelle decisioni di pianificazione di nuovi progetti di costruzione e ristrutturazione. Oltre a ciò, si tratta di mettere a disposizione di architetti e progettisti uno strumento che fornisca raccomandazioni per le fasi iniziali del processo di progettazione e che li accompagni nella ricerca di un equilibrio tra guadagno solare, fornitura di luce diurna e protezione dal surriscaldamento.

## Verdankung

Die Autoren danken herzlich den Vertretern der Begleitgruppe für die Unterstützung, die Anregungen, den fachlichen Austausch und das Interesse. Namentlich zu nennen sind hier Paul Schöni, Stefan Frei, Bodo Gräbner, Thomas Kessler und Claudio Menn.

Ebenso gebührt ein Dank Prof. Dr. Jürg Schwarz für seine fachspezifische Unterstützung bei der Aufbereitung der Umfrage sowie allen weiteren Teilnehmenden, welche einen wichtigen Beitrag durch Ihre wertvollen Inputs im Rahmen der Umfrage sowie der Workshops geleistet haben.

Die Beauftragten danken zudem dem Bundesamt für Energie (BFE) sowie den Wirtschaftspartnern VELUX Schweiz AG, Griesser AG, 4B AG und dem AHB Zürich für die finanzielle Unterstützung und das themenspezifische Engagement.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Kurzzusammenfassung .....</b>	<b>3</b>
<b>Résumé .....</b>	<b>4</b>
<b>Riassunto .....</b>	<b>4</b>
<b>Verdankung .....</b>	<b>5</b>
<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>8</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>20</b>
<b>1 Ausgangslage .....</b>	<b>21</b>
<b>2 Ziel der Arbeit .....</b>	<b>23</b>
<b>3 Grundlagen .....</b>	<b>24</b>
3.1 Vorhergehende Studien .....	24
3.2 Begrifflichkeiten und relevante Normen .....	24
3.2.1 Heizwärme- und Klimakältebedarf .....	24
3.2.2 Überhitzungsstunden .....	25
3.2.3 Tageslicht in Gebäuden .....	26
<b>4 Vorgehen .....</b>	<b>30</b>
4.1 Methodik zur Erarbeitung der Handlungsempfehlungen für Bauherrschaften .....	30
4.2 Methodik zur Erarbeitung der Handlungsempfehlungen für Planende .....	31
4.2.1 Simulationssoftware .....	32
4.2.2 Datengrundlage für die Simulationen .....	32
4.2.3 Auswahl der Parameter .....	37
4.2.4 Kriterien zur Bewertung der Parameter .....	40
<b>5 Ergebnisse .....</b>	<b>46</b>
5.1 Erkenntnisse aus der Bauherrenbefragung .....	46
5.1.1 Umfrageergebnisse .....	46
5.1.2 Analyse nach Zielgruppen .....	57
5.1.3 Analyse des Sanierungs- und Neubaupotentials von Bauherrschaften .....	61
5.2 Simulationsergebnisse zu Planungsparametern .....	64
5.2.1 Ausgangslage Referenzgebäude .....	64

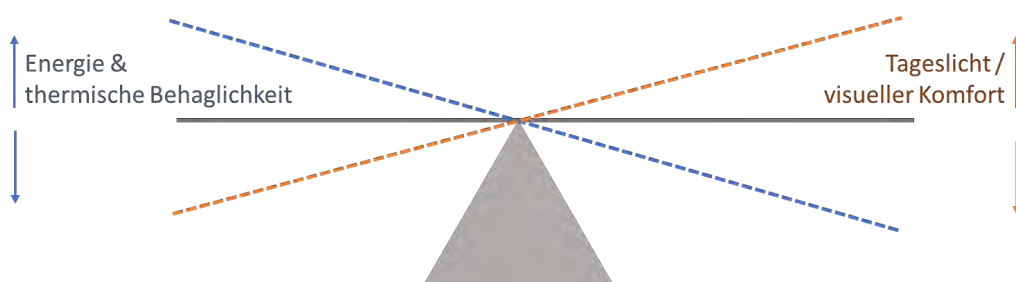
5.2.2	Ergebnisse der Parameterstudie .....	80
5.2.3	Potentialanalyse einer klimawandelgerechten Planung .....	149
<b>6</b>	<b>Schlussfolgerungen und Diskussion.....</b>	<b>158</b>
6.1	Handlungsempfehlungen für Bauherrschaften .....	158
6.2	Handlungsempfehlungen für Planende.....	167
<b>7</b>	<b>Ausblick .....</b>	<b>180</b>
<b>8</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>183</b>
<b>9</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>185</b>
9.1	Fragebogen zur Umfrage .....	185
9.2	Ergebnisse der Umfrage .....	192
9.3	Protokoll 1. Workshop .....	206
9.4	Protokoll 2. Workshop .....	213
9.5	VELUX Daylight Visualizer .....	219
9.6	Detaillergebnisse der Parametervariation.....	223
9.6.1	Orientierung der Fensterflächen .....	223
9.6.2	Fensteranteil .....	226
9.6.3	Fenstersturz und Fensterbrüstung.....	230
9.6.4	Fassadengestaltung: Anzahl der Fenster / Fensterform.....	234
9.6.5	Bauliche Elemente: Auskragung (horizontal).....	239
9.6.6	Beweglicher Sonnenschutz.....	243
9.6.7	Neigung des Fensters: Oblichter .....	246
9.6.8	Vertikale Beschattungselemente: Fixer Sonnenschutz / Fensterlaibung .....	249
9.6.9	Qualität der Verglasung / technologischer Fortschritt.....	253
9.6.10	Bauliche Elemente: Wintergarten / verglaste Loggia.....	256
9.6.11	Raumoberflächen.....	259
9.7	Auswirkung der Parameter (grafische Darstellung) .....	262
9.8	Übersetzungen.....	263
9.8.1	Französisch.....	263
9.8.2	Italienisch .....	270

## Zusammenfassung

Es ist zu erwarten, dass der Klimawandel unter anderem signifikante Auswirkungen auf den Energiebedarf und die thermische Behaglichkeit von Gebäuden haben wird. Dies könnte einen starken Anstieg des Klimakältebedarfs oder der Anzahl Überhitzungsstunden zur Folge haben. Verschiedene Szenarien zeigen, dass in der Schweiz ohne eine massive Reduktion der Treibhausgasemissionen mit einem Anstieg der jahreszeitlichen mittleren Temperatur von 3.3 – 5.4 °C bis zum Ende des 21. Jahrhunderts zu rechnen ist [1]. Um einen hohen Wohnkomfort und einen effizienten Betrieb unserer Gebäude über den gesamten Lebenszyklus zu garantieren, ist eine vorausschauende Planung somit unabdingbar.

Ziel der Studie ist es, Handlungsempfehlungen für eine klimawandelgerechte Planung zu erarbeiten. Eine klimawandelgerechte Planung beinhaltet dabei generell zwei grundlegende Aspekte: Zum einen geht es um die Reduktion der Treibhausgasemissionen (Mitigation) und zum anderen um die *Anpassung an die Auswirkungen des Klimawandels (Adaption)*. In dieser Studie wurde der Fokus auf den Aspekt der Adaption gelegt.

Die Studie verfolgt zwei komplementäre Anliegen: Zum einen möchte man **Bauherrschaften** zur Thematik Klimawandel sensibilisieren und die Akteure bei künftigen Bauentscheidungen für Sanierungs- und Neubauprojekte unterstützen. Zum anderen möchte man Empfehlungen für **Planende und ArchitektInnen** erarbeiten, welche Hinweise für den frühen Gebäudeentwurf enthalten. Der Fokus der Studie liegt dabei auf der Balancefindung zwischen der Nutzung solarer Wärmegewinne im Winter, der Vermeidung von Überhitzungsproblematiken im Sommer sowie einer guten Tageslichtversorgung im Gebäudeinneren – heute und in Zukunft.



**Abbildung A:** Balancefindung der Themenfelder Energie, thermische Behaglichkeit und Tageslicht, welche besonders in den Sommermonaten und mit Blick auf die aufgrund des Klimawandels in Zukunft vermehrt auftretenden Hitzetage Beachtung finden sollte.

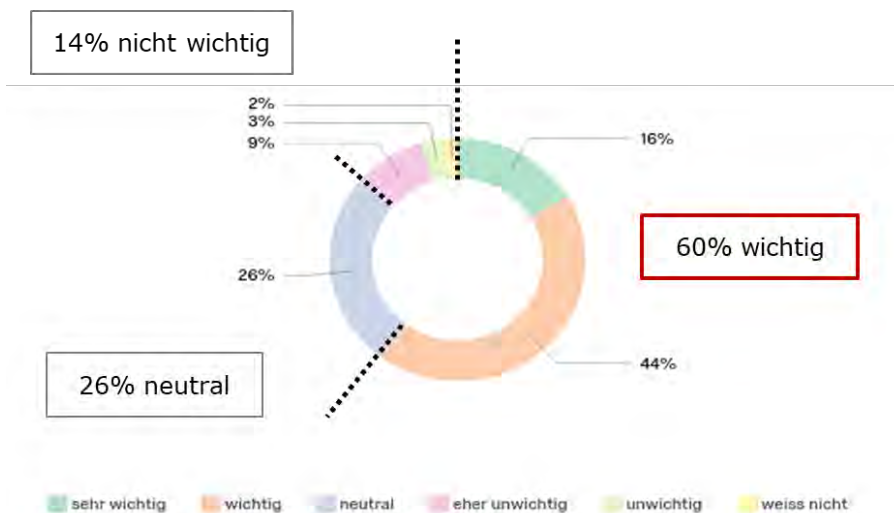
### Handlungsempfehlungen für Bauherrschaften

**Vorgehen / Methodik:** Mittels einer **Online-Umfrage** bei diversen EntscheidungsträgerInnen (Wohnbaugenossenschaften, Institutionellen Anlegern, Immobilienunternehmen etc.) wurde untersucht, wie Bauherrschaften mit dem Thema Klimawandel und dem damit verbundenen Temperaturanstieg in Wohnbauten umgehen. Welche Massnahmen und Strategien zur Vermeidung von Überhitzung in Innenräumen sind bereits bekannt und werden diese auch umgesetzt? Welche Hinderungsgründe gibt es, dass Massnahmen nicht oder nur teilweise umgesetzt werden? Und wie

kann die Motivation erhöht werden, künftig mehr Massnahmen umzusetzen? Die Ergebnisse wurden im Dialog mit verschiedenen Akteuren aus der Praxis (Bauherrschaften sowie ArchitektInnen und Planenden etc.) analysiert und bewertet.

**Ergebnisse:** Generell fühlten sich bereits 43 % der Befragten zum Thema «Auswirkungen des Klimawandels» *gut bis sehr gut* informiert, weitere 39 % haben diese Frage mit *mehr oder weniger gut* und nur 18 % als *nicht gut* beantwortet. Auch bei der Planung von Gebäuden nehmen die aufgrund des Klimawandels in Zukunft häufiger auftretenden Hitzetage bereits bei vielen der Befragten einen recht hohen Stellenwert ein, 60 % der Umfrageteilnehmenden haben diese Frage mit *wichtig bis sehr wichtig* beantwortet (Abbildung B). Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass tendenziell eher Personen mit Interesse an der Thematik an Umfragen teilnehmen.

Welchen Stellenwert nehmen die aufgrund des Klimawandels in Zukunft häufiger auftretenden Hitzetage in der Planung der Wohngebäude des Unternehmens, in dem Sie arbeiten, ein?

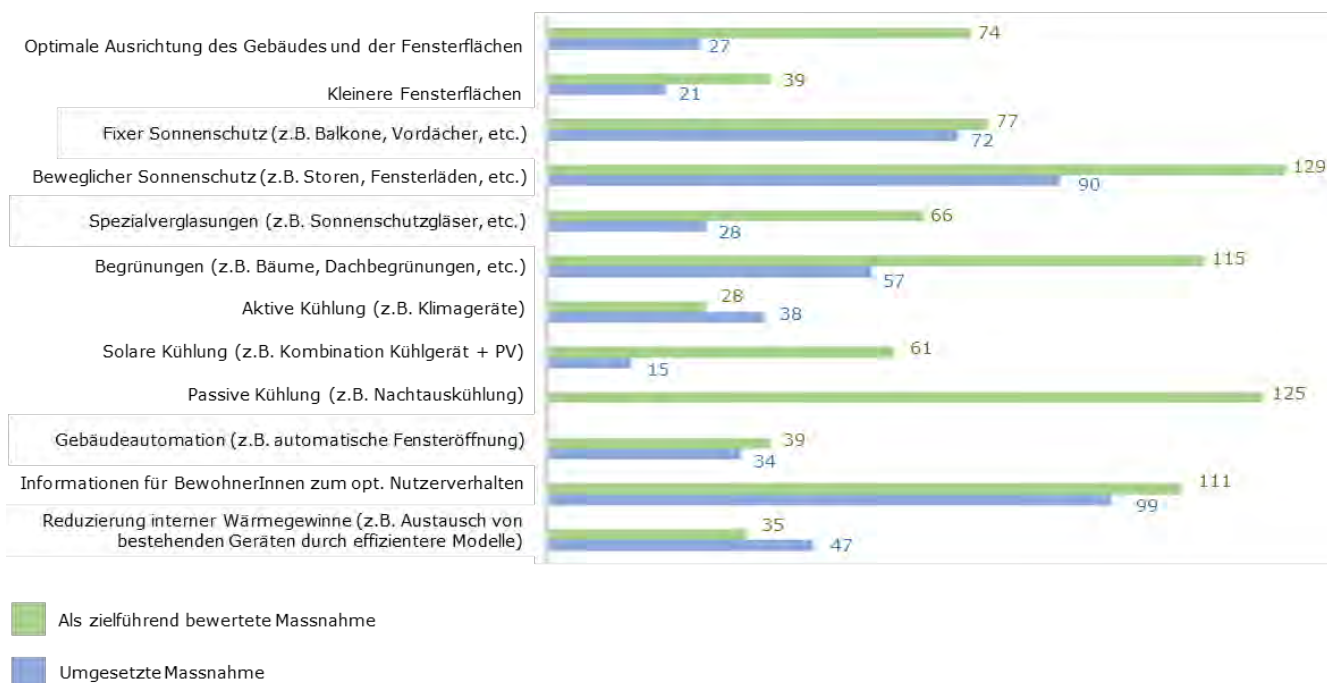


**Abbildung B:** Stellenwert Befragten zum Thema «Auswirkungen des Klimawandels»

Des Weiteren wurde analysiert, welche *Massnahmen zur Vermeidung von Überhitzungen* bereits bekannt sind, welche als zielführend eingestuft und welche bereits umgesetzt werden. Die Umfrage hat gezeigt, dass heute am häufigsten *bewegliche* und *feste Sonnenschutzelemente* realisiert werden sowie Bauherrschaften *Ihre BewohnerInnen bzgl. einem optimalen Nutzerverhalten* informieren. Danach folgen Massnahmen der *Begrünung* und zur *Reduzierung von internen Wärmegewinnen* (Abbildung C).

Bei der Analyse der Umfrageergebnisse konnten verschiedene Diskrepanzen zwischen Wissen und Handeln der Befragten festgestellt werden (Abbildung C). Aspekte des Gebäudeentwurfs, wie bspw. *Orientierung des Gebäudes und der Fensterflächen, Fenstergrössen* etc., wurden von vielen als zielführend bewertet, jedoch werden diese Massnahmen bisher im Rahmen der Gebäudeplanung nur wenig berücksichtigt. *Begrünungsmassnahmen* gehörten zu den am zielführendsten bewerteten

Massnahmen, jedoch werden diese Massnahmen deutlich weniger oft realisiert (Diskrepanz von rund 50 %). Ein weiterer Unterschied konnte ebenso bei der *aktiven* und *solaren Kühlung* festgestellt werden: Obwohl die Befragten Massnahmen der aktiven Kühlung als weniger zielführend als eine solare Kühlung bewertet haben, wurde diese Massnahme häufiger umgesetzt.



**Abbildung C:** Ergebnisse der Umfrage: zielführende und umgesetzte Massnahmen im Vergleich

Wo liegen also die *Hinderungsgründe*, dass als zielführend eingeschätzte Massnahmen nicht oder nur teilweise umgesetzt werden? Die Umfrage zeigte, dass insbesondere *zu hohe Kosten* und ein *zu hoher baulicher Aufwand* ausschlaggebend sind für Bauherrschaften. Dabei sind einige der Massnahmen zum Schutz vor Überhitzungen gar nicht mit Mehrkosten / -aufwand verbunden. Dies betrifft insbesondere Massnahmen für Neubauten (*Orientierung des Gebäudes und der Fensterflächen, Fenstergrösse* etc.), spätere Anpassungen in Bestandsbauten hingegen sind meist nur mit einem höherem Aufwand realisierbar. Eine zukunftsvisierte Planung hat somit nicht nur eine hohe Bedeutung für den Wohnkomfort und die Effizienz des Gebäudes, sondern auch auf die Wirtschaftlichkeit eines Bauobjekts. Bauherrschaften gilt es diesbezüglich zu sensibilisieren.

Des Weiteren wurde analysiert, wie die *Motivation* von Bauherrschaften zur Umsetzung von Massnahmen gesteigert werden könnte: *Mehr Informationen zu den Vorteilen und dem wirtschaftlichen Potential* von Massnahmen sowie (*finanzielle*) *Fördermöglichkeiten durch Bund / Kanton / Gemeinden* gehörten hier zu den am häufigsten genannten Antworten.

**Schlussfolgerungen und Empfehlungen:** Die Handlungsempfehlungen für Bauherrschaften wurden basierend auf den durch die Analyse der Umfrage gewonnenen Erkenntnissen formuliert. Massnahmen zum Schutz vor Überhitzung wurden mit Informationen zu Kosten, Aufwand, Vorteilen, wirtschaftlichen Potentialen und Fördermöglichkeiten aufbereitet. Ausserdem wurden – wenn



relevant – Informationen über eine dadurch resultierende Änderung in der Tageslichtversorgung ergänzt. Ebenfalls wurde durch die Umfrage festgestellt, dass Bauherrschaften sich Ihren Aufgaben als BestellerIn nicht bzw. nur teilweise bewusst sind und diesbezüglich sensibilisiert werden sollten. Idealerweise nehmen Sie von Anfang an Einfluss auf den Bauprozess, da dies langfristig wirtschaftliche, soziale, energetische und ökologische Vorteile mit sich bringt. Gemeinsam mit dem Planenden sollten Bauentscheidungen gemeinsam besprochen und die richtigen Lösungen erarbeitet werden. Tabelle A zeigt, wo Bauherrschaften im Bauprozess gezielt Einfluss nehmen können.

**Tabelle A:** Handlungsempfehlungen für Bauherrschaften, Hinweise für den Bauprozess in Anlehnung an die SIA-Phasen; die französische und italienische Übersetzung der Tabelle befindet sich in Anhang 9.8

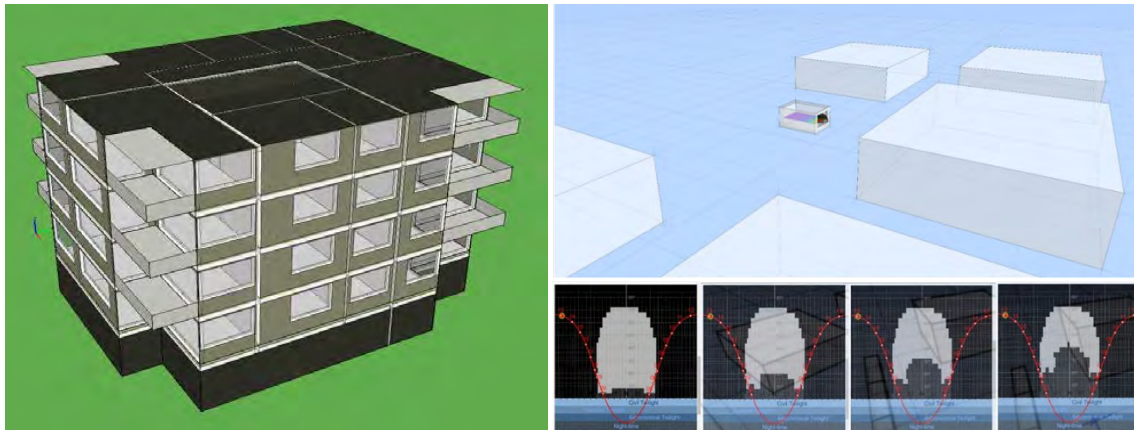
Phasen der SIA 112:2014	Empfehlungen
1 Strategische Planung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Berücksichtigung des wirtschaftlichen Potentials und der Vorteile von Massnahmen zur Vermeidung von Überhitzung</li> <li>• Formulierung von Erwartungen bezüglich der einzuhaltenden Standards</li> <li>• Sicherstellen, dass die Planenden               <ol style="list-style-type: none"> <li>1. eine Beurteilung des Tageslichts gemäss der Norm SN EN 17037:2019 «Tageslicht in Gebäuden» vornehmen,</li> <li>2. eine Beurteilung des Klimakältebedarfs und der Überhitzungsstunden gemäss SIA mit Klimadaten der Zukunft vornehmen,</li> <li>3. einer Analyse des Standorts bezüglich der Nutzung von bestehenden natürlichen Ressourcen durchführen und</li> <li>4. ein Monitoringkonzept erstellen.</li> </ol> </li> <li>• Sicherstellen, dass in den Planungsaufträgen «klimarelevante» Vorgaben klar formuliert sind</li> <li>• Identifikation einer Ansprechperson für klimawandelgerechtes Planen im Planungsteam</li> </ul>
2 Vorstudien	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Für ihre Rolle als BestellerIn sollte die Bauherrschaft mit einer breiten Palette von relevanten Massnahmen zum Schutz vor Überhitzung und zum Abführen von ungewollter Hitze vertraut sein</li> <li>• Sicherstellen, dass der Planende eine Analyse von Elementen, die im weiteren Projektverlauf nur noch schwer oder nicht mehr korrigierbar sind (z.B. Kubatur und Ausrichtung eines Gebäudes), durchführt</li> <li>• Strategische Entscheide über den Einsatz von energieeffizienten Geräten, Gebäudeautomation, nachhaltigen Kühlsystemen (bspw. Geocooling), Begrünungsmassnahmen etc. treffen</li> </ul>
3 Projektierung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Laufender Austausch zwischen der Bauherrschaft und dem Planenden zur Überprüfung des vorgängig Definierten und Bestellten (v.a. bei Sanierungen)</li> </ul>
4 Ausschreibung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formulieren von spezifischen Zielen zum klimawandelgerechten Bauen und diese in den allgemeinen Bedingungen von Ausschreibungen festhalten</li> </ul>
5 Realisierung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bei Anpassungen in Bauprojekten sollte ein besonderes Augenmerk auf klimawandelrelevante Aspekte gelegt werden, inkl. Kontrollen vor Ort</li> <li>• Überprüfen, dass bei Inbetriebnahme Instruktionen für die BetreiberInnen, Hauswarte etc. vorhanden sind</li> <li>• Kontrollieren, dass das Monitoring gestartet wird</li> <li>• Sicherstellen, dass die Planenden               <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Empfehlungen für die zukünftigen Nutzenden formulieren, bspw. zur richtigen Bedienung des beweglichen Sonnenschutzes (z.B. Storen, Fensterläden) und zur korrekten Nachtauskühlung,</li> <li>2. Parameter zur Optimierung der Gebäudenutzung definieren.</li> </ol> </li> </ul>

- 
- |                   |  |
|-------------------|--|
| 6 Bewirtschaftung | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aushändigen von Empfehlungen an MieterInnen, bspw. zur richtigen Bedienung des beweglichen Sonnenschutzes (z.B. Storen, Fensterläden) und zur korrekten Nachtauskühlung an MieterInnen; aber auch im Umgang mit allfälligen Kühlsystemen (bspw. Geocooling, wo das Kühlen im Sommer wichtig für die Effizienz des Gesamtsystems ist [saisonaler Speicher im Erdreich])</li> <li>• Optimierung des Monitorings, z.B. anhand von Nutzerbefragungen</li> </ul> |
|-------------------|--|
- 

### Handlungsempfehlungen für Planende

**Vorgehen / Methodik:** Mit Hilfe von Simulationen wurden der Einfluss verschiedener *Parameter der frühen Entwurfsphase* (bspw. Grösse / Ausrichtung / Qualität der Fenster sowie die Positionierung im Raum bzw. in Fassaden- und Dachflächen) sowie der *Einsatz architektonischer Elemente* (Balkone, Loggien, Sonnenschutz etc.) auf den *Energiebedarf* sowie auf den *thermischen und visuellen Komfort* im Gebäude untersucht. Bei der Bewertung spielten neben *energetischen Faktoren* (Heizwärme- und Kühlbedarf sowie Strombedarf für Kunstlicht) auch *Behaglichkeitskriterien* (Anzahl Überhitzungsstunden) und die *Anforderungen der neuen Norm SN/EN 17037:2019 «Tageslicht in Gebäuden»* eine zentrale Rolle. Diese enthält Empfehlungen hinsichtlich der Tageslichtversorgung, der Aussicht, dem Blendschutz sowie der Besonnungsdauer in Gebäuden.

Die *Parameterstudie* wurde anhand eines realen Beispielgebäudes durchgeführt (Abbildung D). Das Mehrfamilienhaus (Baujahr 2017) wurde in Massivbauweise konzipiert und besteht aus vier Wohngeschossen sowie einem Untergeschoss mit Einstellhalle. Es umfasst zwölf Wohnungen (drei pro Etage) und wurde nach Minergie® zertifiziert.



**Abbildung D:** Referenzgebäude aufgebaut in IDA-ICE (links), Simulation der Besonnungsdauer mittels Andrew-Marsh Dynamic Daylighting (rechts)

Als Referenzstandort wurde die Stadt Basel gewählt, da dieser Klimastandort repräsentativ für einen Grossteil der Schweiz ist. Dementsprechend wurden Klimadaten der Station Basel-Binningen und Projektionen basierend auf dem Emissionsszenario A1B für die Periode „2060“ (2045-2074) verwendet. Für die Simulationen wurden ein typisches warmes Jahr aus der heutigen Referenzperiode „1995“ (1980-2009) und ein prognostiziertes warmes Jahr aus der künftigen Periode „2060“ ausgewählt. Die Simulationen wurden mit dem Programm IDA-ICE durchgeführt,

einzig für die Bewertung der Besonnungsdauer wurde die Software Andrew-Marsh Dynamic Daylighting verwendet. Die Bewertung der Aussicht erfolgte manuell. Die Erkenntnisse der Parameterstudie wurden anschliessend gemeinsam mit Praxispartnern im Rahmen eines Workshops diskutiert und evaluiert.

**Ergebnisse:** In den Simulationen wurden insgesamt 11 Parameter des frühen Entwurfsprozesses analysiert und hinsichtlich deren Einfluss auf die drei Themenfelder Energie, thermische Behaglichkeit und Tageslichtversorgung untersucht. Tabelle B fasst die Resultate der Parameterstudie für das zukünftige Klimaszenario zusammen. Hierbei ist anzumerken, dass die Ergebnisse sich auf die im Rahmen der Studie getroffenen Annahmen (Gebäudetypologie, städtischer Kontext, Sonnenschutz, Lüftungsverhalten etc.) beziehen und unter anderen Rahmenbedingungen ggf. abweichen können.

**Tabelle B:** Übersicht über den Einfluss verschiedener Parameter auf die Energie, thermische Behaglichkeit und die Tageslichtversorgung im Gebäude unter Berücksichtigung des Klimawandels; die französische und italienische Übersetzung der Tabelle befindet sich in Anhang 9.8

Parameter	Einfluss auf...					
	Heizwärmebedarf	Klimakältebedarf	Endenergieverbrauch (ganzjährig)	Thermische Behaglichkeit	Tageslichtversorgung	Besonnungsdauer
<b>Orientierung d. Fensterflächen</b> (Referenz: Orientierung Ost)						
Nord	***	****	****	****	****	****
Süd	****	****	****	****	****	****
West	***	****	****	****	****	****
<b>Fensteranteil</b> (Referenz: Fensteranteil der Wohnung 52.4 %)						
Reduktion 25 %	****	****	****	****	***	***
Reduktion 50 %	****	****	****	****	****	***
<b>Fenstersturz / Fensterbrüstung</b> (Referenz: Sturz 20 cm / Brüstung 65 cm)						
Kein Sturz	****	***	****	****	****	****
Sturz 40 cm	***	****	****	****	***	****
Keine Brüstung	***	****	****	****	***	****

**Fassadengestaltung: Anzahl der Fenster / Fensterform**

<i>(Referenz: ein Fensterelement)</i>						
Bandfenster	****	****	****	****	****	****
Drei vertikale Fenster	****	****	****	****	****	****
<b>Bauliche Elemente: Horizontale Auskragungen</b> <i>(Referenz: keine zusätzlichen horizontalen Auskragungen)</i>						
Auskragung 1 m tief, fassadenbreit	****	****	****	****	****	****
Auskragung 2 m tief, fassadenbreit	****	****	****	****	****	****
<b>Beweglicher Sonnenschutz (Typ, Farbe, Durchlassgrad)</b> <i>(Referenz: Stoffmarkise «hell»)</i>						
Stoffmarkise «dunkel»	****	****	****	****	****	keine Beurteilung
Lamellenstore «silber»	****	****	****	****	****	keine Beurteilung
<b>Neigung des Fensters: Oblichter</b> <i>(Referenz: kein Oblicht)</i>						
zusätzl. Oblichter	****	****	****	****	****	keine Beurteilung
Oblichter, Reduktion Fassadenfenster	****	****	****	****	****	keine Beurteilung
<b>Vertikale Beschattungselemente: Fixer Sonnenschutz / Fensterlaibung</b> <i>(Referenz: Laibungstiefe 36 cm / keine vertikalen Beschattungselemente)</i>						
Fensterlaibung 70cm	****	****	****	****	****	****
Vertikale Beschattung, 1m tief	****	****	****	****	****	****
<b>Qualität der Verglasung / Technologischer Fortschritt</b> <i>(Referenz: Fenster mit einem U-Wert: 0.7   g-Wert: 0.51   T<sub>vis</sub>: 0.71, ohne Berücksichtigung technologischer Neuerungen)</i>						
Fensterfolien	****	****	****	****	****	keine Beurteilung
Elektrochrome Gläser	****	****	****	****	****	keine Beurteilung
<b>Bauliche Elemente: Wintergarten / verglaste Loggia</b> <i>(Referenz: Loggia gemäss Referenzgebäude (ohne Verglasung))</i>						
Verglaste Loggia	****	****	****	****	****	keine Beurteilung
Wintergarten	****	****	****	****	****	keine Beurteilung
<b>Raumoberflächen</b> <i>(Referenz: Boden – Parkett / R = 0.2; Innenwände – beige verputzt / R = 0.5; Decke – weiss verputzt / R = 0.7)</i>						

Boden «dunkel» R = 0.1	*****	*****	*****	*****	*****	keine Beurteilung
Boden «hell» R = 0.6	*****	*****	*****	*****	*****	keine Beurteilung
Innenwände, Lehmputz R = 0.25	*****	*****	*****	*****	*****	keine Beurteilung

**Legende: <sup>1</sup>**

- \*\*\*\*\* geringer Einfluss
- \*\*\*\*\* positiver Einfluss
- \*\*\*\*\* mittlerer Einfluss
- \*\*\*\*\* negativer Einfluss
- \*\*\*\* hoher Einfluss
- \*\*\*\* sehr hoher Einfluss

Deutlich erkennbar ist, dass sich die einzelnen Parameter ganz unterschiedlich auf die Beurteilungskriterien auswirken. Betrachtet man bspw. den Einfluss einer Reduzierung des Fensteranteils. Eine geringere Fensterfläche führt zu einer deutlichen Reduktion des Energiebedarfs (Sommer und Winter) sowie der Anzahl Überhitzungsstunden, gleichzeitig würde sich dies jedoch negativ auf die Tageslichtversorgung auswirken. *Die Balancefindung zwischen den Themenfeldern ist somit oftmals nicht eindeutig und muss der jeweiligen Situation / dem Kontext angepasst werden.*

Als Beispiel hierfür wurde eine zusätzliche Simulation durchgeführt, wobei einige Parameter des Referenzgebäudes optimiert wurden. *Die Anpassungen der Parameter erfolgten dabei für jedes Geschoss sowie jede Fassadenseite separat und immer im Hinblick auf eine gleichbleibende oder gar verbesserte Tageslichtqualität im Gebäude.* Die Fenstergrößen wurden gezielt reduziert, Oblichter bewusst platziert, helle Innenraumboflächen verwendet, die Positionierung der Fenster verändert (kein Sturz) und die vorhandene Loggia verglast.

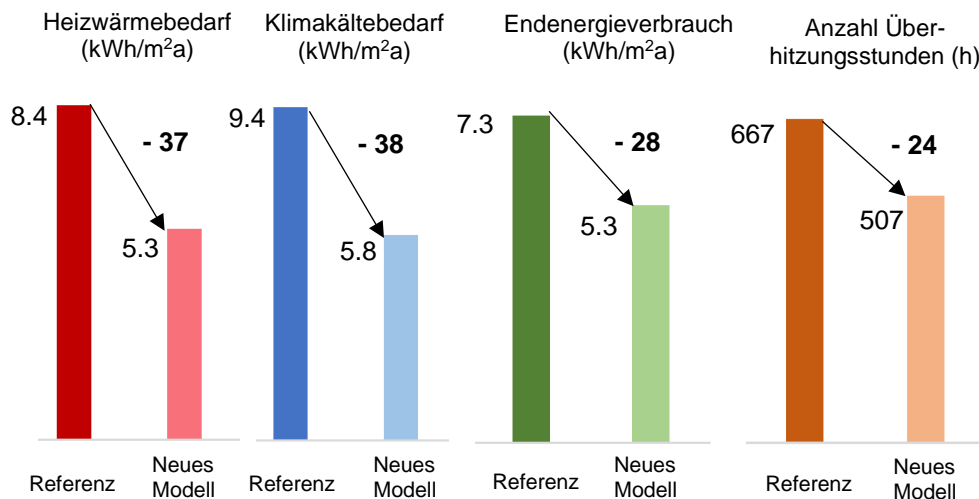
<sup>1</sup> Bewertungsstufen für Heizwärmebedarf / Klimakältebedarf / Endenergieverbrauch: «gering» bis 0.5 kWh/m<sup>2</sup>a / «mittel» bis 2.0 kWh/m<sup>2</sup>a / «hoch» bis 4.0 kWh/m<sup>2</sup>a / «sehr hoch» ab 4.0 kWh/m<sup>2</sup>a; Die Bewertung erfolgte anhand der grafischen Darstellung in Anhang 9.7.

Bewertungsstufen für die thermische Behaglichkeit (Anzahl Überhitzungsstunden): «gering» 5 h bis 50 h / «mittel» bis 100 h / «hoch» bis 200 h / «sehr hoch» ab 200 h; Die Bewertung erfolgte anhand der grafischen Darstellung in Anhang 9.7

Bewertungsstufe für die Tageslichtversorgung: «gering» < 10 % / «mittel» ≥ 10 % und < 30 % / «hoch» ≥ 30 % und < 50 % / «sehr hoch» ≥ 50 % – Bei der Beurteilung wurde der Durchschnitt der Ergebnisse für 100 % und 50 % des Raumes für einen oder auch zwei Räume verwendet.

Bewertungsstufe für die Besonnungsdauer: «gering» < 10 % / «mittel» ≥ 10 % und < 30 % / «hoch» ≥ 30 % und < 50 % / «sehr hoch» ≥ 50 % – Da die Ergebnisse für die verschiedenen Himmelsrichtungen sehr unterschiedlich waren, war bei der Beurteilung die grösste Abweichung ausschlaggebend für die Einstufung.

Abbildung E zeigt, welche prozentualen Einsparungen beim Heizwärmebedarf, Klimakältebedarf, Endenergieverbrauch und den Anzahl Überhitzungsstunden durch die Optimierungen des Referenzgebäudes erzielt werden konnten. Durch nur wenige Veränderungen konnte sowohl die Energieeffizienz, die thermische Behaglichkeit als auch die Tageslichtversorgung deutlich verbessert werden. Dies zeigt das *hohe Potential einer klimawandelgerechten Planung*.



**Abbildung E:** Potentialanalyse einer klimawandelgerechten Planung; dargestellt sind die Einsparungen durch das neue Gebäudemodell im Vergleich zum Referenzgebäude für das zukünftige warme Jahr (Periode 2045 – 2074).

**Schlussfolgerungen und Empfehlungen:** Auf Grundlage der Resultate der Parameterstudie wurden abschliessend die Handlungsempfehlungen für Planende abgeleitet. Dabei konnten Hinweise für die einzelnen Parameter als auch für den gesamten Planungsprozess formuliert werden (Tabelle C).

**Tabelle C:** Handlungsempfehlungen für Planende; die französische und italienische Übersetzung der Tabelle befindet sich in Anhang 9.8

### 1. Orientierung der Fensterflächen

Eine *Orientierung der Fensterflächen nach Süden, Westen und Osten ist weiterhin zu empfehlen* (in dieser Reihenfolge). Zudem sollte eine Wohnung *mindestens auf zwei Orientierungen* ausgerichtet werden, insbesondere wenn eine Nordfassade involviert ist. Besonders wichtig ist eine gezielte Planung bei der Anordnung der Räume. Ebenso könnten *flexible Wohnungsgrundrisse* in Zukunft sinnvoll sein: So könnte beispielsweise im Sommer das Nordzimmer und im Winter das Südzimmer als Homeoffice benutzt werden.

### 2. Fensteranteil

Ein *bewusster Umgang mit Fensterflächen* ist für die Planung von Gebäuden sehr wichtig, insbesondere unter künftigen Klimaszenarien.

---

	<p>Bei der Planung sollten die <i>umliegenden Gebäude und geografische Gegebenheiten (Berge etc.)</i> berücksichtigt werden: Werden bspw. das Dachgeschoss - oder auch andere Geschosse - nicht verschattet, sollte geprüft werden, ob der Fensteranteil reduziert werden kann.</p>
<b>3. Fenstersturz / Fensterbrüstung</b>	<p>Ein Fenster ohne Brüstung ist – insbesondere angesichts des Klimawandels – nicht zu empfehlen. Die Sturzhöhe sollte möglichst gering sein, um die Tageslichtversorgung zu maximieren. <i>Eine Reduzierung der Fenstergrösse sollte im Brüstungsbereich und nicht im Sturzbereich erfolgen.</i> Dadurch wird die Tageslichtversorgung im Gebäude nicht bzw. nur in geringem Masse negativ beeinflusst.</p>
<b>4. Fassaden-gestaltung: Anzahl der Fenster / Fensterform</b>	<p>Das <i>Bandfenster</i> führt zu einer leichten Verbesserung der Kriterien des Tageslichts, gleichzeitig wirken sich diese Elemente leicht negativ auf die Energiebilanz und den thermischen Komfort aus.</p> <p>Die <i>drei vertikale Fensterelemente</i> führen zwar zu einem Anstieg des Heizwärmebedarfs, jedoch kann gleichzeitig der Klimakältebedarf sowie die Anzahl Überhitzungsstunden reduziert werden. Dies kann insbesondere angesichts des Klimawandels oder auch in anderen Umgebungssituationen (freistehendes Gebäude, keine Verschattung) an Bedeutung gewinnen. Der Einsatz dieser Elemente kann – insbesondere in Zukunft – in Einzelfällen sinnvoll sein. Dabei ist aber ein besonderes Augenmerk auf eine ausreichende Tageslichtversorgung zu legen.</p>
<b>5. Bauliche Elemente: Horizontale Auskragungen</b>	<p>Beim Einsatz von horizontalen Auskragungen sollte insbesondere auf die <i>Umgebungssituation</i> eingegangen werden, um die <i>Balance zwischen Energie, thermischer Behaglichkeit und Tageslicht</i> zu finden.</p> <p>In einem <i>städtischen Kontext</i> (Referenz) kommt es ohnehin zu Verschattungen durch umliegende Gebäude, was es schwer macht die Anforderungen an die Tageslichtversorgung – insbesondere in den unteren Geschossen – zu erfüllen. Horizontale Auskragungen würden die Tageslichtversorgung noch weiter reduzieren.</p> <p>Bei einem <i>freistehenden Gebäude</i> (ohne Verschattung durch Nachbargebäude, Berge, Bäume etc.) hingegen, können die Anforderungen an das Tageslicht einfacher erfüllt werden. Gleichzeitig sind auch die solaren Wärmeerträge deutlich höher. Dadurch können der Klimakältebedarf und der thermische Komfort in den Vordergrund rücken. In diesem Kontext können horizontale Sonnenschutzelemente an Bedeutung gewinnen. Eine gezielte Planung unter Berücksichtigung der Anforderungen der Norm SN EN 17037:2019 ist entscheidend.</p>

---

---

<b>6. Beweglicher Sonnenschutz (Typ, Farbe, Durchlassgrad)</b>	<p><i>Generell gilt: Bewegliche Sonnenschutzelemente sind in der Planung immer zu berücksichtigen.</i></p> <p><i>Lamellenstoren</i> sind aufgrund der grossen Flexibilität dieser Elemente besonders empfehlenswert, sowohl aus energetischer Sicht als auch für die thermische und visuelle Behaglichkeit. Auch wenn der Schutz vor Blendung im Wohnungsbau nicht direkt gefordert wird, sollte zusätzlich zum aussenliegenden Sonnenschutz immer auch ein innenliegender Blendschutz (im besten Fall auch von unten nach oben schliessend) in Betracht gezogen werden.</p>
<b>7. Neigung des Fensters: Oblichter</b>	<p>Aus Sicht des Tageslichts sind <i>Oblichter</i> empfehlenswert: Insbesondere bei <i>tiefen Räumen</i> können die Anforderungen an den Tageslichtquotienten meist nicht eingehalten werden. Durch den gezielten Einsatz von Oblichtern wird die visuelle Behaglichkeit in solchen Räumen verbessert.</p> <p>Mit guter Planung empfiehlt sich der Einsatz von Oblichtern auch aus energetischer und thermischer Sicht. Ein <i>guter Sonnenschutz</i> und eine <i>gezielte Nachtauskühlung</i> sind dabei unerlässlich.</p>
<b>8. Vertikale Beschattungselemente: Fixer Sonnenschutz / Fensterlaibung</b>	<p>Eine <i>grössere Laibungstiefe</i> der Fenster führt nur zu einer geringfügigen Verbesserung der Endenergie und der thermischen Behaglichkeit. Auf die Tageslichtversorgung wirken sich diese Elemente geringfügig negativ aus.</p> <p>Die <i>vertikalen Beschattungselemente</i> wirken sich positiv auf die Energiebilanz sowie auf die thermische Behaglichkeit aus. Mit Blick auf das Tageslicht sind diese Elemente jedoch negativ. Angesichts des Klimawandels könnten diesen Elementen jedoch an Bedeutung gewinnen. Wichtig ist ein gezielter Einsatz von vertikalen Beschattungselementen unter Berücksichtigung der Anforderungen der Norm SN EN 17037:2019 «Tageslicht in Gebäuden».</p>
<b>9. Qualität der Verglasung / Technologischer Fortschritt</b>	<p><i>Fensterfolien</i> führen zu einer Erhöhung des Endenergieverbrauchs. Würden diese Elemente jedoch <i>saisonal Anwendung</i> finden, dann könnte der Klimakältebedarf sowie die thermische Behaglichkeit verbessert werden. Jedoch verschlechtern die Fensterfolien die Tageslichtversorgung im Gebäude deutlich – Ein bewusster Einsatz dieser Elemente im Sommer, bspw. wo andere Massnahmen weniger gut einsetzbar sind, könnte durchaus angedacht werden (unter Berücksichtigung einer ausreichenden Tageslichtversorgung).</p> <p>Auch <i>Elektrochrome Gläser</i> könnten insbesondere in Zukunft an Bedeutung gewinnen: Diese Elemente sind aus energetischer Sicht und</p>

---



---

bezogen auf den thermischen Komfort sehr gut, bezogen auf das Tageslicht jedoch derzeit leicht verbesserungsbedürftig. Diese Elemente werden jedoch laufend weiterentwickelt und könnten diesbezüglich noch verbessert werden.

---

**10. Bauliche  
Elemente:  
Wintergarten /  
verglaste Loggia**

Eine *verglaste Loggia* sowie ein *Wintergarten* können sich positiv auf die Energieeffizienz auswirken. Gleichzeitig haben diese Elemente kaum einen Einfluss auf die Tageslichtversorgung. Wichtig ist jedoch, dass eine *ausreichende Belüftung* des Bereichs sowie ein *ausenliegender Sonnenschutz* berücksichtigt werden. Durch eine Totalverglasung (Wintergarten) könnte zudem die Aussicht verbessert werden.

Durch die zusätzliche Verglasung wird jedoch der Aufwand an *Grauer Energie* erhöht, dies sollte berücksichtigt werden.

---

**11. Raumboflächen**

Durch *helle Oberflächen* in den Innenräumen kann die *Tageslichtversorgung im Gebäude deutlich verbessert* werden, gleichzeitig hat dies nur einen unbedeutenden Einfluss auf die Energieeffizienz sowie die thermische Behaglichkeit. Oberflächen mit hohen Reflexionsgraden sind somit *empfehlenswert*.

---

**Fazit und Ausblick**

Die Studie lieferte wichtige Erkenntnisse für eine nachhaltige und energieeffiziente Gebäudeplanung, wodurch langfristig bedeutende Ressourcen eingespart sowie die Kosten im Lebenszyklus optimiert werden könnten. In einem nächsten Schritt sollten diese Resultate nun adressatengerecht aufbereitet und über die verschiedenen Kanäle, bspw. von EnergieSchweiz oder der Hochschule Luzern, publiziert werden. Ebenso ist die Kommunikation der Studienergebnisse über Fachveranstaltungen geplant. Eine Weiterführung der Parameterstudie in einem differenzierten Kontext (ländliche Umgebung, freistehendes Gebäude, Standort etc.) könnte zudem weitere wichtige Erkenntnisse im Umgang mit einer klimawandelgerechten Planung liefern.

## Abkürzungsverzeichnis

$A_E$ : Energiebezugsfläche

$A_{th}$ : Thermische Gebäudehüllfläche

$A_{th}/A_E$ : Gebäudehüllzahl

COP: Leistungszahl für Heizbetrieb

DW: Dachwohnung

EBF: Energiebezugsfläche

EER: Energieeffizienz-Ratio

EG: Erdgeschoss

g-Wert: Gesamtenergiedurchlassgrad

MB: Merkblatt

NGF: Nettogeschossfläche

OG: Obergeschoss

SIA: Schweizerischer Ingenieur und Architektenverein

$T_{AUL}$ : Aussenlufttemperatur

$T_e$ : Direkter solarer Transmissionsgrad

$T_{RAL}$ : Raumlufthtemperatur

$T_{vis}$ : Lichttransmissionsgrad

U-Wert: Wärmedurchgangskoeffizient

WRG: Wärmerückgewinnung

# 1 Ausgangslage

Die Studie «CH2018» [1] zeigt es deutlich, ohne eine massive Reduktion der Treibhausgasemissionen ist in der Schweiz mit einem Anstieg der jahreszeitlichen mittleren Temperatur von 3,3 - 5,4 °C bis zum Ende des 21. Jahrhunderts zu rechnen. Dieser Wandel wird massive Auswirkungen auf den Energiebedarf (insbesondere die Kühlung) und die Behaglichkeit (Zunahme von Hitzetagen, Abbildung 1) von Gebäuden haben. Dem Gebäudeentwurf wird dabei eine zentrale Rolle zugeschrieben.

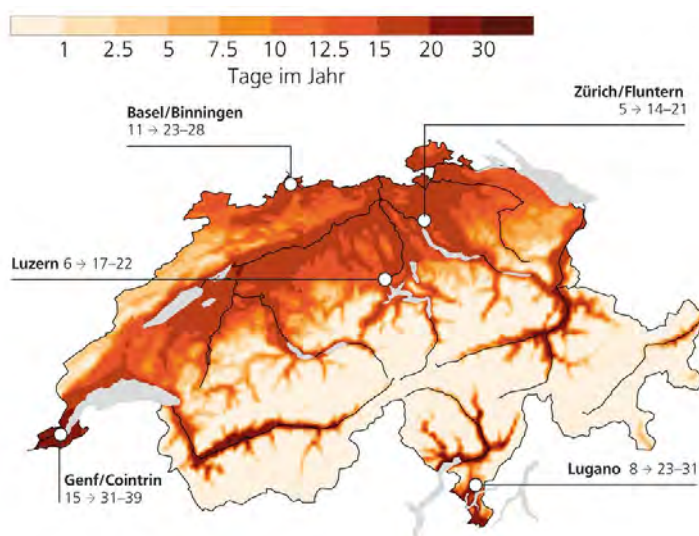


Abbildung 1: Änderung Anzahl Hitzetage - Ohne Klimaschutz erwartete Änderung der Anzahl Tage mit Temperaturen über 30 Grad Celsius um 2060 gegenüber 1981-2010 (30-jähriges Mittel). Werte zeigen die Norm 1981-2010 und den möglichen Bereich um 2060 [1].

Der Hitzesommer 2018 hat die Erderwärmung wieder in das Bewusstsein der Bevölkerung gerückt. Der notwendige Umbau der Infrastruktur in den Sektoren Energieerzeugung, Industrie, Wohnbauten, Verkehr und Landwirtschaft zur Erfüllung der bundesrätlichen Energiestrategie ist ambitioniert. Mit 46 % Anteil am schweizerischen Energieverbrauch spielt der Gebäudepark dabei eine Schlüsselrolle<sup>2</sup>. Ein Grossteil davon kommt durch Wohnbauten zustande. Die Studie «ClimaBau» [2] zeigt, welche Punkte bei der Planung beachtet werden müssen, wenn diese Wohngebäude effizient und nachhaltig für kommende Jahrzehnte sein sollen.

Dem Schutz der Gebäude vor Überhitzung kommt dabei eine zentrale Rolle zu. Wird nicht bereits heute darauf reagiert, werden die heute geplanten Gebäude den Ansprüchen der Zukunft nicht mehr gerecht werden. Unter anderem könnte der Energieverbrauch in den Sommermonaten durch die Verbreitung von Kühlgeräten um ein Vielfaches steigen. Denn durch die immer häufiger

---

<sup>2</sup> Bundesamt für Energie BFE, Projektausschreibung Gebäude 2019

auftretenden Hitzetage sind die BewohnerInnen von beeinträchtigenden Temperaturen in den Innenräumen wesentlich öfter betroffen als heute. Hier setzt die vorliegende Projektarbeit an.

Zum einen wurde mit dieser Studie untersucht, wie **WohnbauträgerInnen und Bauherrschaften** mit dem Thema Klimawandel bei der aktuellen Planung ihrer Gebäude umgehen: Welche Massnahmen und Strategien sind bereits bekannt? Werden diese auch umgesetzt? Welche Hinderungsgründe gibt es, dass Massnahmen nicht umgesetzt werden? Wie könnte die Motivation erhöht werden, dass Massnahmen künftig häufiger umgesetzt werden? Mittels Befragungen von EntscheidungsträgerInnen erfolgte eine Standortbestimmung zu den aktuellen Herausforderungen.

Zum anderen sollen durch das Projekt **ArchitektenInnen und Planende** beim Entwurf von klimagerechten Gebäuden unterstützt werden. Um einen optimalen Betrieb hinsichtlich des Energieverbrauchs und der Behaglichkeit über den gesamten Lebenszyklus von Wohngebäuden zu garantieren, muss bereits heute zukunftsvisiert geplant werden. Der Fokus liegt hier auf den in der frühen Entwurfsphase beeinflussbaren Parametern und der **Balancefindung** der drei Themenfelder: **solare Gewinne**, **Überhitzungsproblematik** und **Tageslichtversorgung**. Die Studie «ClimaBau» hat hinsichtlich der thermischen Behaglichkeit und des Klimakältebedarfs als entscheidende Parameter insbesondere den Fensterflächenanteil und die Speicherfähigkeit von Gebäuden identifiziert. Diese Erkenntnisse wurden nun weitergeführt. Mit den Ergebnissen der Studie soll ein bewusster Umgang mit Fensterflächen sowie ein gezielter Einsatz architektonischer Elemente auch im Hinblick auf die visuelle Behaglichkeit<sup>3</sup> gefördert werden. Unter Einbezug der neuen Norm SN EN 17037:2019 «Tageslicht in Gebäuden» [3] soll dabei die gesamtheitliche Qualität und Nachhaltigkeit von Neubauprojekten langfristig gesteigert werden.

---

<sup>3</sup> Unter «visueller Behaglichkeit» wurde in dieser Studie die visuelle und nicht-visuelle Wirkung von Licht auf den Menschen verstanden.

## 2 Ziel der Arbeit

Mit diesem Projekt wurden zwei komplementäre Ziele verfolgt:

- Handlungsempfehlungen für Bauherrschaften

Sensibilisierung von EntscheidungsträgerInnen im Umgang mit der Thematik «Klimawandel». Im Fokus standen insbesondere der damit verbundene Temperaturanstieg und die Zunahme der Hitzetage sowie die dadurch bedingten Auswirkungen auf den Energiebedarf und Komfort von Wohngebäuden.

- Handlungsempfehlungen für Planende

Unterstützung von ArchitektInnen und Planenden im Entwurfsprozess bei der Balancefindung der drei Themenfelder solare Gewinne, Tageslichtversorgung und Überhitzungsschutz im Spannungsfeld zwischen Mensch, Gebäude und Energie. Dabei soll der bewusste Umgang mit Fenstern (Grösse, Ausrichtung, Qualität, Positionierung im Raum bzw. in Fassaden- und Dachflächen) und der gezielte Einsatz architektonischer Elemente (Wirkungsfähigkeit von festen Beschattungselementen, Balkonen etc.) in der frühen Entwurfsphase gefördert werden.

Durch die genannten Projektziele soll eine vorausschauende Planung sichergestellt werden, um einen effizienten Betrieb von Gebäuden über die gesamte Lebensdauer zu garantieren (Lebenszyklusbetrachtung) und auch in Zukunft eine hohe Wohnqualität während der Sommermonate zu gewährleisten. Mit dem Projekt soll ein positiver Beitrag zur Reduzierung des Energiebedarfs und der Treibhausgasemissionen im Gebäudesektor der Schweiz sowie zur Erreichung der energie- und klimapolitischen Ziele der Energiestrategie 2050 geleistet werden.

## 3 Grundlagen

### 3.1 Vorhergehende Studien

Diese Arbeit basiert auf den Ergebnissen der Studie «ClimaBau» [2], welche aufzeigt, dass der Klimakältebedarf in Wohngebäuden in den nächsten fünfzig Jahren aufgrund des klimawandelbedingten Temperaturanstiegs deutlich ansteigen wird. Die Studie bestätigte die Wirksamkeit von Entwurfsparametern im Zusammenhang mit der Reduzierung der Wärmegewinne im Sommer (Fensterflächen, Sonnenschutz, natürliche Lüftung etc.) sowie die Rolle, die Bewohnende beim Klimakältebedarf spielen.

Des Weiteren konnte auf dem bereits vorhandenen Wissen und gesammelten Daten aus anderen vorhergehenden Studien profitiert werden, insbesondere «Klima als Entwurfaktor» [4], «CH2018 – Climate Scenarios for Switzerland, Technical Report» [5] und die mit MeteoSchweiz für die Simulationen aufbereiteten Klimadatenätze von heute und in Zukunft (Szenario A1, Periode 2060 (2045-2074), Standorte Basel und Lugano, zusätzlich mit Berücksichtigung des städtischen Wärmeinseleffekts).

Im Rahmen des Projekts ROGEK [6] wurden gebäudetechnische Systeme in Bürogebäuden hinsichtlich deren Robustheit in Zusammenhang mit dem Klimawandel untersucht. Dafür wurden Klimadatenätze bis in das Jahr 2100 aufbereitet. Das Projekt wurde auch vom Institut für Gebäudetechnik und Energie der Hochschule Luzern umgesetzt.

Der Schweizerische Ingenieur- und Architektenverein (SIA) hat das Projekt «Klimadaten der Zukunft für Planende: Klimawandel und Merkblatt SIA 2028» [7] im Rahmen des BAFU-Programms «Anpassung an den Klimawandel» im Jahr 2020 lanciert. Zu den Zielen dieses Projekts gehören u.a. die Ergänzung des auf meteorologischen Messdaten beruhenden Merkblatts SIA 2028 «Klimadaten für Bauphysik, Energie- und Gebäudetechnik» durch eine praxistaugliche Alternative, die das zukünftige Klima (auf der Basis der neuen Klimaszenarien CH2018) berücksichtigt. Des Weiteren sollen durch dieses Projekt Planende befähigt werden, die Auswirkungen der Klimaentwicklung in die Gebäudeplanung mit einzubeziehen und ihren AuftraggeberInnen die Konsequenzen aufzuzeigen.

### 3.2 Begrifflichkeiten und relevante Normen

#### 3.2.1 Heizwärme- und Klimakältebedarf

Unter **Heizwärmebedarf** versteht man die Wärme, die dem beheizten Raum während der Berechnungsperiode zugeführt werden muss, um den unteren Sollwert der Raumtemperatur einzuhalten. [8]

Unter **Klimakältebedarf** versteht man die Wärme, die dem gekühlten Raum während der Berechnungsperiode entzogen werden muss, um den oberen Sollwert der Raumtemperatur einzuhalten (ohne Entfeuchtung). [8]

Die **Berechnungen** des jährlichen Heizwärme- und Klimakältebedarfs basieren auf den in der **Norm SIA 382/2:2011** [8] festgelegten Anforderungen.

Die Auslegung des Heizwärme- und Klimakälteleistungsbedarfs erfolgt dynamisch mit stündlichen Zeitschritten. Diese Berechnung weicht von der Norm SIA 382/2:2011 [8] insofern ab, dass die Klimadaten der Norm für die Auslegungsperiode im Winter bzw. im Sommer nicht verwendet wurden, sondern die im Rahmen dieses Projekts verwendeten jährlichen Klimadaten. Darüber hinaus wurden bei der Berechnung des Heizwärmeleistungsbedarfs sowohl interne als auch solare Wärmeerträge mitberücksichtigt.

Der **jährlicher Elektrizitätsbedarf** für die Beleuchtung wurde unter Berücksichtigung der Zielwerte der elektrischen Leistung sowie der Leuchten-Lichtausbeute für die Raumnutzung Wohnen Mehrfamilienhaus nach **SIA MB 2024:2015** [9] berechnet. Die Beleuchtung wurde über einen Zeitplan und über die natürliche Belichtung der Räume gesteuert, wie in Abschnitt 4.2.2.6 erläutert. Die minimale Beleuchtungsstärke wurde mit 50 Lux definiert (gemäss SIA MB 2024:2015) [9]. Der Leistungsbedarfs für die Beleuchtung wurde entsprechend dem Zielwert ( $1.7 \text{ W/m}^2$ ) der elektrischen Leistung der Raumbelichtung für die Raumnutzung Wohnen Mehrfamilienhaus nach SIA MB 2024:2015 [9] angenommen.

### 3.2.2 Überhitzungsstunden

Die **Überhitzungsstunden** sind in diesem Bericht definiert als die Stunden, an denen die Temperatur höher als die zulässige Temperatur nach **SIA 180:2014** [10] liegt.

Die Norm SIA 180 «Wärmschutz, Feuchteschutz und Raumklima in Gebäuden» verfolgt den Zweck ein behagliches Wohnraumklima sicherzustellen sowie Bauschäden zu vermeiden. Für die thermische Behaglichkeit des Menschen wird die empfundene Temperatur (auch als operative Temperatur bezeichnet) betrachtet. Unter diesem Begriff wird die Lufttemperatur am betrachteten Ort im Raum und die Strahlungstemperatur der Umgebungsflächen berücksichtigt. «In geschlossenen Räumen mit kleiner Luftgeschwindigkeit ( $\leq 0,2 \text{ m/s}$ ) wird die empfundene Temperatur dem arithmetischen Mittel zwischen der Lufttemperatur und der mittleren Strahlungstemperatur gleichgesetzt» [10].

Die empfundene Temperatur in den Räumen sollte innerhalb des in Abbildung 2 definierten Bereichs liegen, um als «behaglich» empfunden zu werden. Die Norm legt unterschiedliche Anforderungen an Räume fest, je nachdem ob die technischen Installationen in Betrieb sind (Anforderungen an Räume, während diese beheizt, gekühlt oder mechanisch belüftet sind) oder wenn keine Installationen vorhanden sind bzw. diese ausgeschaltet sind (Anforderungen an Räume mit natürlicher Lüftung, während diese weder beheizt noch gekühlt sind).

Dabei wird angenommen, dass höhere Raumtemperaturen in natürlich belüfteten Räumen (passive Kühlung, rot gestrichelte Linie in Abbildung 2) von den Nutzenden eher akzeptiert werden. Daher liegt der Grenzwert höher als bei mechanisch belüfteten bzw. klimatisierten Räumen (violette Linie in Abbildung 2), wo der obere Schwellenwert  $26.5 \text{ °C}$  beträgt, wenn der gleitende Mittelwert der Aussentemperatur während 48 Stunden höher als  $17.5 \text{ °C}$  liegt. Im Rahmen dieses Projekts wurde

jeweils die Überschreitung beider Grenzwerte ermittelt. Ist im Bericht nichts Spezifisches vermerkt, wurde - um einen besseren Vergleich ermöglichen zu können - der untere Grenzwert zur Bewertung herangezogen.<sup>4</sup>

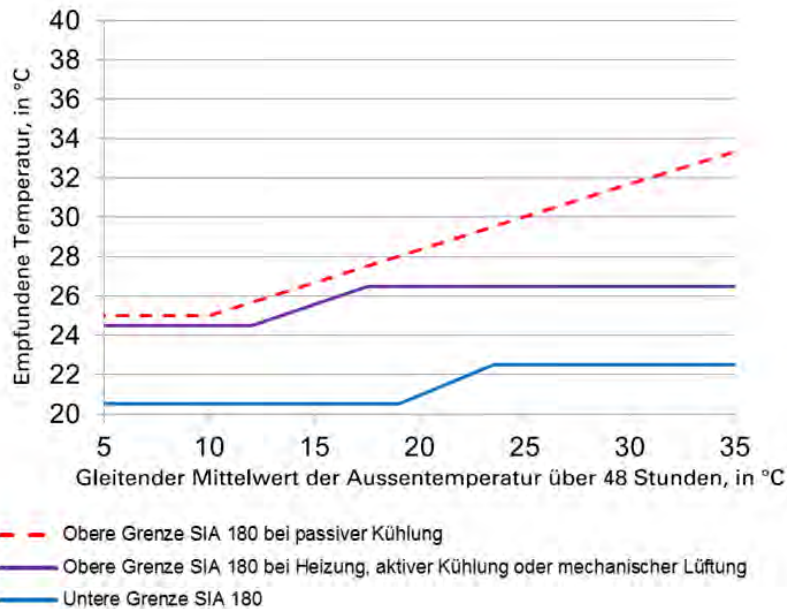


Abbildung 2: Zulässiger Bereich der empfundenen Temperatur in Wohn- und Büroräumen, während diese beheizt, gekühlt oder mechanisch belüftet sind (Bereich zwischen der blauen und der violetten Linie) oder in Wohn- und Büroräumen mit natürlicher Lüftung, während diese weder beheizt noch gekühlt sind (Bereich zwischen der blauen und rot gestrichelten Linie), in Abhängigkeit des Mittelwerts der Aussentemperatur (angelehnt an die SIA 180:2014 [10]).

### 3.2.3 Tageslicht in Gebäuden

Die **Schweizer Norm SN EN 17037:2019 «Tageslicht in Gebäuden»** [3] ist im Juni 2019 in Kraft getreten. Sie legt Mindestempfehlungen für einen ausreichenden Helligkeitseindruck mit Tageslicht in Innenräumen sowie für eine angemessene Sichtverbindung nach aussen fest. Auch enthält sie Empfehlungen für die Besonnungsdauer in Aufenthaltsräumen sowie Hinweise zur Beschränkung von Blendung (Abbildung 3).

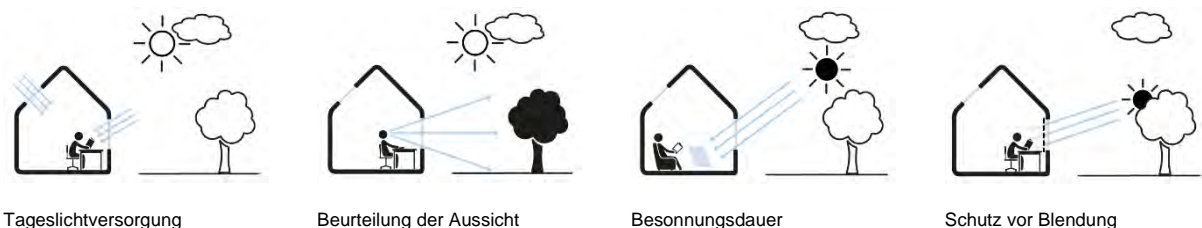


Abbildung 3: Die vier Beurteilungsdimensionen nach SN EN 17037:2019 [3] [11].

<sup>4</sup> Die Anzahl der angegebenen Überheizungsstunden im Bericht ist nicht direkt vergleichbar mit den kalkulierten Werten nach SIA 180:2014 [10], da die Bedingungen für die Lüftung- und Verschattungssysteme teilweise nicht der Norm entsprechen.



## Anforderungen an die Tageslichtversorgung

Ein Raum mit einer vertikalen oder geneigten Tageslichtöffnung gilt als ausreichend mit Tageslicht versorgt, wenn zwei unterschiedliche Ziel-Beleuchtungsstärken über zwei unterschiedliche Anteile einer Bezugsebene innerhalb eines Raumes für mindestens die Hälfte der Tageslichtstunden erreicht werden. In der Regel bedeutet dies, dass ein solcher Raum ausreichend mit Tageslicht versorgt ist, wenn mindestens die Zielwerte für «gering» erreicht werden. Tabelle 1 enthält die Empfehlungen der Norm für die Tageslichtversorgung durch Tageslichtöffnungen in vertikalen und geneigten Flächen. Tabelle 2 enthält die entsprechenden Empfehlungen von Tageslichtquotienten für Bern. Tabelle 3 und Tabelle 4 enthalten die entsprechenden Werte für horizontale Tageslichtöffnungen. Da die Norm nur europäische Hauptstädte enthält, wurde Bern als Referenz für die Tageslichtversorgung in dieser Studie verwendet.

Tabelle 1: Empfehlungen für die Tageslichtversorgung durch Tageslichtöffnungen in vertikalen und geneigten Flächen. [3]

Empfehlungsstufe für vertikale und geneigte Tageslichtöffnungen	Ziel-Beleuchtungsstärke $E_T$ lx	Raumanteil für den Zielwert $F_{plane,%}$	Mindestziel-Beleuchtungsstärke $E_{TM}$ lx	Raumanteil für den Mindestzielwert $F_{plane,%}$	Anteil an Tageslichtstunden $F_{time,%}$
Gering	300	50 %	100	95 %	50 %
Mittel	500	50 %	300	95 %	50 %
Hoch	750	50 %	500	95 %	50 %

ANMERKUNG Tabelle A.3 gibt den Ziel-Tageslichtquotienten ( $D_T$ ) und Mindestziel-Tageslichtquotienten ( $D_{TM}$ ) entsprechend der Ziel-Beleuchtungsstärke und der Mindestziel-Beleuchtungsstärke für die CEN-Hauptstädte an.

Tabelle 2: Werte von Tageslichtquotienten ( $D$ ) für Tageslichtöffnungen mit einer Beleuchtungsstärke von mehr als 100 lx, 300 lx, 500 lx oder 750 lx für einen Anteil der Tageslichtstunden  $F_{time,%} = 50 %$  für Bern, Schweiz. [3]

Nation	Hauptstadt	Geografischer Breitengrad $\varphi$ [°]	Mittlere äußere diffuse Beleuchtungsstärke $E_{v,d,med}$	$D$ von mehr als 100 lx	$D$ von mehr als 300 lx	$D$ von mehr als 500 lx	$D$ von mehr als 750 lx
Schweiz	Bern	46,25	16 000	0,6 %	1,9 %	3,1 %	4,7 %

Tabelle 3: Empfehlungen für die Tageslichtversorgung für horizontale Tageslichtöffnungen. [3]

Empfehlungsstufe für horizontale Tageslichtöffnungen	Ziel-Beleuchtungsstärke $E_T$ lx	Raumanteil für den Zielwert $F_{plane,%}$	Anteil an Tageslichtstunden $F_{time,%}$
Gering	300	95 %	50 %
Mittel	500	95 %	50 %
Hoch	750	95 %	50 %

ANMERKUNG Die Tabellen A.3 und A.4 geben den Tageslichtquotienten ( $D_T$ ) entsprechend der Ziel-Beleuchtungsstärke für die CEN-Hauptstädte an. Für Räume mit horizontalen Tageslichtöffnungen liegen keine Empfehlungen für Ziel-Beleuchtungsstärken vor. Tabelle A.4 gilt nur für horizontale Tageslichtöffnungen mit lichtstreuenden Verglasungen.

Tabelle 4: Werte von Tageslichtquotienten ( $D$ ) für horizontale Tageslichtöffnungen mit lichtstreuenden Verglasungen<sup>5</sup> mit einer Beleuchtungsstärke von mehr als 100 lx, 300 lx, 500 lx oder 750 lx für einen Anteil der Tageslichtstunden  $F_{\text{time,\%}} = 50\%$  für Bern, Schweiz. [3]

Nation	Hauptstadt	Geografischer Breitengrad $\varphi$ [°]	Mittlere äussere diffuse Beleuchtungsstärke $E_{v,d,med}$	$D$ von mehr als 100 lx	$D$ von mehr als 300 lx	$D$ von mehr als 500 lx	$D$ von mehr als 750 lx
Schweiz	Bern	46,25	21 700	0,5 %	1,4 %	2,3 %	3,5 %

### Anforderungen an die Aussicht

Um eine angemessene Aussicht sicherzustellen, sind gemäss SN EN 17037:2019 [3] für jede Empfehlungsstufe drei Kriterien zu erfüllen: Ein minimaler horizontaler Sichtwinkel auf die Öffnung von einem Blickbezugspunkt aus im genutzten Bereich eines Raumes, ein Mindestabstand zu einem Hindernis, welches die freie Sicht einschränkt und eine Mindestanzahl von Ebenen von mindestens 75 % des genutzten Bereichs (Tabelle 5). Ausserdem soll das Verglasungsmaterial der Sichtöffnung eine Aussicht bieten, welche klar, unverzerrt und neutral gefärbt ist. In der Regel bedeutet dies, dass ein Raum eine angemessene Aussicht besitzt, wenn die Zielwerte für mindestens «gering» erreicht werden (Tabelle 5). Die höchste Empfehlungsstufe für die Aussicht ist gemäss Norm besonders wichtig für Gebäude mit Personen mit eingeschränkter Mobilität. Die Aussicht ist stark von der jeweiligen Umgebungssituation (z.B. innerstädtischem oder ausserstädtischem Kontext) abhängig und muss somit nach dem jeweiligen Standort und dessen Umgebungssituation abgewogen werden.

Tabelle 5: Beurteilung der Aussicht von einem bestimmten Bezugspunkt aus. [3]

Empfehlungsstufe für die Aussicht	Parameter <sup>a</sup>		
	Horizontaler Sichtwinkel	Außensichtweite	Anzahl der von mindestens 75 % des genutzten Bereichs aus zu erkennenden Ebenen: - Himmel - Landschaft (Stadtlandschaft und/oder Natur) - Boden
<b>Gering</b>	$\geq 14^\circ$	$\geq 6,0$ m	Mindestens die Landschaftsebene ist enthalten
<b>Mittel</b>	$\geq 28^\circ$	$\geq 20,0$ m	Die Landschaftsebene und eine zusätzliche Ebene sind in derselben Sichtöffnung enthalten
<b>Hoch</b>	$\geq 54^\circ$	$\geq 50,0$ m	Alle Ebenen sind in derselben Sichtöffnung enthalten

<sup>a</sup> Für einen Raum mit einer Raumtiefe von mehr als 4 m sollte die respektive Summe der Abmessungen der Sichtöffnungen mindestens 1,0 m x 1,25 m (Breite x Höhe) betragen.

<sup>5</sup> Eine lichtstreuende Verglasung verteilt das transmittierte Licht nahezu ungeachtet der Winkelverteilung des einfallenden Lichts gleichmässig entsprechend der Materialeigenschaften. Das Verhältnis zwischen der inneren und äusseren Beleuchtungsstärke bleibt ungeachtet der Sonnen- und Himmelsbedingungen relativ konstant. [3]

### Anforderungen an die Sonnenlicht-Exposition (Besonnungsdauer)

Gemäss der Norm soll ein Raum an einem ausgewählten Datum zwischen dem 1. Februar und dem 21. März an einem wolkenlosen Tag für einen bestimmten Zeitraum eine mögliche Besonnung erhalten (Tabelle 6). Eine Mindestbesonnungsdauer «gering» ist in Patientenzimmern in Krankenhäusern, in Spielzimmern in Kindergärten und in mindestens einem Wohnraum in Wohnungen sicherzustellen.

Tabelle 6: Empfehlungen für die tägliche Besonnungsdauer. [3]

Empfehlungsstufe für die Besonnungsdauer	Besonnungsdauer
Gering	1,5 h
Mittel	3,0 h
Hoch	4,0 h

### Anforderungen an den Blendschutz

Die Tageslichtblendungswahrscheinlichkeit (DGP, en: Daylight Glare Probability) wird verwendet, um den Schutz vor Blendung für Räume zu beurteilen, in denen Aktivitäten wie Lesen, Schreiben oder die Nutzung von Anzeigegeräten stattfinden und in denen sich die im Raum befindenden Personen die Position und Blickrichtung nicht frei wählen können. Die DGP-Beurteilung kann auf einen Raum mit vertikalen oder geneigten Tageslichtöffnungen angewendet werden, ist jedoch nicht für einen Raum mit horizontalen Tageslichtöffnungen anwendbar. Für den Blendungsschutz wird mindestens empfohlen, dass der DGP-Wert für den genutzten Raum einen Wert von 0,45 für mehr als 5 % der Nutzungsdauer des betreffenden Raumes nicht überschreitet (Tabelle 7). Die Beurteilung der Blendung wird insbesondere für Zweckbauten empfohlen. Der Fokus dieser Studie lag auf Wohnungsbauten, weshalb dieses Kriterium nicht weiter betrachtet wurde.

Tabelle 7: Vorgeschlagene Stufen der  $DGP_{e < 5\%}$ -Schwellenwerte für den Blendungsschutz. [3]

Empfehlungsstufe für den Blendungsschutz	$DGP_{e < 5\%}$
Gering	0,45
Mittel	0,40
Hoch	0,35

## 4 Vorgehen

Das Projekt teilt sich strukturell in zwei Handlungsfelder auf:

- Handlungsempfehlungen für Bauherrschaften
- Handlungsempfehlungen für Planende

Bei der Erarbeitung wurde für die beiden Zielgruppen eine unterschiedliche Vorgehensweise gewählt.

### 4.1 Methodik zur Erarbeitung der Handlungsempfehlungen für Bauherrschaften

Fokus dieses Teilprojekts war es herauszufinden, welche Haltung und welchen Wissensstand EntscheidungsträgerInnen zur Thematik «Klimawandel» und dem damit verbundenen Temperaturanstieg sowie den künftig häufiger auftretenden Hitzetagen haben. Dazu wurde eine qualitative und quantitative Befragung erarbeitet.

Die Befragung wurde in Zusammenarbeit mit der Fachstelle für empirischen Methoden und Statistik der Hochschule Luzern unter Leitung von Prof. Dr. Jürg Schwarz entwickelt. Weiterhin wurde dieser mit Inputs der Begleitgruppe ergänzt. Der Fragebogen befindet sich in Anhang 9.1 des Berichts. Mit Hilfe des Tools «Qualitrics» wurde anschliessend die Online-Umfrage erstellt und im Oktober 2019 per E-Mail an 1'088 Adressaten verschickt. Die hierfür verwendeten Mailinglisten bestanden aus RepräsentantInnen von Wohnbaugenossenschaften, Pensionskassen, Finanzinstituten/Banken, Immobilienfirmen, der Öffentlichen Hand und von sonstigen im Wohnbausektor aktiven Unternehmen und Personen. Ein Link zur Umfrage wurde ebenso auf der Projekt-Webseite der Hochschule Luzern und auf der «News»-Seite der bauRUNDSCHAU veröffentlicht.

Das Projektteam hat 196 vollständig ausgefüllte Fragebögen zurückerhalten und ausgewertet. An der Umfrage haben RepräsentantInnen aus den nachfolgenden Kategorien teilgenommen:

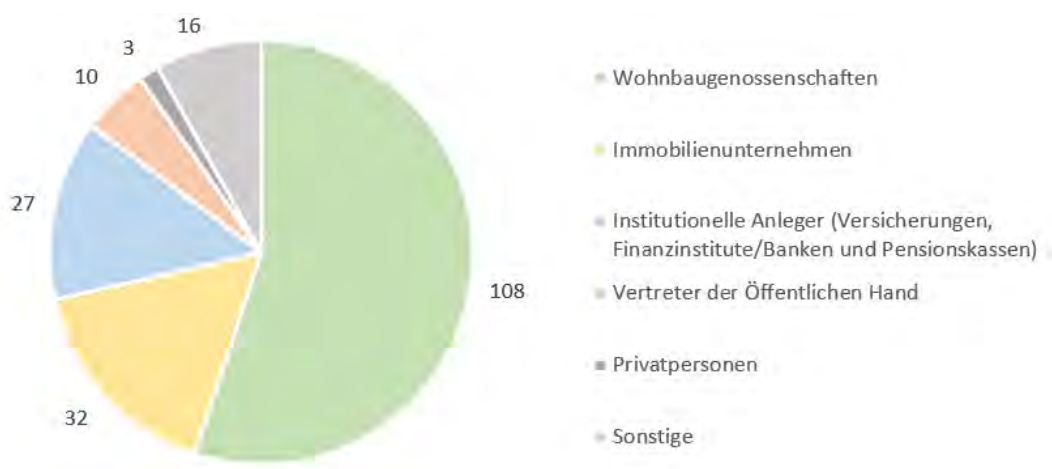


Abbildung 4: Anzahl Rückmeldungen nach Zielgruppe

Die unterschiedliche Anzahl an Rückmeldungen ist damit zu begründen, dass zum Zeitpunkt der Umfrage insbesondere auf Wohnbaugenossenschaften fokussiert und dementsprechend viele VertreterInnen dieser Zielgruppe angeschrieben wurden.

Da an der Umfrage nur wenige VertreterInnen der Öffentlichen Hand sowie Privatpersonen teilgenommen haben, konnten keine zielführenden Aussagen für diese Zielgruppen hergeleitet werden. Auf eine vertiefte Analyse wurde im Rahmen dieser Studie verzichtet. Die Durchführung einer explizit auf diese Adressaten ausgerichtete Umfrage könnte weitere interessante Erkenntnisse bringen. Die vorliegende Studie fokussiert auf die Zielgruppen der **Wohnbaugenossenschaften**, **Immobilien-gesellschaften** sowie **Institutionellen Anleger**.

Die ersten Resultate der Umfrage wurden am 14. November 2019 im Rahmen eines Workshops mit 17 Teilnehmenden (Umfrage-Teilnehmenden, Mitgliedern der Begleitgruppe, ExpertInnen in Sachen Wohnbauten und Mitarbeitenden der Hochschule Luzern) in Luzern besprochen (Anhang 9.2 – Teil A und Anhang 9.3). Die Umfrageergebnisse wurden anschliessend - aufgrund neuer Erkenntnisse im Workshop - nochmals explizit nach Zielpublikum analysiert (Anhang 9.2 – Teil B).

Basierend auf den Resultaten der Umfrage wurden abschliessend die Handlungsempfehlungen für Bauherrschaften formuliert.

## 4.2 Methodik zur Erarbeitung der Handlungsempfehlungen für Planende

In diesem Teilprojekt wurden in einem ersten Arbeitsschritt die von ArchitektInnen und Planenden in der frühen Entwurfsphase **beeinflussbaren Parameter** am Gebäude (bspw. Fensterflächen und -verteilung, feste bauliche Elemente/Balkone etc.) bestimmt. Zudem wurden die nutzungsrelevanten **zu bewertenden Kriterien** und deren Gegenüberstellungsmethodik definiert. Dabei wurde in gängigen quantitativen Kenngrössen (Energie für Wärme, Kälte, Strom) und Aspekten des Tageslichts gemäss der neuen Tageslicht-Norm SN EN 17037:2019 [3] (Abschnitt 3.2.3) unterschieden.

Im Rahmen eines Workshops mit Fachleuten der Baubranche sowie der Begleitgruppe, wurden diese Parameter und Kriterien sowie erste Simulationsergebnisse präsentiert und gemeinsam diskutiert. Der Workshop fand aufgrund der ausserordentlichen Lage (COVID-19) im Online-Format statt. Dazu wurde der aktuelle Arbeitsstand auf der Plattform «Padlet» aufbereitet. Alle Teilnehmenden konnten die bisherigen Erkenntnisse frei kommentieren, sodass ein digitaler Diskurs angeregt wurde. Der Link zum «Padlet» wurde am 7. April 2020 an die Teilnehmenden versandt. Zudem organisierte die Hochschule Luzern am 15. April 2020 ein Zoom-Meeting, um den Teilnehmenden ebenso die Möglichkeit für einen persönlichen Austausch zu geben. Im Rahmen des zweiten Workshops konnten weitere wichtige Erkenntnisse zusammengetragen und die Parameter und Kriterien für die anschliessenden Simulationen definiert werden (Anhang 9.4). So wurde u.a. beschlossen, dass nur drei Beurteilungskriterien der Norm SN EN 17037:2019 «Tageslicht in Gebäuden» [3] herangezogen werden. Dazu gehören die Tageslichtversorgung, die Sonnenexposition und die Aussicht.

Nach Abschluss der Parameterstudie und Auswertung der Simulationsergebnisse wurden anschliessend die Handlungsempfehlungen für ArchitektInnen und Planende formuliert.

#### **4.2.1 Simulationssoftware**

Die Evaluierung der Entwurfparameter erfolgte primär anhand thermischer und lichttechnischer Simulationen mittels der Software IDA-ICE 4.8. Dieses Programm erlaubt die Quantifizierung von wesentlichen Kenngrössen der Betriebsenergie von Gebäuden auf Stufe Nutz- und Endenergie sowie der thermischen Behaglichkeit der verschiedenen Modellzonen. Da IDA-ICE die Besonnungsdauer (Beurteilungskriterium der Norm SN EN 17037:2019 [3]) nicht simulieren kann, wurde hierfür die Web Applikation «AndrewMarsh – Dynamic Daylighting»<sup>6</sup> verwendet. Für die Beurteilung der Aussicht wurde keine Software verwendet, die Beurteilung erfolgte manuell.

#### **4.2.2 Datengrundlage für die Simulationen**

In diesem Abschnitt sind die Rahmenbedingungen und die getroffenen Annahmen beschrieben, auf denen die Simulationen basieren. Diese Parameter haben einen signifikanten Einfluss auf die Resultate, was bei der Analyse der Simulationsergebnisse entsprechend berücksichtigt wurde.

##### **4.2.2.1 Klimadaten, Szenario und relevante Jahre**

Aus Vergleichszwecken wurden dieselben Klimadaten wie im Forschungsprojekt «ClimaBau» [2] verwendet: Die Projektionen basieren auf dem Emissionsszenario A1B für die Periode „2060“ (2045-2074), welches einem mittleren Treibhausgasszenario entspricht. Diese Projektionen wurden von MeteoSchweiz speziell für das Projekt «ClimaBau» [2] und für verschiedene Schweizer Standorte (Basel, Lugano und Genf) aufbereitet. Dazu wurden Klimadatensätze aus Messungen mit Projektionen aus Klimamodellen kombiniert, um Zeitreihen für ein zukünftiges Klima zu erhalten (Delta Change Ansatz). Detaillierte Informationen sind im Abschnitt 4.1 des Berichts «ClimaBau» [2] zu finden.

Als Referenzstandort wurde die Stadt Basel/Station Basel-Binningen gewählt, da dieser Standort ein repräsentatives Klima für das Schweizer Mittelland abbildet. Dieser Standort wurde ebenso im Rahmen des Projekts «ClimaBau» [2] untersucht. Als relevante Jahre für die Simulationen wurde ein Medianjahr sowie ein warmes Jahr für die Referenz- und die zukünftige Periode angenommen. In der Referenzperiode entsprechen diese Jahre den Jahren 2004 bzw. 2003, für die zukünftige Periode den Jahren 2063 der Modellkette KNMI ECHAM5 und 2068 der Modellkette MPI ECHAM5. Detaillierte Informationen sind im Abschnitt 4.1.7 des Berichts «ClimaBau» [2] zu finden.

---

<sup>6</sup> <http://andrewmarsh.com/software/daylight-box-web/>

#### 4.2.2.2 Referenzgebäude – Neubau «massiv»

In der Studie «ClimaBau» [2] fand bereits eine umfangreiche Analyse zu repräsentativen Wohnbauten im Schweizer Gebäudepark statt. Das nachfolgende Beispielgebäude (Abbildung 5) diente dabei bereits als Referenz und bildet nun auch im Rahmen dieses Projekts die Grundlage für die Simulationen.

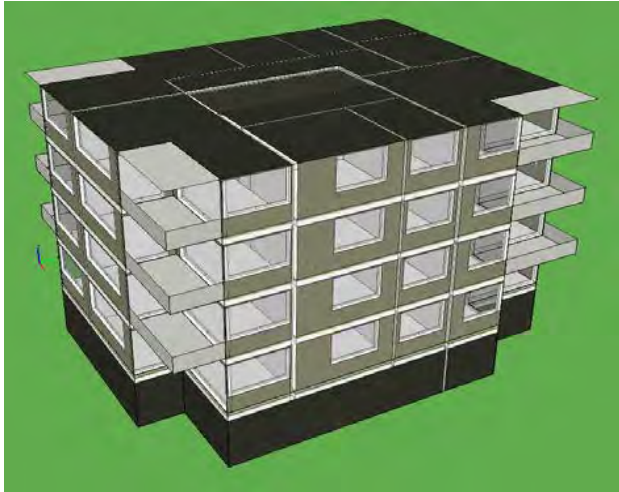


Abbildung 5: Bild des in IDA ICE aufgebauten Simulationsmodells „Neubau massiv“.

#### Eigenschaften des Referenzgebäudes

Das ausgewählte Beispielgebäude mit Baujahr 2017 ist in Massivbauweise konzipiert und besteht aus vier Wohngeschossen sowie einem Untergeschoss mit Einstellhalle. Es umfasst zwölf Wohnungen (drei pro Etage) und ist nach Minergie® zertifiziert (U-Wert: Aussenwand 0.15 W/m<sup>2</sup>K, Dach 0.16 W/m<sup>2</sup>K, Boden 0.19 W/m<sup>2</sup>K). Das kompakte Gebäude mit aussenliegender verputzter Wärmedämmung besitzt eine Gebäudehüllzahl ( $A_{tr}/A_E$ ) von 1.15 und zeichnet sich durch einen zeitgemässen Fensteranteil in der Lochfassade von ca. 50 % aus. Die Verglasung hat einen U-Wert von 0.7, einen g-Wert von 0.51, einen  $T_{vis}$  von 0.71 und einen  $T_e$  von 0.42 (Dreifachwärmeschutzglas 0.7 gemäss SIA 382/1:2007 [12]). Jede Wohnung besitzt einen Aussenraum in Form einer Loggia in den Ecken des Gebäudes.

#### Eigenschaften der Referenzwohnung

Die Energie- und Komfortbewertung der Parameter fand auf Wohnungsebene statt. Dazu wurde eine fiktive Referenzwohnung im Gebäude bestimmt (Abbildung 6), indem der Durchschnittswert zwischen den Wohnungen im Dach (einfach gewichtet) und im 1. Obergeschoss (dreifach gewichtet) berechnet wurde. So werden die höheren Transmissionsverluste der Dachwohnung angemessen berücksichtigt.

Die Referenzwohnung ist nach Südosten (Zimmer) und Südwesten (Wohnbereich) orientiert. Die Nettofläche beträgt 103.2 m<sup>2</sup> und die Energiebezugsfläche EBF 116.6 m<sup>2</sup>. Die verhältnismässig

kleineren gemeinschaftlichen Erschliessungsflächen im Gebäude (bspw. das Treppenhaus) wurden bei der Angabe von flächenbezogenen Werten im Bericht nicht berücksichtigt.

Um die Analyse der Ergebnisse zu vereinfachen, wurde für das Gebäude eine Nord-Süd-Orientierung angenommen (Abbildung 6). Für die Referenzwohnung bedeutet dies, dass die Zimmer nach Osten und der Wohnbereich überwiegend nach Süden (Hauptorientierung) ausgerichtet sind.

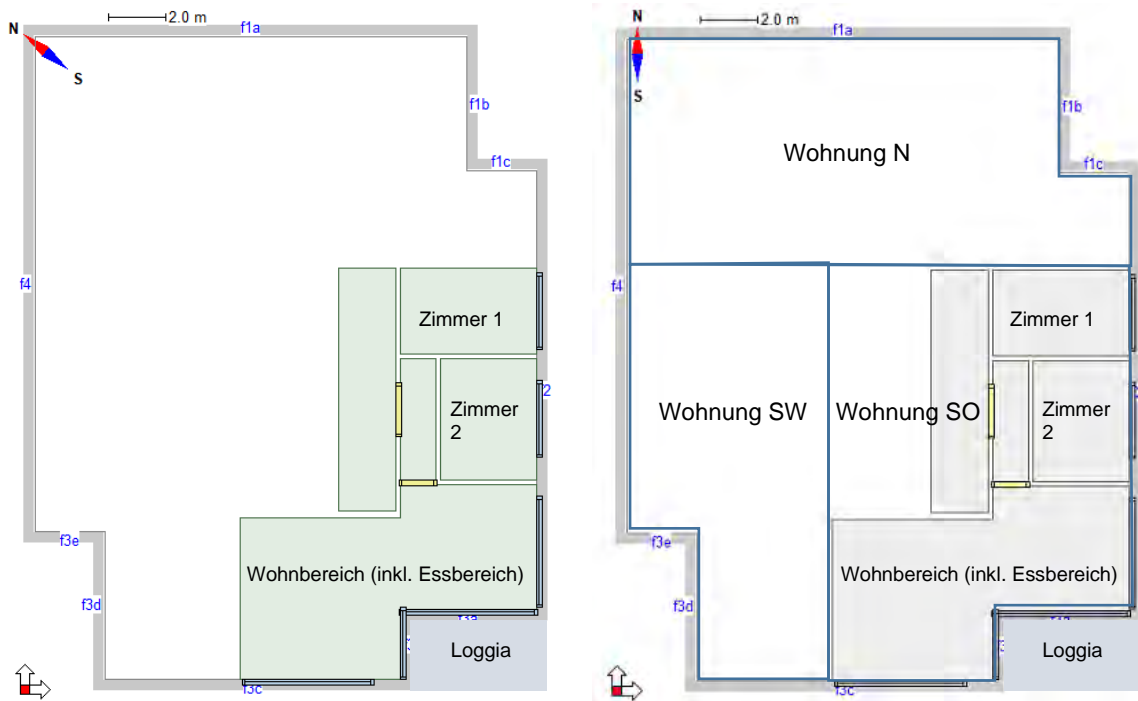


Abbildung 6: Grundriss des Referenzgebäudes mit Zonenaufteilung: Originale Orientierung (links), angepasste Orientierung als Referenz für die Simulationen (rechts).

**Anmerkung:** Wie oben beschrieben erfolgte das Abdrehen des Gebäudes in Hinblick auf eine Vereinfachung der Simulationen. Dadurch entstand jedoch eine Wohnung mit einer Hauptausrichtung nach Norden. In Bezug auf das Erfüllen des Tageslichtkriteriums Sonnenlicht-Exposition ist eine solche Wohnung problematisch, was in den Simulationen bestätigt wurde (Abschnitt 0 / Tageslicht).

### Eigenschaften der Referenzräume

Die Beurteilung der Tageslichtversorgung erfolgte anhand von zwei Referenzräumen der Wohnung: Zimmer 1 und dem Wohnbereich (Abbildung 6 und Abbildung 7). Dabei wurde Zimmer 1 aufgrund der ungünstigeren Raumgeometrie Zimmer 2 als Referenzraum vorgezogen, da die Anforderungen der Norm somit schwerer zu erreichen sind. Im Gegensatz zur Tageslichtversorgung ist die Besonnungsdauer und die Aussicht unabhängig von der Raumgeometrie. Die Beurteilung dieser beiden Kriterien erfolgte somit nur anhand eines Referenzraumes. Hierfür wurde Zimmer 1 gewählt, da dieser Raum nur über eine Fassadenseite verfügt und im Bezug auf die umliegenden Gebäude



zentral gelegen ist (Abbildung 8). Damit die Beurteilungen ungefähr einem Durchschnitt entsprachen, wurde ein mittleres Geschoss (2. OG) als Referenz in den Simulationen verwendet (Abschnitt 5.2.1.6 zeigt einen Vergleich der unterschiedlichen Geschosse). Eine Ausnahme bildete die Simulation der Oblichter, für welche das 3.OG verwendet wurde.

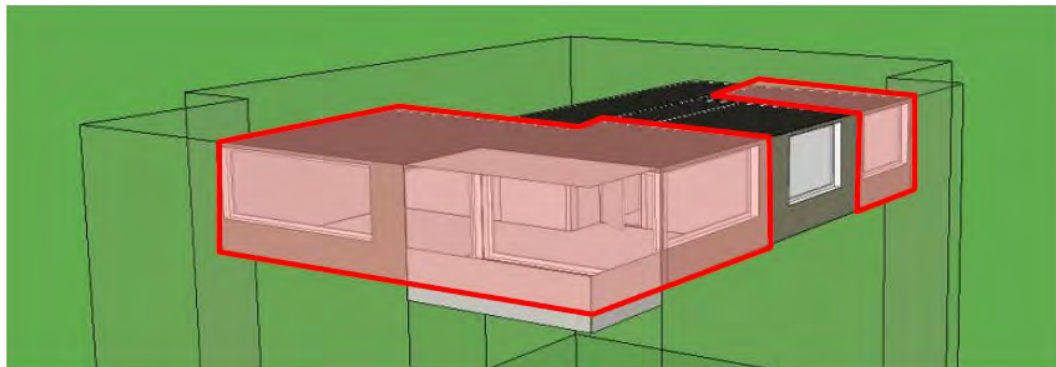


Abbildung 7: 3D-Ansicht der Dachwohnung aufgebaut in IDA ICE, «rot» markiert sind Zimmer 1 und der Wohnbereich.

#### Zimmer 1

Fensterfläche: 4.29 m<sup>2</sup>  
 Fassadenfläche: 9.28 m<sup>2</sup> externe Fläche  
                           7.50 m<sup>2</sup> interne Fläche  
 Bodenfläche: 14.3 m<sup>2</sup>

#### Wohnbereich

Fensterfläche: 30.62 m<sup>2</sup>  
 Fassadenfläche: 52.43 m<sup>2</sup> externe Fläche  
                           42.90 m<sup>2</sup> interne Fläche  
 Bodenfläche: 52.28 m<sup>2</sup>

#### 4.2.2.3 Umgebung

Das Gebäude befindet sich in einer (fiktiven) städtischen Umgebung, wobei die Nachbargebäude (Reflexionsgrad von 0.2) mit der gleichen Grösse und Kubatur wie das Referenzgebäude angenommen werden. Der Abstand zwischen den Gebäuden (ca. 12 m) entspricht der Höhe des Referenzgebäudes (Abbildung 8). Diese Annahmen basieren auf den Vorgaben für einen 45°-Lichteinfallswinkel des kantonalen Bau- und Planungsgesetzes am Referenzstandort Basel [13].

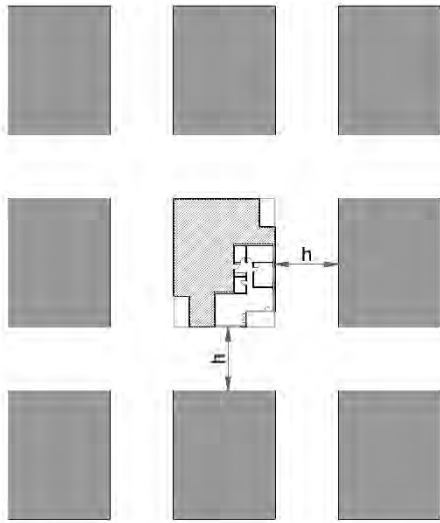


Abbildung 8: Grundrissplan mit den umliegenden Gebäuden.

#### 4.2.2.4 Verglasung und Verschattungssystem

Eine Dreifachwärmeschutzverglasung mit einem U-Wert von 0.7, einem g-Wert von 0.51, einem  $T_{vis}$  von 0.71 und einem  $T_e$  von 0.42 gemäss SIA 382/1:2007 [12] (Anhang C, Tabelle 32), welches in der IDA-ICE-Datenbank enthalten ist.

Als Sonnenschutz wurden, analog dem Referenzgebäude, Stoffmarkisen mit einem Gesamtenergiedurchlassgrad (g-Wert) von 0.12 und einer Lichttransmission ( $T_{vis}$ ) von 0.16 gewählt. Der Sonnenschutz wurde ab einer Globalstrahlung von mehr als  $150 \text{ W/m}^2$  (in Anlehnung an die Studie „S.A.D.L.E.S.S“ [14]) auf die entsprechende Fassade als zu 2/3 geschlossen simuliert (in Anlehnung an die Studie «ClimaBau» [2]). Dies ist keine ideale Nutzung, da ein Teil der Verglasung unverschattet bleibt. Dies ist bei den Simulationsergebnissen, vor allem im Zusammenhang mit der Überhitzung, zu berücksichtigen. In Abschnitt 5.2.1.9 wurde die Auswirkung einer vollständigen Schliessung des Verschattungssystem in Bezug auf die Energie bewertet. Um eine Aktivierung der Sonnenschutzelemente im Winter zu verhindern, wenn solare Gewinne vorteilhaft sind, wurde dieser nur als geschlossen angenommen, wenn der gleitende Mittelwert der Aussentemperatur über 48 Stunden höher liegt als die untere Grenze des Behaglichkeitsbereichs gemäss SIA 180:2014 [10] (Abbildung 2).

#### 4.2.2.5 Lüftung / Nachtauskühlung

Für die Simulationen wurde eine Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung (WRG) und einem konstanten Luftvolumenstrom von  $1 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$  angenommen. Bei geöffneten Fenstern wurde der Betrieb eingestellt.

Die Öffnung der Fenster zur Nachtauskühlung erfolgte zusätzlich bei den folgenden Temperaturbedingungen der Aussen- und Raumlufte: Bei  $T_{AUL} < T_{RAL}$  &  $T_{RAL} > 22 \text{ °C}$  wurden die

Fenster geöffnet bis  $T_{RAL}$  20 °C beträgt. Die Fensterflügel wurden zwischen 22:00 Uhr und 06:00 Uhr zu 100 % geöffnet angenommen (Je nachdem wie hoch der Anteil der Fixverglasung pro Fenster ist, entspricht dies ca. 30 % - 50 % der gesamten Glasfläche.). Dabei wurden die Anforderungen an Sicherheit und Schall ausgeklammert. Wenn die Aussentemperatur um 22:00 Uhr höher ist als die Raumlufthtemperatur, bleiben die Fenster die ganze Nacht geschlossen. Die Balkontüren werden ebenso als geschlossen angenommen.

#### 4.2.2.6 Beleuchtung

Die Beleuchtung wurde über einen Zeitplan (Abbildung 9) und über die natürliche Belichtung der Räume gesteuert. Die minimale Beleuchtungsstärke wurde mit 50 Lux und einer elektrischen Leistung der Raumbelichtung von 1.7 W/m<sup>2</sup> definiert (gemäss SIA MB 2024:2015) [9].

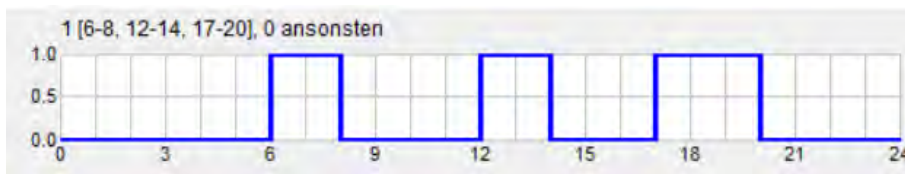


Abbildung 9: Zeitplan der Beleuchtung (gemäss SIA MB 2024:2015). [9]

Bei 1.0 ist das Licht eingeschaltet. Dies erfolgt, wenn das Tageslicht nicht den Wert von 50 Lux garantiert. Bei 0.0 ist das Licht immer ausgeschaltet.

#### 4.2.2.7 Personenbelegung

Die Personenbelegung wurde ebenso gemäss dem Zeitplan nach SIA MB 2024:2015 [9] angenommen (Abbildung 10). Die Anzahl der Personen pro Wohneinheit wurde nach der Nettogeschossfläche der Wohnung definiert (30 m<sup>2</sup> NGF pro Person).

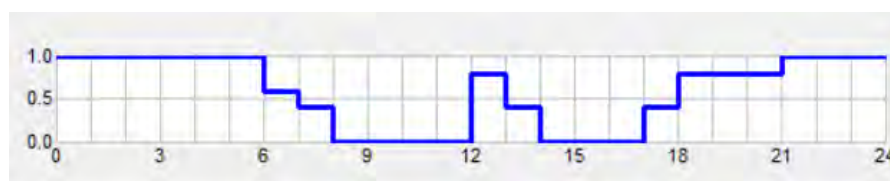


Abbildung 10: Zeitplan der Personenbelegung (gemäss SIA MB 2024:2015). [9]

1.0 entspricht einer Vollbelegung des Raumes, 0.0 einer Personenabwesenheit.

### 4.2.3 Auswahl der Parameter

Für die Simulationsstudie wurden diverse Parameter des frühen Entwurfsprozesses zusammengetragen und anhand der nachfolgenden drei Faktoren beurteilt:

- (1) **Relevanz:** Beschreibt die "Relevanz" des Parameters für den Energiebedarf und die thermische Behaglichkeit ( $R_E$ ) sowie für das Tageslicht ( $R_T$ ).

- (2) **Varianz:** Beschreibt die "Varianz" der zu erwartenden Simulationsergebnisse für den Energiebedarf und die thermische Behaglichkeit ( $V_E$ ) sowie für das Tageslicht ( $V_T$ ).
- (3) **Beeinflussbarkeit:** Beschreibt die "Beeinflussbarkeit" durch die Planenden im Entwurfsprozess.

Anhand dieser Bewertung (1 = hoch / 2 = mittel / 3 = gering) erfolgte eine Priorisierung der Parameter im Hinblick auf die Simulationen. Parameter, welche im Durchschnitt mit «hoch» bewertet wurden (Prio. 1), wurden anschliessend simuliert. Parameter, welche durchschnittlich mit «mittel» bewertet wurden (Prio. 2), wurden teilweise simuliert oder es wurde auf Erfahrungen aus anderen Studien zurückgegriffen. Parameter, welche mit «gering» bewertet wurden (Prio. 3), standen nicht im Fokus dieser Studie und wurden nicht explizit behandelt.

Die Evaluierung der Parameter erfolgte in einem ersten Schritt durch diverse Fachexperten/innen der Hochschule Luzern und wurden anschliessend von der Begleitgruppe genehmigt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 8 dargestellt.

Tabelle 8: Priorisierung der Parameter als Grundlage für die Simulationen

Parameter		"Relevanz"		"Varianz"		"Beeinflussbarkeit"	Priorisierung	Anmerkungen
		R <sub>E</sub>	R <sub>T</sub>	V <sub>E</sub>	V <sub>T</sub>			
Orientierung der Fenster	in Bezug auf die Himmelsrichtungen	1	2	1	1	1	Prio 1	Die Orientierung der Fenster hat einen hohen Einfluss auf die Besonnung, jedoch nicht viel Einfluss auf die Tageslichtversorgung und die Aussicht (R <sub>T</sub> = 2).
Neigung des Fensters	Fassadenfenster 90°	1	1	1	1	1	Prio. 1	Dieser Parameter wird in Kombination mit anderen Parametern untersucht (bspw. Orientierung / Grösse etc. der Fassadenfenster.
	Dachfenster (Schrägdach 45° und Oblicht)	2	1	2	1	2	Prio. 2	Die Beeinflussbarkeit durch den Architekten / Planenden ist eher gering, das dieser Parameter nicht oft zur Auswahl steht.
Grösse der Fenster / Glasfläche		1	1	1	1	1	Prio. 1	Bei diesem Parameter werden ebenso verschiedene Proportionen / Gestaltungsmöglichkeiten untersucht (bspw. mehrere schmal Fenster anstelle eines grösseren Fensters).
Fenstersturz		2	1	2	1	1	Prio. 1	
Fensterlaibung	Lage des Fensters in der Laibung	2	3	2	3	1	Prio. 2	Kastenfenster sollen auch untersucht werden.
	Laibungstiefe	2	1	2	1	2	Prio. 2	
	Abgeschrägte Laibungen	2	2	2	2	2	Prio. 2	
Fensterbrüstung		2	2	2	3	1	Prio. 2	Absturzsicherungen, Einbruchschutz etc. beachten bei bodentiefen Fenstern.
Qualität der Verglasung	U- / g- / t-Wert	2	1	2	2	2	Prio. 2	Dieser Parameter wurde bereits in der Studie "Climabau" untersucht, aber den Einfluss auf das Tageslicht gilt es noch zu prüfen.
Bauliche Elemente	Auskragungen, Balkone, horizontaler Sonnenschutz etc.	2	1	1	1	1	Prio. 1	
	Vertikaler Sonnenschutz	2	1	1	2	1	Prio. 1	Horizontale und vertikale fixe Beschattungselemente sieht man häufig bei Bürobauten, diese könnten spannende Ergebnisse bringen und sollten auch betrachtet werden (bspw. alle 50cm ein horizontales/vertikales Element.)
	Fassadenrücksprünge, Loggien etc.	2	2	2	2	2	Prio. 2	Ein weiterer potentiell interessanter Parameter ist bspw. der Einsatz eines Wintergartens Dieser wird tendenziell noch häufig umgesetzt
Beweglicher Sonnenschutz	Sonnenschutztyp (vertikal, 45°...)	1	1	1	1	1	Prio. 1	Nur aussenliegende Sonnenschutzelemente werden betrachtet.
	Materialisierung (Lamellen-, Stoffstoren)	2	1	2	1	1	Prio. 1	
Einsatz von Spezialverglasungen		1	1	2	1	3	Prio. 2	Die Beeinflussbarkeit durch den Architekten ist meist gering, da Spezialverglasungen heutzutage kostenintensiv sind. Trotzdem sind Untersuchungen zu diesem Parameter geplant.
Thermische Speichermasse		1	3	1	3	1	Prio. 2	Dieser Parameter wurde bereits in der Studie "ClimaBau" untersucht, die Erkenntnisse fliessen in diese Studie mit ein.
Nachtauskühlung		1	3	1	3	1	Prio. 2	Dieser Parameter wurde bereits in der Studie "ClimaBau" untersucht, die Erkenntnisse fliessen in diese Studie mit ein.
Gebäudeautomation		1	2	1	2	2	Prio. 2	Mit diesem Parameter ist die automatische Fensteröffnung sowie der automatische Sonnenschutz gemeint. Dieser Parameter hängt eng mit dem Nutzerverhalten zusammen. Erkenntnisse aus der Studie "ClimaBau" können hier einfließen.
Raumplanung	Anordnung der Räume	3	2	2	2	1	Prio. 2	
	Raumgeometrie (bspw. Raumtiefe / -grösse)	3	2	2	2	1	Prio. 2	
	Raumoberflächen (Material, Farbe, Reflexionsgrad)	3	1	2	1	1	Prio. 2	
Begrünung	Verschattung durch Bäume, Pflanzen etc.	2	2	2	2	3	Prio. 3	Die Parameter zur "Begrünung" fallen anhand der Bewertung unter Prio. 2. Da diese Thematik aber nicht im Fokus der Studie steht, wird Prio. 3 aufgeführt. Weitere Informationen zum Thema können den Handlungsempfehlungen für Bauherrschaften entnommen werden.
	Dach- / Fassadenbegrünung	2	3	2	3	2	Prio. 3	

#### 4.2.4 Kriterien zur Bewertung der Parameter

Der Fokus der Studie liegt darauf, den Einfluss der Parameter auf den Energiebedarf (Heizen und Kühlen), den Wohnkomfort sowie die Tageslichtversorgung im Innenraum zu bewerten. Aus diesem Grund erfolgte die Beurteilung der Parameter anhand der nachfolgenden Kriterien, welche eine gesamtheitliche Betrachtung der Energieeffizienz sowie der thermischen als auch der visuellen Behaglichkeit ermöglichen.

##### 4.2.4.1 Heizwärmebedarf (Winter)

Es wurde der Heizwärmebedarf bestimmt, um eine Wohnraumtemperatur von 21 °C während der Heizperiode zu gewährleisten (gemäss SIA MB 2024:2015 [9]). Zur Berechnung der Endenergie wurde eine Luft-Wasser-Wärmepumpe mit einer Leistungszahl für den Heizbetrieb (COP) von 3.5 angenommen.

Der Heizwärmebedarf wurde sowohl für die gesamte Wohnung als auch für die einzelnen Referenzräume (Zimmer 1 und Wohnbereich) berechnet.

##### 4.2.4.2 Klimakältebedarf (Sommer)

Der theoretische Klimakältebedarf wurde ermittelt, um eine Innenraumtemperatur von maximal 26 °C während der Sommerperiode (vom 16. April bis 15. Oktober) zu garantieren (gemäss SIA MB 2024:2015 [9]). Zur Berechnung der Endenergie für die Klimakälte wurde eine Luft-Wasser-Wärmepumpe mit einem Energieeffizienz-Ratio - Kälteleistungszahl - (EER) von 3.0 angenommen.

Der Klimakältebedarf wurde sowohl für die gesamte Wohnung als auch für die einzelnen Referenzräume (Zimmer 1 und Wohnbereich) berechnet.

##### 4.2.4.3 Stromverbrauch für Beleuchtung

Des Weiteren wurde der Stromverbrauch und die benötigte Leistung zur Beleuchtung der ganzen Wohnung betrachtet, um eine Beleuchtungsstärke von 50 Lux während der Anwesenheitszeiten zu gewährleisten (7 Stunden gemäss Abbildung 9). Wenn genügend natürliches Licht vorhanden ist, um die Beleuchtungsstärke von 50 Lux zu garantieren, bleibt die Beleuchtung ausgeschaltet.

Die elektrische Leistung der Raumbelichtung beträgt 1.7 W/m<sup>2</sup> und die Leuchten-Lichtausbeute 47 lm/W (gemäss Zielwerte nach SIA MB 2024:2015 [9]).

##### 4.2.4.4 Thermische Behaglichkeit (Sommer)

Die Betrachtung der thermischen Behaglichkeit erfolgte anhand der maximal empfundenen Innenraumtemperatur sowie der Anzahl Überhitzungsstunden. Als Überhitzungsstunden werden die Stunden definiert, an denen die Temperatur höher als die zulässige Temperatur nach SIA 180:2014 [10] liegt (Abbildung 2, Abschnitt 3.2.1). **Berücksichtigt wurde dabei der**

**angenommene Anwesenheitszeitraum der BewohnerInnen gemäss SIA MB 2024:2015** [9] (Abschnitt 4.2.2.7).

Die Anzahl Überhitzungsstunden wurde sowohl für die gesamte Wohnung (Durchschnittswert) als auch für die einzelnen Referenzräume (Zimmer 1 und Wohnbereich) ermittelt.

#### 4.2.4.5 Tageslichtversorgung

Die Tageslichtversorgung wurde anhand der in der Norm SN EN 17037:2019 [3] definierten Tageslichtquotienten mit Hilfe der Software IDA-ICE bewertet. Dabei wurden bei den Hauptoberflächen des Raumes die empfohlenen Standard-Reflexionsgrade angenommen: 0.2 für den Boden, 0.5 für die Wände, 0.7 für die Decke und 0.2 für die Aussenwände. Der Lichttransmissionsgrad des Glases lag bei 0.71 (Dreifachwärmeschutzglas 0.7 gemäss SIA 382/1:2007 [12]).

IDA-ICE ermittelt den Tageslichtquotienten auf einer Bezugsebene von 0.85 m über dem Boden mit einem Abstand von 0.5 m von den Wänden. Die Empfehlungen der Norm beziehen sich auf 50 % und 95 % der Bezugsebene. Da IDA-ICE keine Auswertung über 95 % der Bezugsebene zulässt, wurden die Werte auf 100 % der Bezugsebene betrachtet. Um das Ausmass der diesbezüglichen Differenz zu ermitteln, wurde das Referenzmodell von Zimmer 1 zusätzlich mit der Software VELUX Daylight Visualizer (3.0.22 BETA) simuliert. Hierbei wurden ebenso die in der Software verfügbaren unterschiedlichen Rendering-Qualitäten (niedrige, mittlere und hohe Wiedergabequalität) miteinander verglichen. Bei diesen Simulationen wurde festgestellt, dass der Unterschied zwischen der 95 % Bezugsebene und der 100 % Bezugsebene bei ungefähr 10 % liegt (Tabelle 9). Um einer Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu ermöglichen, ist zwingend die Rendering-Qualität zusammen mit den Berechnungsergebnissen auszuweisen. Anhang 9.5 fasst die VELUX Daylight Visualizer Simulationen zusammen.

Tabelle 9: Tageslichtquotienten bei unterschiedlichen Bezugsebenen und Rendering-Qualitäten im VELUX Daylight Visualizer

	1) Niedrig		2) Mittel		3) Hoch	
	Absolut	%	Absolut	%	Absolut	%
95 % der Bezugsebene	0.801	111.1 %	0.879	109.1 %	0.887	108.6 %
100 % der Bezugsebene	0.721	100 %	0.806	100 %	0.817	100 %

Da der Tageslichtquotient anhand von diffusem Tageslicht ermittelt wird, spielt die Orientierung der Gebäudeöffnungen keine Rolle. Die Simulationen für den Tageslichtquotienten führen bei allen Himmelsrichtungen zu den gleichen Resultaten.

#### 4.2.4.6 Sonnenlicht-Exposition (Besonnungsdauer)

Die Besonnungsdauer wurde gemäss der Norm SN EN 17037:2019 [3] und mit Hilfe der Web-Applikation «AndrewMarsh – Dynamic Daylighting» (Abschnitt 4.2.1) bewertet. Die Beurteilung erfolgte für den Referenzraum Zimmer 1 im 2. OG. Für **vertikale Gebäudeöffnungen** liegt der

Bezugspunkt zentral auf der Innenseite des Fensters, mindestens aber 1.2 m über dem Boden und 0.3 m über der Brüstung (falls vorhanden). Als Simulationstag wurde der 21. März gewählt, da dies der Tag mit dem höchsten Anteil an Tageslichtstunden im von der Norm vorgegebenen Zeitfenster ist. Da der simulierte Referenzraum in dieser Software auf einer bodentiefen Ebene liegt, musste die Höhe der umliegenden Gebäude entsprechend angepasst werden, um das gewünschte Geschoss zu simulieren (Abbildung 11).

Der Bezugspunkt einer **horizontalen Tageslichtöffnung** liegt in der Mitte der Verglasung und auf Höhe des Raumes. Der Empfängerwinkel der Besonnung ist hierbei von der Grösse der Öffnung, der Dicke des Dachaufbaus und der Höhe des auf dem Dach liegenden Rahmens des Oblichts abhängig. In der aktuellen Version von «AndrewMarsh – Dynamic Daylighting» können keine horizontalen Tageslichtöffnungen simuliert werden, weshalb in der Parameterstudie darauf verzichtet wurde.

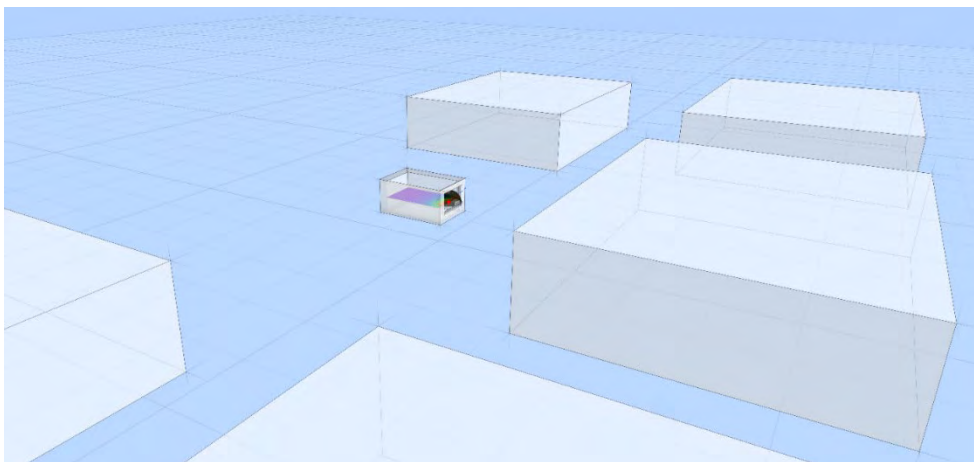


Abbildung 11: Modellaufbau für die Ermittlung der Sonnenlichtexposition für Zimmer 1 im 2. OG mit Südausrichtung mit der Web-Applikation «AndrewMarsh»

Die Besonnungsdauer kann dem 2D-Projektionsverfahren (karthesisch) entnommen werden (Abbildung 12): Der graue Bereich repräsentiert den Ausblick am Bezugspunkt und die rote Linie den Sonnenverlauf. Bei deren Überschneidung kommt es zur Besonnung vom Bezugspunkt. Die Besonnungsdauer kann so mit einer ungefähren Genauigkeit von 30 Minuten aus der Grafik herausgelesen werden (bspw. 8.30 Uhr bis 11.30 Uhr). Gemäss Norm SN EN 17037:2019 [3] gilt für die Schweiz eine Sonnenhöhe von mindestens 15° über dem Horizont, d.h. dass direktes Sonnenlicht unterhalb dieser Sonnenhöhe nicht berücksichtigt wird. Da die Web-Applikation diese Annahme nicht simuliert, erfolgt dies bei der Analyse der Ergebnisse manuell (Abbildung 12 – rechts, der gelbe Bereich bildet die Sonnenhöhe von 0° - 15° ab).



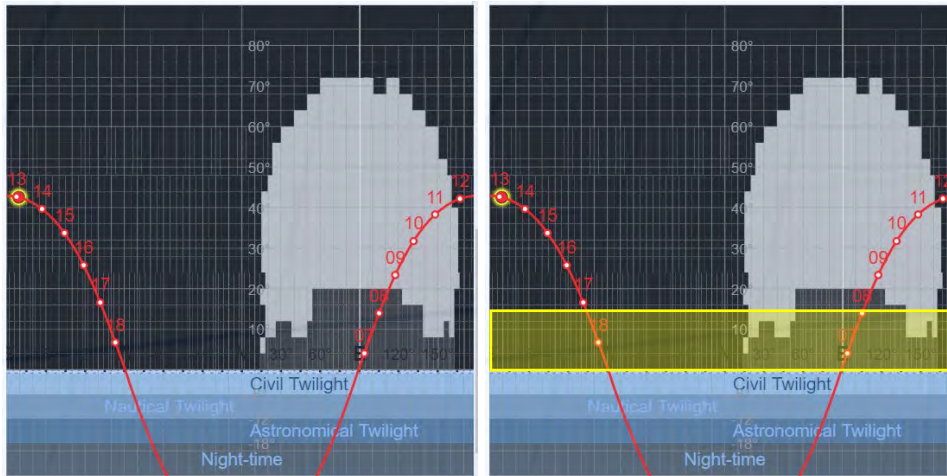


Abbildung 12: Beispiel einer 2D-Projektionsverfahren (karthesisch) der Besonnungsdauer für Zimmer 1 im 2. OG mit Ostausrichtung mit der Web-Applikation «AndrewMarsh»: Ohne und mit Modifikation für die in der Schweiz geltende Mindestsonnenhöhe.

Da die vorliegende Studie sowohl die visuelle als auch die thermische Behaglichkeit betrachtet und die Überhitzungsgefahr während den Sommermonaten am höchsten ist, wurde untersucht, ob die Nordfassade, welche am 21. März keine Besonnung erhält (Abschnitt 0 / Tageslicht), zu einem anderen Zeitpunkt im Jahr besonnt werden würde. Hierfür wurde das Zimmer 1 im 2. OG mit Nordausrichtung am 21. Juni betrachtet. Abbildung 13 zeigt, dass der Bezugspunkt an diesem Tag nach Sonnenaufgang und vor Sonnenuntergang je ungefähr zwei Stunden Besonnung erhält – allerdings grösstenteils mit einem Sonnenstand unterhalb der oben beschriebenen für die Schweiz gültigen Mindestsonnenhöhe von 15°. Zusätzlich reduzieren die umliegenden Gebäude die Besonnungsdauer von Zimmer 1 mit Nordausrichtung – Je tiefer das Geschoss desto kürzer die Besonnungsdauer (Abbildung 14).

Daraus lässt sich schliessen, dass das Referenzgebäude auch am 21. Juni unter Anwendung der Norm SN EN 17037:2019 [3] kaum Besonnung auf der Nordfassade erhält. Dies sollte während der Planung bei der Anordnung der Räume berücksichtigt werden und gilt insbesondere für Gebäude deren Fassaden strikt nach den Himmelsrichtungen ausgerichtet sind. Auf diese Problematik wurde bereits in Abschnitt 4.2.2.2 hingewiesen, da das Gebäude im Rahmen dieser Studie zur Vereinfachung der Interpretation der Simulationsergebnisse abgedreht wurde.

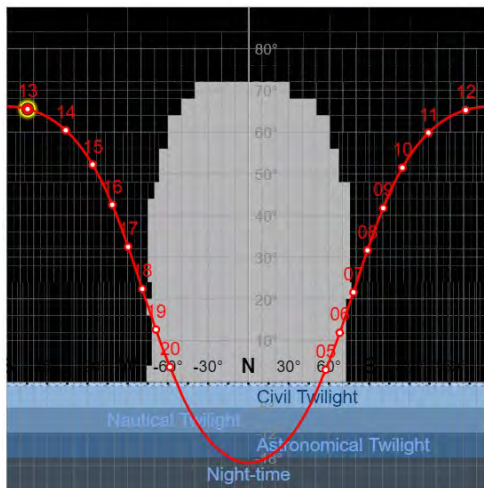


Abbildung 13: Besonnungsdauer im Zimmer 1 mit Nordausrichtung ohne Gebäude in der Umgebung am 21. Juni.

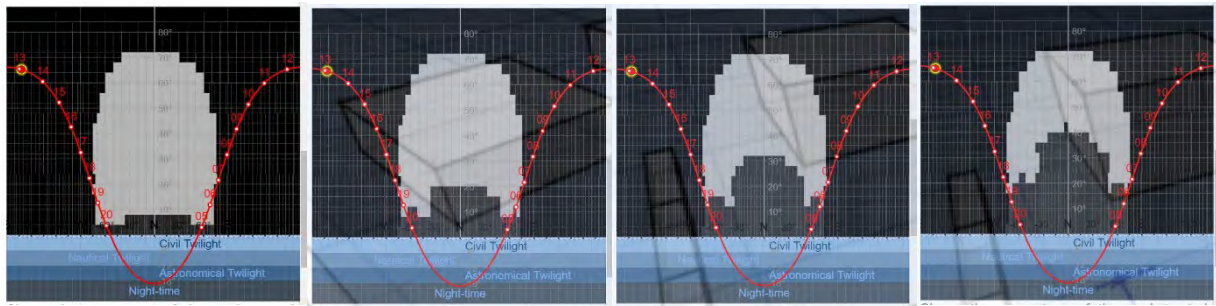


Abbildung 14: Besonnungsdauer im Zimmer 1 mit Nordausrichtung mit Gebäuden in der Umgebung im DG, 2. OG, 1. OG und EG (v.l.n.r.) am 21. Juni.

#### 4.2.4.7 Aussicht

Die Aussicht von Zimmer 1 wurde gemäss der in der Norm SN EN 17037:2019 [3] definierten Kriterien beurteilt:

- Die Aussensichtweite des in dieser Studie verwendeten Modells ist konstant (Abschnitt 5.2.1.3).
- Die Anzahl sichtbarer Ebenen ist für jedes Geschoss unterschiedlich (Abschnitt 5.2.1.6). Für die Bestimmung der Anzahl Ebenen wurde das «No-Sky-Line- und No-Ground-Line-Konzept» (vereinfachte Verifizierungsverfahren) verwendet.
- Der horizontale Sichtwinkel ist abhängig von der Raumtiefe und der Fensterbreite. Er wurde nur für diejenigen Parameter analysiert, bei denen sich mindestens eines dieser beiden Komponenten geändert hat.

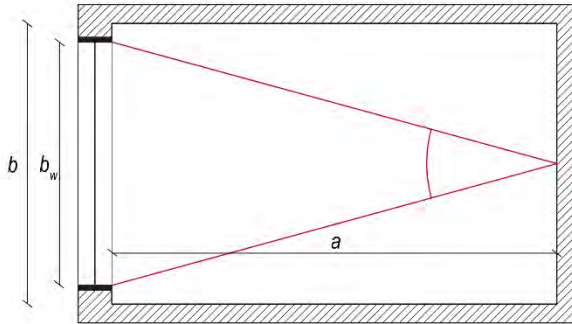


Abbildung 15: Horizontaler Sichtwinkel vom am weitesten entfernten genutzten Bereich des Raumes eingezeichnet im Grundriss (Zimmer 1) mit Raumtiefe ( $a$ ), Raumbreite ( $b$ ) und Fensterbreite ( $b_w$ ); eigene Grafik in Anlehnung an die Norm SN EN 17037:2019 [3].

## 5 Ergebnisse

### 5.1 Erkenntnisse aus der Bauherrenbefragung

#### 5.1.1 Umfrageergebnisse

Nachfolgend sind die wichtigsten Resultate der Umfrage für die Zielgruppen der Wohnbaugenossenschaften, der Immobilienunternehmen sowie der Institutionellen Anleger dargestellt. Weiterführende Informationen befinden sich in Anhang 9.2.

##### 5.1.1.1 Aktueller Bestand an Wohnungen sowie geplante Neu- und Sanierungsprojekte

Im Rahmen der Umfrage wurden u.a. statistische Angaben erhoben. Es wurde nach dem aktuellen Bestand an Wohnungen, der Anzahl der neu geplanten Wohngebäude sowie der geplanten energetischen Sanierungen gefragt.

**Frage: Was ist der aktuelle Bestand an Wohnungen des Unternehmens, in dem Sie arbeiten?**

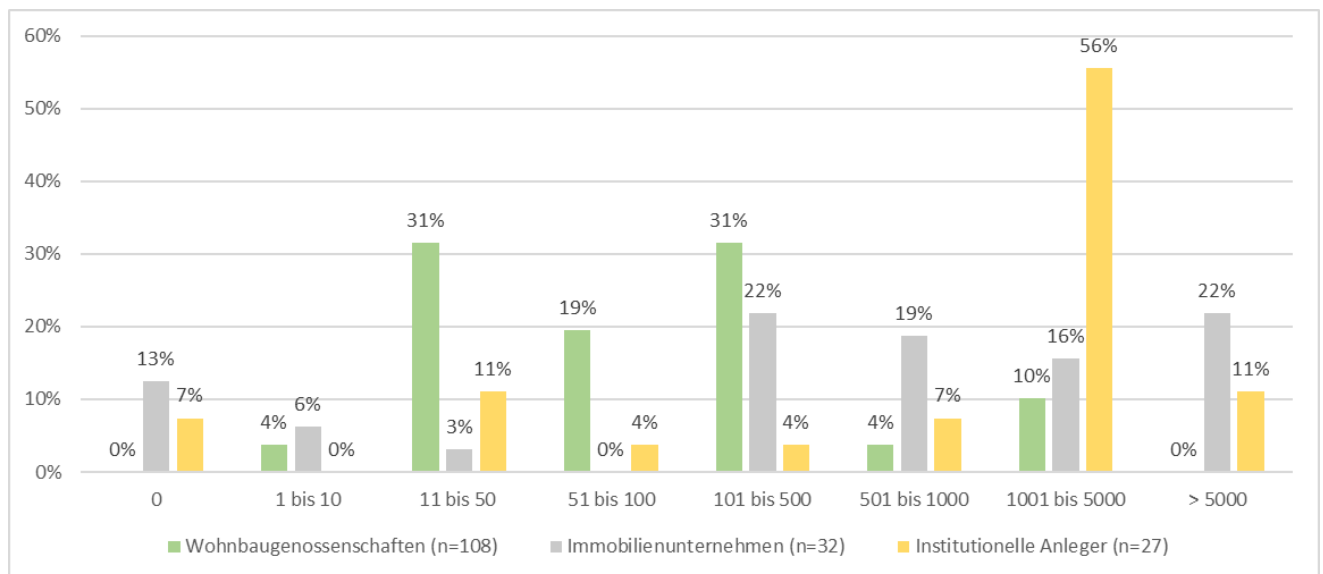


Abbildung 16: Bestand an Wohnungen nach Zielgruppe.

In der Abbildung wird deutlich, dass unter den Umfrageteilnehmenden insbesondere Institutionelle Anleger einen grossen Bestand an Wohnungen besitzen. Wohnbaugenossenschaften hingegen haben eher einen kleineren Bestand und Immobilienunternehmen durchschnittlich einen mittleren bis grossen Bestand.

**Frage: Wie viele neue Wohngebäude plant das Unternehmen, in dem Sie arbeiten, in den nächsten 10 Jahren zu errichten?**

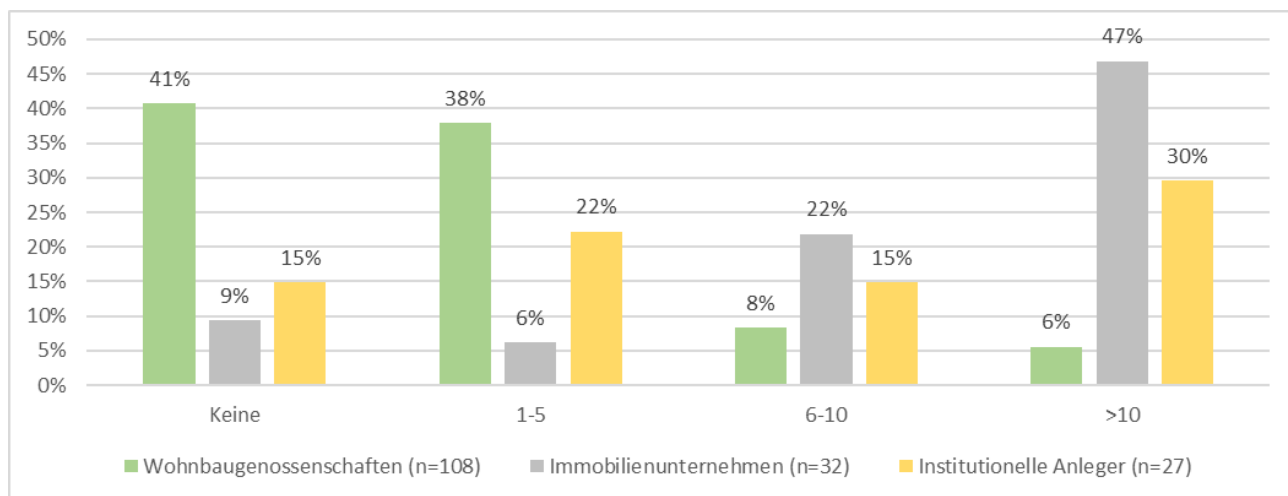


Abbildung 17: Geplante Neubauten nach Zielgruppe.

Ebenso lässt sich erkennen, dass insbesondere bei Immobilienunternehmen und Institutionellen Anlegern ein grosses Realisierungspotential an neuen Wohngebäuden liegt. Bei den VertreterInnen der Wohnbaugenossenschaften haben die meisten Befragten keine bis max. 5 Neubauten in den nächsten 10 Jahren geplant.

**Frage: In den nächsten 10 Jahren sind \_\_\_\_\_ energetische Sanierungen vgl. mit den letzten 10 Jahren geplant.**

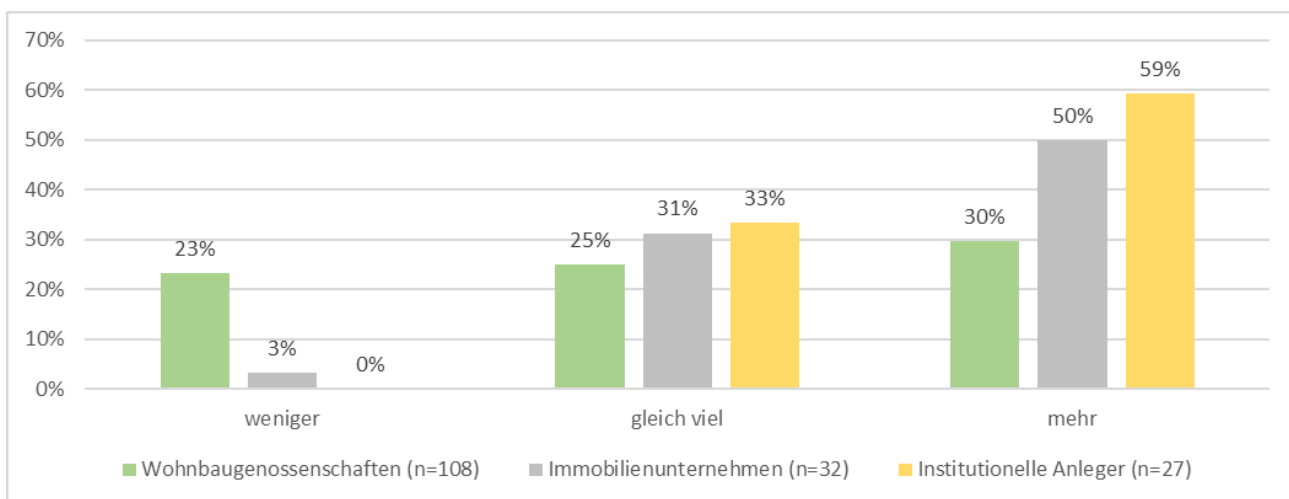


Abbildung 18: Geplante energetische Sanierungen nach Zielgruppe.

Abbildung 18 zeigt, dass das Thema der energetischen Sanierungen insbesondere bei den Immobilienunternehmen sowie den Institutionellen Anlegern einen recht hohen Stellenwert einzunehmen scheint. Bei den Wohnbaugenossenschaften sind die Rückmeldungen sehr unterschiedlich, einige planen weniger andere mehr energetische Sanierungen verglichen mit den letzten 10 Jahren.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass Wohnbaugenossenschaften in der Regel einen eher kleinen Bestand an Wohnungen haben, wenige bis keine Neubauten planen und die Haltung bzgl. energetischen Sanierungen sehr durchmisch ist. Immobilienunternehmen sowie Institutionelle Anleger haben hingegen einen grösseren Bestand an Wohnungen und planen mehrere Neubauten sowie energetische Sanierungen in den nächsten Jahren. Entsprechend wird bei diesen beiden Zielgruppen ein hohes Potential für künftige Neubauten sowie Sanierungen liegen.

### 5.1.1.2 Allgemeine Haltung der Zielgruppen zur Thematik

Mit der Umfrage wurde die allgemeine Haltung von Bauherrschaften zur Thematik Klimawandel und dem damit verbundenen Temperaturanstieg bestimmt. Nachfolgend sind die Rückmeldungen der einzelnen Zielgruppen grafisch aufbereitet.

**Frage: Welchen Stellenwert nehmen die künftig häufiger auftretenden Hitzetage bei der Planung von Wohngebäuden ein?**

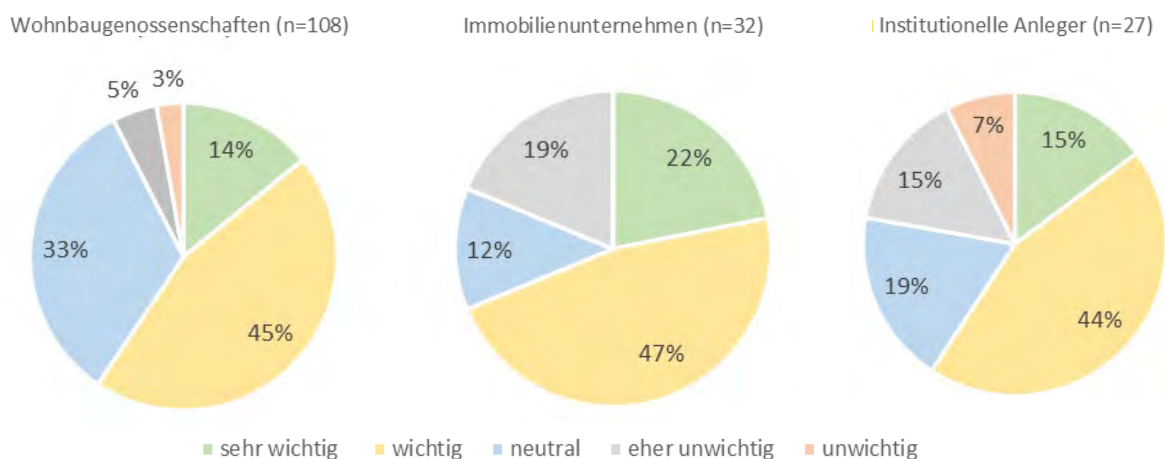


Abbildung 19: Stellenwert der Hitzetage bei der Planung von Wohngebäuden.

Insgesamt scheint die Thematik bereits einen hohen Stellenwert bei allen drei Zielgruppen einzunehmen, insbesondere bei den Immobilienunternehmen. Hier haben 2/3 der Befragten die Frage mit «wichtig bis sehr wichtig» beantwortet. Jedoch gilt es zu beachten, dass generell Personen mit Interesse an der Thematik an Umfragen teilnehmen.

### 5.1.1.3 Wissensstand: bekannte, zielführende und bereits umgesetzte Massnahmen

Des Weiteren wurde mithilfe der Umfrage analysiert, welche Massnahmen zur Vermeidung von Überhitzung bei den einzelnen Zielgruppen schon bekannt sind, welche als zielführend eingestuft und welche bereits umgesetzt werden. Die Frage nach den «bekannten Massnahmen» wurde bewusst als Freitext formuliert, um die Befragten bei ihren Antworten nicht zu beeinflussen. Bei den Fragen nach den «zielführenden» und den «umgesetzten» Massnahmen wurden 12 Antworten

vorgegeben, wobei Mehrfachnennungen möglich waren (Multiple Choice). Zusätzlich wurde auch hier die Möglichkeit gegeben, weitere Antworten in Form eines Freitexts zu formulieren.

Nachfolgend sind die Umfrageergebnisse für Wohnbaugenossenschaften, Immobilienunternehmen und Institutionelle Anleger dargestellt.

### Wohnbaugenossenschaften (n = 108)

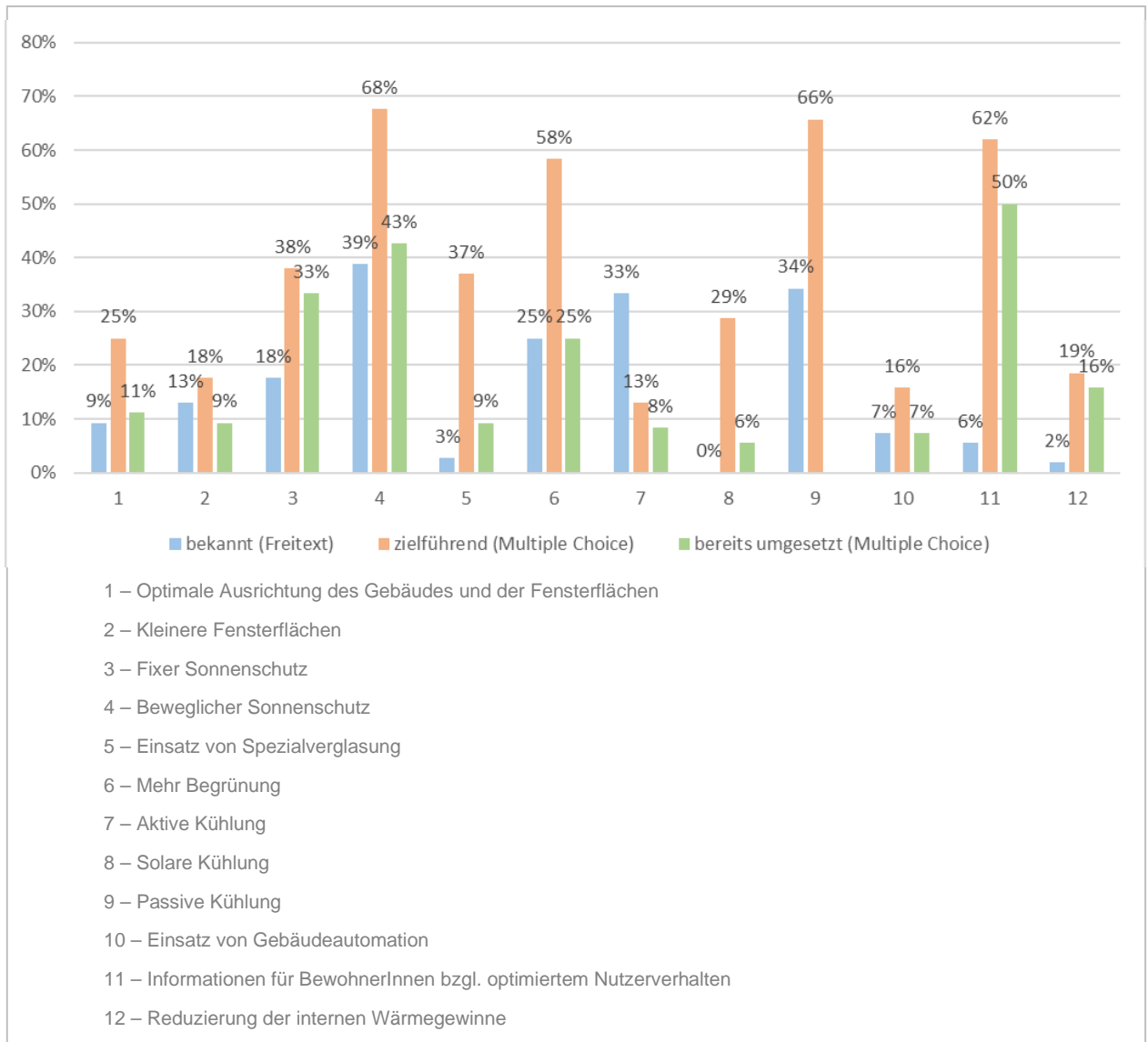


Abbildung 20: Übersicht bekannte, zielführende und bereits umgesetzte Massnahmen – Wohnbaugenossenschaften

Für die Zielgruppe der Wohnbaugenossenschaften können folgende Aussagen abgeleitet werden (Abbildung 20):

- Die meistgenannten Antworten unter bekannte Massnahmen waren: beweglicher Sonnenschutz (4), Begrünung (6), aktive Kühlung (7) sowie passive Kühlung (9).
- Beweglicher Sonnenschutz (4), Begrünung (6), passive Kühlung (9) sowie das Nutzerverhalten (11) wurden von den Teilnehmenden als besonders zielführend eingestuft.

- Am häufigsten umgesetzt wird fixer sowie beweglicher Sonnenschutz (3) (4), ebenso informieren 50 % der Befragten ihre BewohnerInnen bzgl. einem optimierten Nutzerverhalten (11).
- Auffallend ist, dass einige Massnahmen als zielführend eingestuft werden, jedoch kaum bzw. nur teilweise umgesetzt werden. Dazu gehören u.a.
  - 37 % der Befragten schätzen den Einsatz von Spezialverglasung (5) als zielführend ein, jedoch wurde diese Massnahme nur von 9 % der Befragten auch umgesetzt.
  - Massnahmen der Begrünung (6): 58 % haben diese Massnahme als zielführend eingestuft, umgesetzt wurde diese jedoch nur von 25 %.
  - Auch «solare Kühlung» (8) wurde von fast 1/3 der Befragten als zielführend eingestuft, umgesetzt wurde diese Massnahmen jedoch erst von 6 %.
- Als weniger zielführend eingestuft wurden Planungsparameter, wie die optimale Ausrichtung des Gebäudes und der Fenster (1) sowie ein bewusster Umgang mit Fensterflächen (2) sowie der Einsatz von Gebäudeautomation (10) und die Reduzierung der internen Wärmegewinne (12), d.h. der Ersatz von bestehenden Geräten durch effizientere Modelle. Diese Massnahmen werden auch nur von wenigen umgesetzt.

Weitere bekannte Massnahmen sowie zusätzliche Angaben (Freitext):

- Zusätzlich wurde von den Befragten ein guter Dämmstandard der Gebäudehülle (54 Personen / 50 %), die Speichermasse (9 Personen / 8 %) sowie die Farb- und Materialwahl der Fassade (6 Personen / 6 %) als weitere bekannte Massnahmen zur Vermeidung von Überhitzung genannt.
- Ebenso ist Freecooling/Geocooling bereits einigen der Befragten bekannt (22 Personen / 20 %). Umgesetzt wurde diese Massnahme bisher von 5 Personen (5 %).



### Immobilienunternehmen (n = 32)

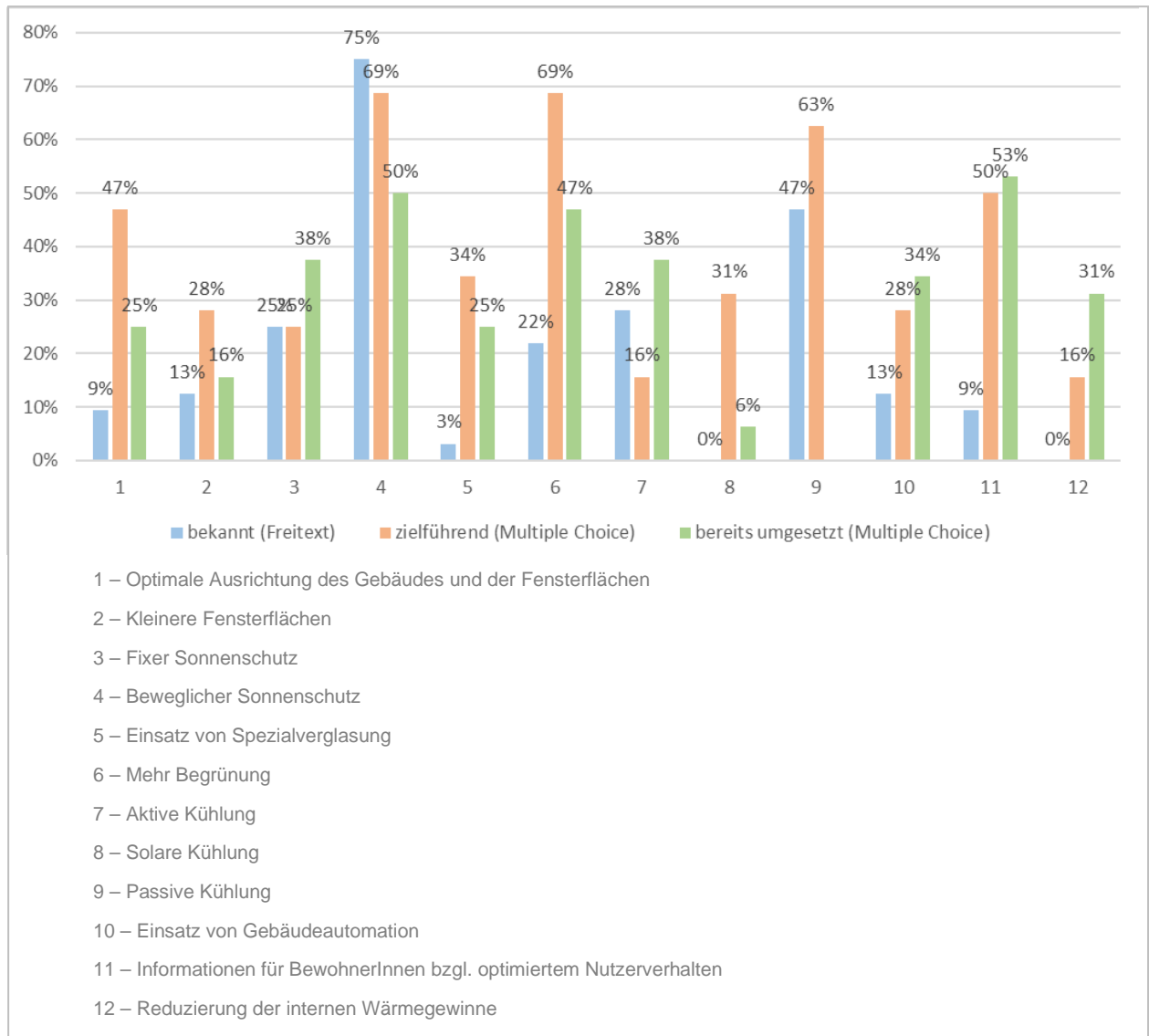


Abbildung 21: Übersicht bekannte, zielführende und bereits umgesetzte Massnahmen – Immobilienunternehmen

Aus den Umfrageergebnissen lassen sich folgende Aussagen für die Zielgruppe der Immobilienunternehmen festhalten (Abbildung 21):

- Beweglicher Sonnenschutz (4) sowie passive Kühlung (9) wurden am häufigsten unter bekannte Massnahmen genannt.
- Als besonders zielführend wurden insbesondere die folgenden Massnahmen bewertet: die optimale Ausrichtung des Gebäudes und der Fensterflächen (1), beweglicher Sonnenschutz (4), mehr Begrünung (6), passive Kühlung (9) sowie ein optimales Nutzerverhalten (11).
- Umgesetzt wurden vor allem beweglicher Sonnenschutz (4), Massnahmen der Begrünung (6) sowie das Informieren der BewohnerInnen bzgl. eines optimiertem Nutzerverhalten (11).

- Aber auch bei dieser Zielgruppe werden nicht alle als zielführend bewerteten Massnahmen auch häufig umgesetzt. Abweichungen können u.a. bei folgenden Massnahmen festgestellt werden:
  - Eine optimale Ausrichtung des Gebäudes und der Fensterflächen (1) wurde von fast der Hälfte der Befragten als zielführend eingestuft, jedoch setzten nur 25 % diese Massnahme bei der Planung ihrer Gebäude um.
  - Ebenso wird solare Kühlung (8) von 31 % der Befragten als zielführend eingestuft. Nur 6 % haben diese Massnahmen bisher umgesetzt. Hingegen wird aktive Kühlung (7) mit 16 % als weniger zielführend bewertet, aber dafür von 38 % der Befragten umgesetzt.
- Der Einsatz von Spezialverglasung (5) wird von 38 % als zielführend bewertet und wurde von 25 % der Befragten bereits umgesetzt.
- Gebäudeautomation zur Vermeidung von Überhitzung (10) sowie die Reduzierung der internen Wärmegewinne (12), d.h. der Ersatz von bestehenden Geräten durch effizientere Modelle, wird von rund 1/3 der Befragten umgesetzt.

Weitere bekannte Massnahmen sowie zusätzliche Angaben (Freitext):

- Zusätzlich wurde ein guter Dämmstandard der Gebäudehülle (6 Personen / 19 %), die Speichermasse (5 Personen / 16 %) sowie Bauteilaktivierung (4 Personen / 13 %) ebenso als bekannte Massnahmen genannt.
- Bei dieser Zielgruppe wurde Freecooling/Geocooling von 15 Personen (47 %) als bekannte Massnahme zur Vermeidung von Überhitzung aufgeführt. Umgesetzt wurde diese Massnahme bisher von 2 Personen (6 %).

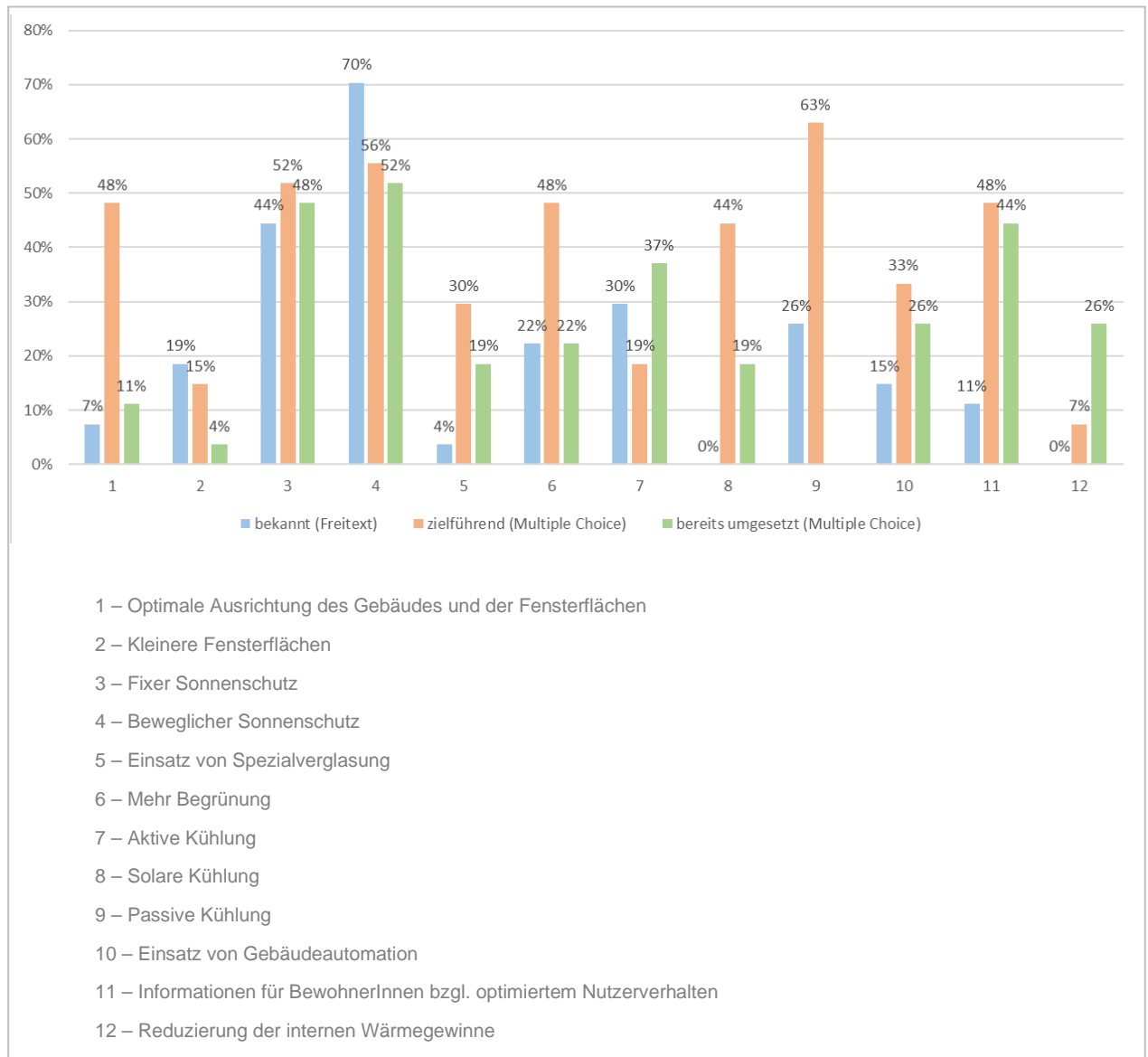
**Institutionelle Anleger (n = 27)**

Abbildung 22: Übersicht bekannte, zielführende und bereits umgesetzte Massnahmen – Institutionelle Anleger

Folgende Aussagen lassen sich für die Zielgruppe der Institutionellen Anleger formulieren (Abbildung 22):

- Zu den am häufigsten genannten bekannten Massnahmen gehören fixer und beweglicher Sonnenschutz (3) (4).
- Als besonders zielführend werden von dieser Zielgruppe insbesondere die folgenden Massnahmen eingeschätzt: Optimale Ausrichtung des Gebäudes und der Fensterflächen (1), fixer und beweglicher Sonnenschutz (3) (4), mehr Begrünung (6), solare Kühlung (8), passive Kühlung (9) sowie ein optimales Nutzerverhalten der BewohnerInnen (11).
- Umgesetzt werden am häufigsten fixer und beweglicher Sonnenschutz (3) (4) sowie das Informieren der BewohnerInnen bzgl. einem optimiertem Nutzerverhalten (11).

- Auch hier gibt es Abweichungen zwischen Massnahmen, welche als zielführend eingestuft wurden, jedoch weniger häufig umgesetzt werden. Dazu gehören u.a.
  - Fast die Hälfte der Befragten stufen eine optimale Ausrichtung des Gebäudes und der Fensterflächen (1) als zielführend ein, jedoch setzen nur 11 % diese Massnahme auch um.
  - Auch mehr Begrünung (6) wird von fast der Hälfte der Befragten als zielführend eingeschätzt, jedoch nur von 22 % bereits umgesetzt.
  - 44 % der Befragten stufen solare Kühlung (8) als besonders zielführend ein, nur 19 % setzen diese Massnahme bereits um. Hingegen wird auch bei dieser Zielgruppe aktive Kühlung (7) als weniger zielführend bewertet (19 %), jedoch häufiger umgesetzt (37 %).
- Ähnlich wie bei den Immobilienunternehmen werden mitunter auch Spezialverglasungen (5), Gebäudeautomation (10) sowie Massnahmen zur Reduzierung der internen Wärmegewinne (12), d.h. der Ersatz von bestehenden Geräten durch effizientere Modelle, umgesetzt.

Weitere bekannte Massnahmen sowie zusätzliche Angaben (Freitext):

- Des Weiteren wurden auch bei einigen Vertretern der Institutionellen Investoren ein guter Dämmstandard der Gebäudehülle (12 Personen / 44 %) sowie die Speichermasse (5 Personen / 19 %) als zusätzliche bekannte Massnahmen zur Vermeidung von Überhitzung genannt.
- Freecooling/Geocooling wurde von 7 Personen (26 %) als bekannte Massnahme genannt. Umgesetzt haben diese Massnahme bisher 2 Personen (7 %).

#### **5.1.1.4 Hinderungs- und Motivationsgründe für die Umsetzung von Massnahmen**

Im Rahmen der Umfrage wurde der Fokus zudem daraufgelegt herauszufinden, warum Massnahmen nicht bzw. nur teilweise realisiert werden und was sich positiv auf die Umsetzung von Massnahmen auswirken könnte. Die Teilnehmenden wurden gebeten verschiedene Hinderungs- und Motivationsgründe zu beurteilen.

##### **Hinderungsgründe**

In der Umfrage wurden verschiedene Antwortmöglichkeiten vorgegeben und die Teilnehmenden gebeten diese entsprechend ihrer Relevanz (relevant bis irrelevant) zu bewerten. Bei der Auswertung der Ergebnisse wurden anschliessend die mit «relevant» und «eher relevant» bewerteten Nennungen addiert und für die einzelnen Zielgruppen gegenübergestellt.

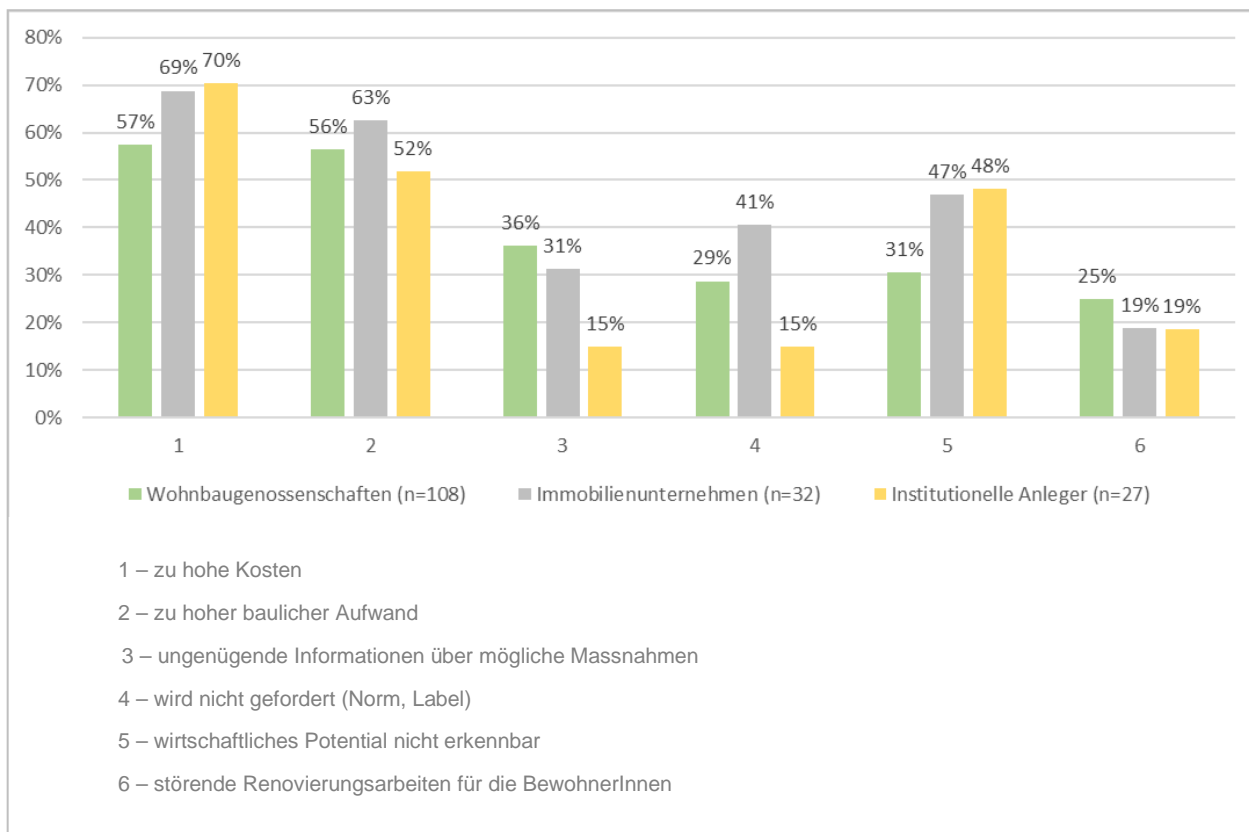


Abbildung 23: Hinderungsgründe nach Zielgruppe

Folgende Aussagen können der Abbildung 23 entnommen werden:

- «Zu hohe Kosten» (1) sowie «zu hoher baulicher Aufwand» (2) haben für alle Zielgruppen die grösste Relevanz.
- «Ungenügende Informationen über mögliche Massnahmen» (3) wurden von rund 1/3 der Wohnbaugenossenschaften sowie der Immobilienunternehmen als Hinderungsgrund genannt. Bei den Institutionellen Anlegern wurde dieser Punkt nur von 15 % ausgewählt.
- «Wird nicht gefordert (Norm, Label)» (4) scheint im Vergleich mit den übrigen Zielgruppen insbesondere für die Immobilienunternehmen die grösste Bedeutung zu haben.
- «Wirtschaftliches Potential der Massnahmen nicht erkennbar» (5) ist vor allem für die Immobilienunternehmen sowie die Institutionellen Anleger entscheidend.
- «Störende Renovierungsarbeiten für die BewohnerInnen» (6) hat bei allen Zielgruppen die geringste Relevanz.

### Motivationsgründe

Des Weiteren wurden in der Umfrage verschiedene Antwortmöglichkeiten vorgegeben, welche sich positiv auf die Umsetzung von Massnahmen auswirken könnten. Die Teilnehmenden wurde wieder gebeten diese entsprechend ihrer Relevanz (relevant bis irrelevant) zu bewerten. Auch hier wurden

bei der Auswertung der Ergebnisse die mit «relevant» und «eher relevant» eingestuftem Antworten addiert. Die Ergebnisse für die einzelnen Zielgruppen sind in Abbildung 24 gegenübergestellt.

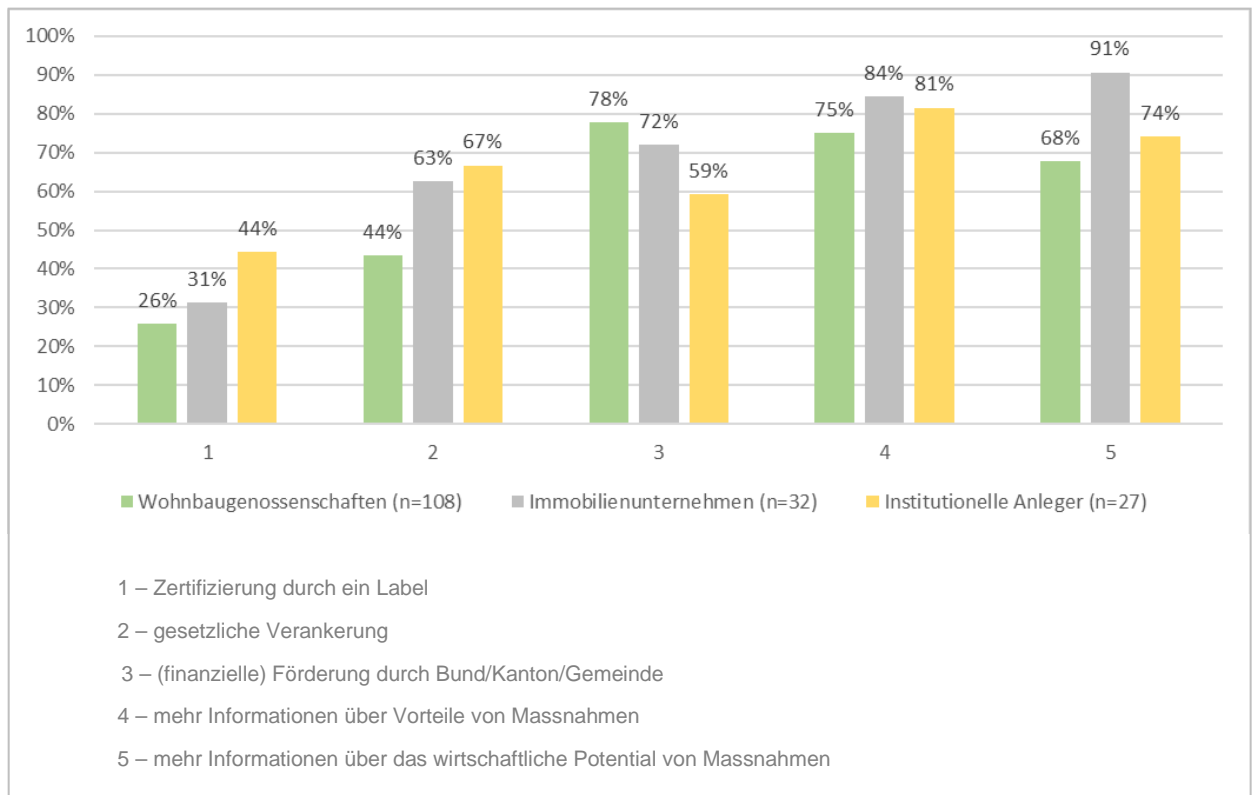


Abbildung 24: Motivationsgründe nach Zielgruppe

Folgende Aussagen können bzgl. der Motivationsgründe formuliert werden:

- «Zertifizierung durch ein Label» (1) scheint insbesondere bei den Institutionellen Anlegern eine höhere Relevanz zu haben (44 %) als für die übrigen Zielgruppen.
- «Gesetzliche Verankerung» (2) spielt vor allem für Immobilienunternehmen sowie Institutionelle Anleger eine grosse Rolle.
- «(Finanzielle) Förderung durch Bund/Kanton/Gemeinde» (3) ist für alle Zielgruppen relevant, jedoch insbesondere für die Wohnbaugenossenschaften besonders wichtig.
- «Mehr Informationen über Vorteile von Massnahmen» (4) wurde ebenso von allen Zielgruppen mit relevant bewertet.
- «Mehr Informationen über das wirtschaftliche Potential von Massnahmen» (5) ist ebenso für alle Zielgruppen relevant, jedoch insbesondere für die Immobilienunternehmen (91 %).

### 5.1.2 Analyse nach Zielgruppen

#### Welche Massnahmen sind bereits bekannt und werden auch umgesetzt?

Um herauszufinden, ob die späteren Handlungsempfehlungen explizit für einzelne Zielgruppen aufbereitet werden sollten, wurde eine detaillierte Auswertung der Umfrageergebnisse durchgeführt. Dabei konnten geringe Unterschiede zwischen den Rückmeldungen seitens Wohnbaugenossenschaften, Immobilienunternehmen sowie Institutionellen Anlegern hinsichtlich **bekannter, zielführender und bereits umgesetzter Massnahmen** festgestellt werden:

- Bei allen drei VertreterInnen wurden Sonnenschutzmassnahmen, passive Kühlung sowie ein optimales Nutzerverhalten als besonders zielführend eingeschätzt. Diese Massnahmen werden meist auch umgesetzt. Begrünung zählt ebenso zu den meistgenannten zielführenden Massnahmen bei allen Zielgruppen, jedoch wird diese Massnahme besonders häufig von den Immobilienunternehmen umgesetzt.
- Fast die Hälfte der Immobilienunternehmen und Institutionellen Anleger haben – im Gegensatz zu den Wohnbaugenossenschaften – eine optimale Ausrichtung des Gebäudes und der Fensterflächen als besonders zielführend angegeben. Jedoch wird diese Massnahme von allen Zielgruppen kaum umgesetzt.
- Des Weiteren konnte festgestellt werden, dass Immobilienunternehmen und Institutionelle Anleger technische Massnahmen, wie Spezialverglasungen, aktive Kühlung und Gebäudeautomation, häufiger umsetzen als die VertreterInnen der Wohnbaugenossenschaften.
- Zu den weniger bekannten bzw. umgesetzten Massnahmen zählt insbesondere die solare Kühlung: Einzig bei den Institutionellen Anlegern wurde diese Massnahme im Gegensatz zu den anderen Zielgruppen bereits von 19 % der Befragten realisiert.

Die Analyse zeigt, dass die verschiedenen Zielgruppen einen ähnlichen Wissensstand haben, welche Massnahmen zur Vermeidung von Überhitzung eingesetzt werden können. Informationen zu möglichen Massnahmen zum Schutz vor Überhitzung werden somit in den Handlungsempfehlungen für alle Zielgruppen analog aufbereitet.

#### Wie können Bauherrschaften motiviert werden, Massnahmen künftig häufiger umzusetzen?

Diesbezüglich wurde eine detaillierte Analyse zu den **Hinderungs- und Motivationsgründen** hinsichtlich des klimawandelgerechten Bauens durchgeführt, um mögliche Unterschiede bei den Interessen der verschiedenen Zielgruppen zu ermitteln sowie die inhaltlichen Schwerpunkte der Handlungsempfehlungen zu bestimmen. Die Resultate sind in den nachfolgenden Tabellen zusammengefasst und nach Relevanz je Zielgruppe bewertet. Dabei wurden die «relevanten und sehr relevanten» Nennungen zusammengefasst, prozentual bewertet und wie folgt eingestuft:

- «**Grün**» markiert sind die Gründe, welche von mehr als 50 % der Befragten als relevant eingestuft wurden und somit einen hohen Stellenwert bei der entsprechenden Zielgruppe einnehmen (**hohe Relevanz**).

- «**Orange**» bedeutet eine **mittlere Relevanz**: Diese Gründe sind für 30 % – 50 % der Befragten bedeutsam für Entscheidungen.
- Gründe, welche von weniger als 30 % der Befragten als bedeutsam eingestuft wurden, haben eher eine **geringe Relevanz** und sind «nicht eingefärbt».

Tabelle 10: Analyse der Umfrageergebnisse zu Hinderungsgründen

Hinderungsgrund	WBG	Immo.	Inst. A.	Folgerungen und Bemerkungen
<b>Zu hohe Kosten</b>	57%	69%	70%	Entsprechende Informationen wurden in die Handlungsempfehlungen integriert und insbesondere auf Massnahmen verwiesen, welche keine oder nur geringe Mehrkosten verursachen.
<b>Zu hoher baulicher Aufwand</b>	56%	63%	52%	Entsprechende Informationen wurden in die Handlungsempfehlungen integriert und vor allem auf Massnahmen verwiesen, welche nicht bautensiv sind.
Ungenügende Informationen über mögliche Massnahmen	36%	31%	15%	Alle möglichen Massnahmen für Bauherrschaften wurden aufbereitet.
Wird nicht gefordert (Norm, Label)	29%	41%	15%	Kann mittels Handlungsempfehlungen für Bauherrschaften nicht adressiert werden.
<b>Wirtschaftliches Potential nicht erkennbar</b>	31%	47%	48%	Entsprechende Informationen zum wirtschaftlichen Potential von Massnahmen wurden in die Handlungsempfehlungen integriert.
Störende Renovierungsarbeiten für BewohnerInnen	25%	19%	19%	Hinderungsgrund von geringer Relevanz für die Befragten.

Tabelle 10 zeigt, dass auch bei den Hinderungsgründen geringe Unterschiede zwischen den einzelnen Zielgruppen festzustellen sind:

- **Zu hohe Kosten**: Wurde von allen Zielgruppen mit einer hohen Relevanz eingestuft. Auffallend ist der etwas geringere Prozentsatz bei den Wohnbaugenossenschaften im Vergleich zu den übrigen Zielgruppen. Dies kann ggf. dadurch begründet werden, dass Wohnbaugenossenschaften in der Regel langfristiger planen, wodurch die Lebenszykluskosten in den Vordergrund rücken. Informationen darüber, in welchem Verhältnis die Investitionskosten zur Langfristigkeit des Mietverhältnisses stehen, wurden entsprechend in den Handlungsempfehlungen integriert. Ebenso sollte den Bauherrschaften aufgezeigt werden, dass viele Massnahmen auch ohne zusätzliche Kosten realisierbar sind. Informationen zu den Kosten von Massnahmen wurden in die Handlungsempfehlungen integriert.
- **Zu hoher baulicher Aufwand**: Hier konnten keine wesentlichen Unterschiede zwischen den Zielgruppen festgestellt werden. Dieser Hinderungsgrund nimmt bei allen einen hohen Stellenwert ein. Dabei sind viele Massnahmen auch ohne bzw. nur mit einem geringen



zusätzlichen baulichen Aufwand umsetzbar. Entsprechende Informationen wurden in die Handlungsempfehlungen integriert.

- **Ungenügende Informationen über mögliche Massnahmen:** Auffallend ist, dass sich Institutionelle Anleger bereits relativ gut informiert fühlen. Neue Erkenntnisse aus diesem Projekt – insbesondere aus dem Teilprojekt: Handlungsempfehlungen für Planende – könnten jedoch auch für diese Zielgruppe von Interesse sein und wurden in die Handlungsempfehlungen integriert.
- **Wird nicht gefordert (Norm, Label):** Dieser Hinderungsgrund ist im Speziellen für Immobilienunternehmen von höherer Relevanz als für Wohnbaugenossenschaften und Institutionelle Anleger. Bauherrschaften sollten hinsichtlich der Vorteile von Massnahmen weiter sensibilisiert werden, auch wenn diese nicht explizit in Gesetzen / Normen / Labels verankert sind.
- **Wirtschaftliches Potential nicht erkennbar:** Auch hier ist ein geringer Unterschied zwischen den Zielgruppen erkennbar. Wohnbaugenossenschaften haben einen etwas geringeren Prozentsatz gegenüber den Immobilienunternehmen bzw. den Institutionellen Anlegern (analog «zu hohe Kosten»). Informationen zum wirtschaftlichen Potential von Massnahmen wurden in den Handlungsempfehlungen aufbereitet.
- **Störende Renovierungsarbeiten für BewohnerInnen:** Dieser Hinderungsgrund ist für alle Zielgruppen eher weniger relevant. Jedoch ist auch hier ein geringer Unterschied zwischen Wohnbaugenossenschaften und den anderen Zielgruppen erkennbar. Dies kann ggf. dadurch bestimmt sein, dass Wohnbaugenossenschaften in der Regel in einem engeren / persönlicherem Austausch mit ihren MieterInnen stehen.

Tabelle 11: Analyse der Umfrageergebnisse zu Motivationsgründen

Motivationsgrund	WBG	Immo.	Inst. A.	Bemerkung
Zertifizierung durch ein Label	26%	31%	44%	Kann mittels Handlungsempfehlungen für Bauherrschaften nicht adressiert werden.
<b>Gesetzliche Verankerung</b>	44%	63%	67%	Kann mittels Handlungsempfehlungen für Bauherrschaften nicht adressiert werden.
<b>(Finanzielle) Förderung durch Bund/Kanton/Gemeinde</b>	78%	72%	59%	Informationen zu allfälligen Fördermöglichkeiten wurden integriert.
<b>Mehr Informationen über Vorteile der Massnahmen</b>	75%	84%	81%	Die Vorteile von Massnahmen werden in den Handlungsempfehlungen aufgezeigt.
<b>Mehr Informationen über das wirtschaftliche Potential</b>	68%	91%	74%	Informationen zum wirtschaftlichen Potential von Massnahmen wurden in die Handlungsempfehlungen integriert.

In Tabelle 11 sind auch bei den Motivationsgründen geringe Unterschiede zwischen den einzelnen Zielgruppen erkennbar:

- **Zertifizierung durch ein Label:** Bei den Wohnbaugenossenschaften scheint dieser Grund weniger relevant zu sein als bei den Immobilienunternehmen bzw. insbesondere bei den Institutionellen Anlegern. Bauherrschaften sollten hinsichtlich der Vorteile von Labels sensibilisiert werden (Wertsteigerung der Immobilie etc.) und ihnen sollte eine Übersicht möglicher Labels – welche den Klimawandel thematisieren – aufgezeigt werden.
- **Gesetzliche Verankerung:** Auch dieser Motivationsgrund hat seitens Wohnbaugenossenschaften prozentual etwas weniger Zuspruch erhalten im Vergleich zu den anderen Zielgruppen. Jedoch ist die gesetzliche Verankerung zur Umsetzung von Massnahmen von allen Befragten insgesamt mit einer höheren Relevanz eingestuft worden als die Zertifizierung durch Labels. Dabei ist festzuhalten, dass Labels meist den Weg weisen und Gesetze anschliessend nachziehen (bspw. Minergie). Bauherrschaften sollten diesbezüglich sensibilisiert werden und sich entsprechend eher an Labelvorgaben richten, um zukunftsvisiert zu planen.
- **(Finanzielle) Förderung durch Bund / Kanton / Gemeinde:** Dies nimmt bei allen Zielgruppen einen hohen Stellenwert ein, insbesondere bei den Wohnbaugenossenschaften und den Immobilienunternehmen. Informationen über Fördermöglichkeiten von Massnahmen wurden in die Handlungsempfehlungen integriert und auf die Vorteile hinsichtlich der Langfristigkeit / Lebenszykluskosten verwiesen.
- **Mehr Informationen über Vorteile der Massnahmen:** Alle Zielgruppen, insbesondere die Immobilienunternehmen sowie die Institutionellen Anleger, haben diesen Grund als relevant eingestuft. Entsprechende Informationen zu den einzelnen Massnahmen wurden in den Handlungsempfehlungen aufbereitet.
- **Mehr Informationen über das wirtschaftliche Potential:** Dieser Motivationsgrund nimmt ebenso bei allen Zielgruppen einen hohen Stellenwert ein, insbesondere jedoch bei den Immobilienunternehmen. Informationen wurden entsprechend erarbeitet und in die Handlungsempfehlungen integriert.

Gesamthaft kann auch bei den Hinderungs- und Motivationsgründen festgehalten werden, dass nur wenige signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Zielgruppen bei der detaillierten Analyse der Umfrageergebnisse festgestellt werden konnten. Infolgedessen wurden die Handlungsempfehlungen hinsichtlich der inhaltlichen Grundlagen allgemein für alle Bauherrschaften formuliert. Einzelne zusätzliche Ausführungen für die einzelnen Zielgruppen können jedoch zielführend sein und könnten bspw. in Form von separaten Merkblättern – wenn auch mit wenigen Unterschieden – aufbereitet werden.

### 5.1.3 Analyse des Sanierungs- und Neubaupotentials von Bauherrschaften

Um das Potential für künftige Sanierungs- und Neubauprojekte für die im Rahmen dieser Studie analysierten Zielgruppen (Wohnbaugenossenschaften, Institutionelle Anleger, Immobilienunternehmen) abschätzen zu können, wurde nach allgemeinen Kennzahlen aus dem Bau- und Wohnungswesen recherchiert. Gleichzeitig konnte evaluiert werden, welches Potential bei anderen Zielgruppen, wie bspw. Privatpersonen oder der Öffentlichen Hand, liegt und ob eine Ausweitung des Projektes in einem nächsten Schritt auch für weitere Zielgruppen interessant sein könnte.

#### 5.1.3.1 Gebäudepark Schweiz

Die nachfolgenden Angaben zeigen den Bestand an Wohngebäuden und Wohnungen in der Schweiz und basieren auf Statistiken des BFS.

Tabelle 12: Bestand an Wohngebäuden und Wohnungen in der Schweiz (2017/2018) <sup>7</sup>

<b>Gebäude mit Wohnnutzung (2018)</b>		<b>1'748'477</b>
davon:	Neubauten (2018)	12'190
	Sanierungen (2018) <sup>8</sup>	~17'500
<b>Wohnungsbestand (2018)</b>		<b>4'528'902</b>
davon:	Neu erstellte Wohnungen (2018)	53'199
	Wohnungssanierungen (2018) <sup>7</sup>	~ 45'300

#### 5.1.3.2 AuftraggeberInnen

Des Weiteren lassen sich diese Kennzahlen zudem nach Kategorien der AuftraggeberInnen gliedern. In Tabelle 13 sind diesbezüglich statistische Angaben des BFS für neu erstellte Wohnungen aufgeführt.

<sup>7</sup> <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/bau-wohnungswesen.html>

<sup>8</sup> Wert basiert auf einer angenommenen Sanierungsrate von 1%.

Tabelle 13: Neu erstellte Wohnungen in der Schweiz nach Kategorie der AuftraggeberInnen <sup>9</sup>

<b>Neu erstellte Wohnungen (2018)</b>		<b>53'199</b>
<b>Öffentliche Auftraggeber</b>		<b>1'474</b>
davon:	Bund	31
	Kanton	416
	Gemeinde	1'027
<b>Private Auftraggeber</b>		<b>51'725</b>
davon:	Institutionelle Anleger	3'330
	<b>Bau- und Immobiliengesellschaften</b>	<b>22'642</b>
	(davon Baugenossenschaften)	2'399
	<b>Privatpersonen</b>	<b>14'515</b>
	Übrige Anleger	11'238

Dabei geht deutlich hervor, dass Bau- und Immobiliengesellschaften (~ 43 %) zusammen mit Privatpersonen (~ 27 %) über 2/3 der AuftraggeberInnen für neu erstellte Wohnungen ausmachen.

### 5.1.3.3 EigentümerInnen

Ebenso gibt es Kennzahlen des BFS zu den Eigentübertypen von Mietwohnungen. Diese sind besonders interessant, um das Sanierungspotential der einzelnen Zielgruppen abzuschätzen.

Tabelle 14: Eigentübertypen von Mietwohnungen in der Schweiz (2019) <sup>10</sup>

<b>Eigentübertyp von Mietwohnungen (2019) in %</b>	
Öffentliche Hand	3.80 %
Wohnbaugenossenschaften	8.40 %

<sup>9</sup> <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/bau-wohnungswesen/wohnungen.assetdetail.13587578.html>

<sup>10</sup> <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/bau-wohnungswesen.assetdetail.11967806.html>

Bau- und Immobiliengesellschaften	6.60 %
Privatpersonen	49.20 %
Anderer AG/GmbH/Genossenschaften (z.B. Versicherungen, Pensionskassen, Stiftungen, Bank, Anlagenfonds)	31.80 %
Sonstige	0.10 %

In Tabelle 14 lässt sich deutlich erkennen, dass Privatpersonen fast 50 % der EigentümerInnen von Mietwohnungen ausmachen. Zusammen mit anderen AG/GmbH/Genossenschaften, wozu u.a. Versicherungen, Pensionskassen und Banken zählen, gehört diesen beiden Vertretergruppen über 80 % des Bestandes an Mietwohnungen in der Schweiz.

#### 5.1.3.4 Ergebnis der Potentialanalyse

Zusammenfassend konnten folgende Kernaussagen bzgl. Neubau- und Sanierungspotential formuliert werden:

- Bau- und Immobilienunternehmen sind mit über 40 % die HauptauftraggeberInnen von neu erstellten Wohnungen.
- Bei Privatpersonen besteht im Neubaubereich ein hohes Potential, da sie fast 30 % der neuen Wohnungen in Auftrag geben. Ebenso besitzt diese Zielgruppe fast 50 % der Mietwohnungen in der Schweiz.
- Genossenschaften/AGs/GmbHs (u.a. Versicherungen, Pensionskassen, Banken etc.) stellen mit über 30 % auch einen Grossteil der EigentümerInnen von Mietwohnungen dar.

Neben dem Sanierungs- und Neubaupotential der Zielgruppen, spielt aber auch die Erreichbarkeit, d.h. die Kommunikation der Ergebnisse, eine wichtige Rolle: Privatpersonen machen zwar einen Grossteil der AuftraggeberInnen für neu erstellte Wohngebäude (~ 27 %) und fast 50 % der EigentümerInnen von Mietwohnungen aus, jedoch ist die Erreichbarkeit dieser Zielgruppe viel schwieriger, da sehr viele Einzelpersonen angesprochen werden müssten. Wohnbaugenossenschaften, Immobilienunternehmen sowie Institutionelle Anleger besitzen hingegen ganze Portfolios an Gebäuden, was dementsprechend viel effektiver ist, da Entscheide nicht nur zu einzelnen Gebäuden gefällt werden. Ebenso ist die Erreichbarkeit der BewohnerInnen entscheidend, da diese durch ihr Nutzerverhalten eine wichtige Rolle zur Vermeidung von Überhitzung einnehmen. Die Erreichbarkeit von BewohnerInnen ist insbesondere bei den Wohnbaugenossenschaften recht hoch, da diese Zielgruppe meist in einem engeren Kontakt zu ihren MieterInnen steht.

## 5.2 Simulationsergebnisse zu Planungsparametern

### 5.2.1 Ausgangslage Referenzgebäude

In diesem Abschnitt wurde analysiert, welchen Einfluss verschiedene Faktoren, wie bspw. der Standort, die Umgebung, die Gebäudetypologie etc., auf die Ergebnisse der Simulationen haben. Dadurch soll aufgezeigt werden, welche Abweichungen auftreten könnten, wenn die Ausgangslage des Referenzgebäudes verändert werden würde.

**Vorbemerkung:** Für die Simulationen in diesem Abschnitt wurde die Referenzwohnung in Süd-Ost-Ausrichtung betrachtet. Dabei ist anzumerken, dass bei dieser Orientierung mit bedeutenden solaren Gewinnen sowohl im Winter als auch im Sommer zu rechnen ist. Bei einem kompletten Wohngebäude mit allen Orientierungen würden diese solaren Erträge im Mittel geringer sein.

#### 5.2.1.1 Einfluss des Standorts

Die Auswirkungen des Klimawandels auf den Klimakältebedarf werden in der Südschweiz ausgeprägter sein als im Mittelland [2]. Nachfolgend sind zur Veranschaulichung der Unterschiede die Ergebnisse für die Referenzwohnung in den Städten Basel und Lugano heute und in Zukunft dargestellt (Abbildung 25).

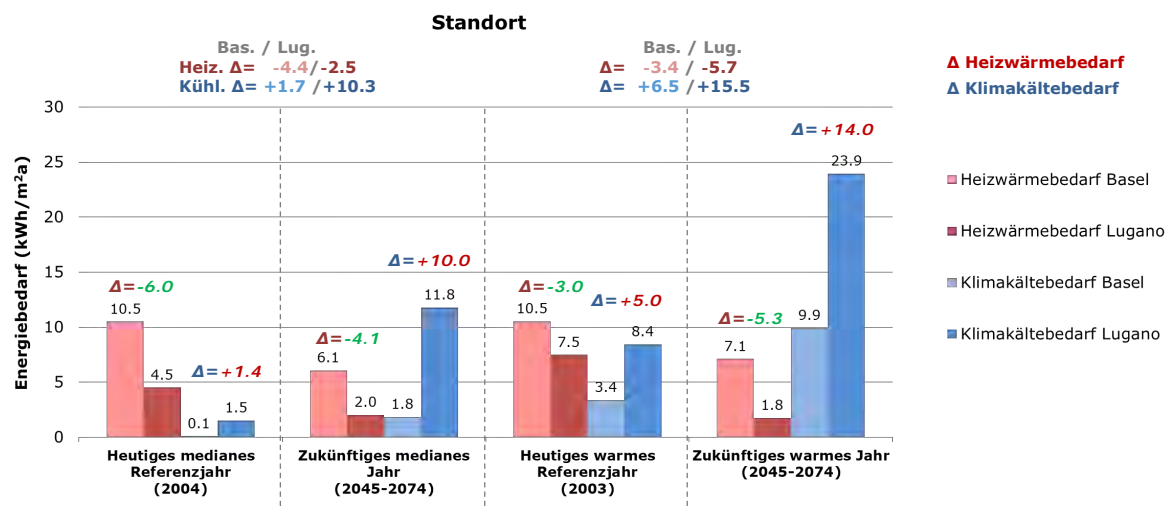


Abbildung 25: Heizwärme- und Klimakältebedarf der Referenzwohnung in Basel und Lugano heute und in Zukunft.

Der Klimawandel hat in Lugano bedeutende Auswirkungen: In einem zukünftigen medianen Jahr würde sich der Heizwärmebedarf um mehr als 40 % reduzieren, gleichzeitig würde der Klimakältebedarf jedoch um mehr als das 7-fache ansteigen. Der Klimakältebedarf in Lugano würde in einem zukünftigen medianen Jahr somit mehr als das 5-fache des Heizwärmebedarfs betragen. Somit ist deutlich zu erkennen, dass ein Paradigmenwechsel von Heizwärme- zu Klimakältebedarf in Zukunft zu erwarten ist, sowohl für ein medianes als auch ein warmes Klimaszenario. Dieser Trend ist dabei in der Südschweiz deutlich stärker ausgeprägt, wo der Klimakältebedarf in einem

heutigen warmen Jahr in einer Wohnung mit Süd-Ost-Ausrichtung bereits höher als der Heizwärmebedarf sein kann.

Dies zeigt die Bedeutung der Anwendung geeigneter Entwurfskriterien in einem warmen Klima, in dem Kühlen wichtiger als Heizen werden wird. Im Rahmen dieser Studie wurde Basel als Referenzstandort gewählt, da dessen Klima repräsentativ für einen Grossteil des Schweizer Gebäudeparks ist. Unter diesen Annahmen ist davon auszugehen, dass Energiesparmassnahmen weiterhin eine hohe Relevanz haben werden. Die Erkenntnisse in diesem Projekt sollen dazu dienen, zu beurteilen, wie der sommerliche Wärmeschutz zielführend umgesetzt werden kann. In den südlichen Regionen der Schweiz sind die Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz entsprechend höher und z.T. zusätzliche Massnahmen notwendig.

#### **5.2.1.2 Einfluss des städtischen Wärmeinseleffekts**

Die Temperaturen in Städten sind höher als in der ländlichen Umgebung. Dies kann verschiedene Ursachen haben, wie bspw. aufgrund der Bebauungsdichte, der Verwendung von Materialien mit einer hohen Wärmespeicherkapazität (bspw. Asphalt oder Beton) oder durch fehlende Belüftung und Vegetation. Gehring et al. [15] beschreibt den Einfluss des städtischen Wärmeinseleffekts wie folgt: «Die Nachttemperaturen sind in den Stadtzentren im Mittel im Sommer um über 2 °C höher als auf dem Land. In weniger dicht bebauten Gebieten sind sie zwischen 1 und 2 °C höher. Im Maximum werden an den untersuchten Stationen rund 6-7 °C höhere Nachttemperaturen verzeichnet. In den wärmsten Nächten sinkt die Temperatur in den Stadtzentren nicht unter 24-25 °C ab. Die Anzahl der Tropennächte ist in den Städten deutlich höher als auf dem Land, während die Anzahl der Hitzetage nur wenig erhöht ist. Eine Ausnahme davon sind die Messstationen in Basel, bei denen auch die Anzahl der Hitzetage deutlich grösser ist. Sie repräsentieren Standorte in unmittelbarer Nähe von Asphalt und Gebäuden, welche sich am Tag stark erwärmen. Die Ausprägung der städtischen Wärmeinsel ist während Hochdrucklagen am grössten, d.h. bei windschwachen, bewölkungsarmen und strahlungsintensiven Wetterlagen. »

Für die Analyse des Wärmeinseleffekts am Referenzstandort wurde auf zusätzliche Daten von Vogt, R. und Parlow, E. aus der Studie „Die städtische Wärmeinsel von Basel - tages- und jahreszeitliche Charakterisierung“ [16] zurückgegriffen. Laut dieser Studie tritt die grösste stündliche Differenz der Lufttemperatur zwischen einer Messstation in einer Innenstadt und einer Messstation in einer ländlichen Umgebung im Sommer zwischen 21:00 Uhr und 22:00 Uhr auf. Die kleinste Differenz tritt zwischen 9:00 Uhr und 10:00 Uhr auf. Der durchschnittliche Temperaturunterschied in der Zeit vom 15. Juni bis 15. August beträgt 2.3 °C zwischen 21:00 Uhr und 22:00 Uhr und 0.1 °C zwischen 09:00 Uhr und 10:00 Uhr. Die maximal aufgezeichnete Temperaturdifferenz beträgt 3.6 °C. An einigen Tagen kann diese Temperaturdifferenz den ganzen Tag in der Innenstadt um 0.5 °C höher liegen als auf dem Land.

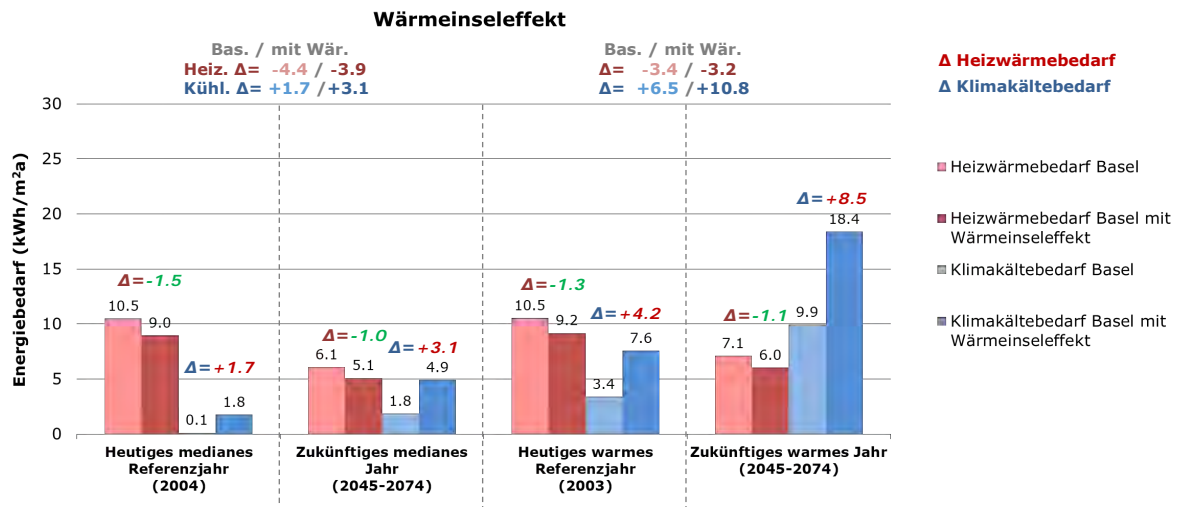


Abbildung 26: Heizwärme- und Klimakältebedarf der Referenzwohnung in Basel ohne und mit Berücksichtigung des Wärmeineffekts heute und in Zukunft.

Im heutigen medianen Referenzjahr (2004) führt der Wärmeineffekt zu einer signifikanten Senkung des Heizwärmebedarfs um fast 15 % und zu einem Anstieg des Klimakältebedarfs um mehr als das 15-fache. Der Klimakältebedarf würde mit dem Wärmeineffekt fast 20 % des Heizwärmebedarfs betragen.

Angesichts des Klimawandels wird dieser Effekt weiter verstärkt: Der Klimakältebedarf in einem zukünftigen medianen Jahr würde fast so hoch wie der Heizwärmebedarf liegen, in einem zukünftigen warmen Jahr würde der Klimakältebedarf im Vergleich zum Heizwärmebedarf sogar mehr als dreimal so hoch sein.

Für diesen Bericht wurde das Klima ohne den Wärmeineffekt betrachtet, da es sich um einen mikroklimatischen Effekt handelt, dessen Variabilität sehr hoch ist, wie wir im ersten Absatz dieses Abschnitts gesehen haben. Deshalb werden die Prognosen in Städten noch früher eintreten.

### 5.2.1.3 Einfluss der Umgebung

Die Umgebung hat einen wichtigen Einfluss auf die Tageslichtversorgung und die Besonnung des Gebäudes und damit auf die solaren Wärmeerträge während des ganzen Jahres. Gleichzeitig schützen die umliegenden Bauten aber auch das Gebäude vor dem Wind und beeinflussen somit die äusseren Luftströmungen.

Um den Einfluss der Verschattung durch die Nachbargebäude zu analysieren, wurde das Referenzgebäude in einer städtischen Umgebung (Abschnitt 4.2.2.3) und als freistehendes Gebäude betrachtet. Dabei wurde angenommen, dass im freien Kontext keinerlei Verschattungen durch Gebäude oder andere Elemente, wie Bäume, Berge etc., auftreten.



## Einfluss der Umgebung auf den Energiebedarf

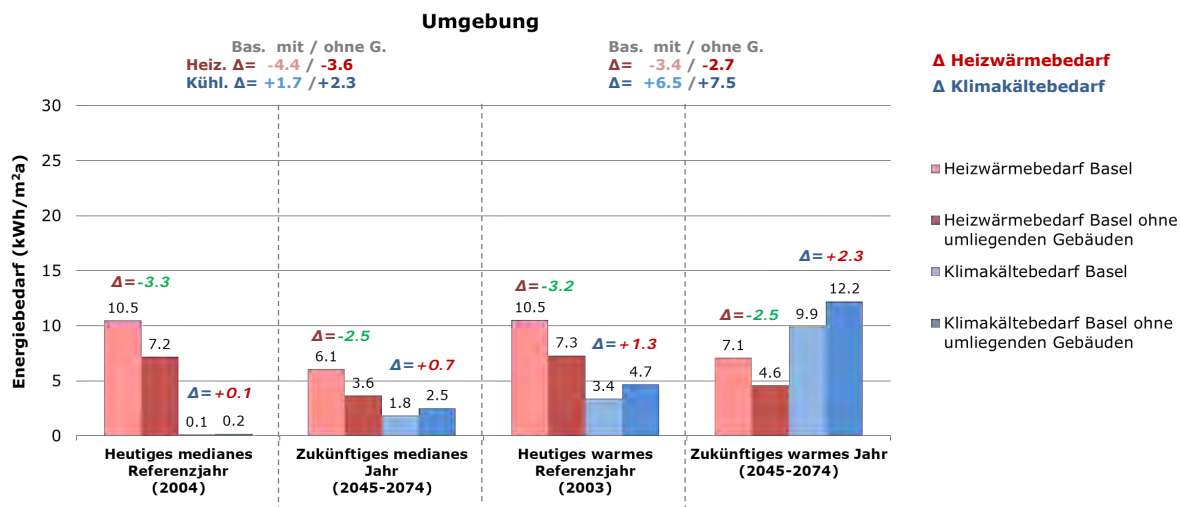


Abbildung 27: Heizwärme- und Klimakältebedarf der Wohnung in Basel unter Berücksichtigung der umliegenden Gebäude und ohne Gebäude in der Umgebung heute und in Zukunft.

Die umliegenden Gebäude (Abbildung 8) erzeugen Schatten auf das untersuchte Gebäude. Dies führt über das ganze Jahr zu geringeren Solargewinnen und somit zu einem höheren Heizwärmebedarf im Winter sowie einem geringeren Klimakältebedarf im Sommer.

Im analysierten Fall reduziert die Nichtberücksichtigung der umliegenden Gebäude, unabhängig vom analysierten Jahr, den Heizwärmebedarf um mehr als 30 %. Der Klimakältebedarf steigt im zukünftigen warmen Jahr um mehr als 20 % an. Im heutigen medianen Referenzjahr ist der Klimakältebedarf bei einem freistehenden Gebäude in etwa doppelt so hoch als in einem städtischen Kontext.

In absoluten Zahlen ausgedrückt: Wenn das Gebäude nicht von anderen Gebäuden umgeben ist, ist die Senkung des Heizwärmebedarfs grösser als der Anstieg des Klimakältebedarfs. Dieser Unterschied wird geringer, wenn man die Auswirkungen des Klimawandels mitberücksichtigt.

## Einfluss der Umgebung auf das Tageslicht

Die umliegenden Gebäude haben einen beträchtlichen Einfluss auf die Tageslichtversorgung. Werden diese gemäss Abschnitt 4.2.2.3 mitberücksichtigt, erreicht die Tageslichtversorgung im Zimmer 1 im 2. OG die Stufe «gering» nicht mehr (Tabelle 15). Die umliegenden Gebäude haben ebenfalls einen Einfluss auf die Besonnungsdauer. Sie verringern beim Referenzraum Zimmer 1 in Ost- und Westausrichtung zu Tagesbeginn bzw. am Ende des Tages die Besonnungsdauer (Tabelle 15 und Abbildung 28). Auf die Besonnung im Zimmer 1 mit Nord- und Südausrichtung haben die umliegenden Gebäude keinen Einfluss, wobei die Nordausrichtung ohnehin am 21. März keine Besonnung erhält. Auch auf die Aussicht haben die umliegenden Gebäude einen Einfluss. Die Aussensichtweite des in dieser Studie verwendeten Modells mit umliegenden Gebäuden beträgt ca. 12 m (Abschnitt 4.2.2.3), was der Stufe «gering» entspricht. Somit kann das Kriterium «Aussicht»

auch durch Erreichen höherer Stufen bei «horizontalem Sichtwinkel» und «Anzahl sichtbarer Ebene» nicht verbessert werden, da der Abstand zur Nachbarbebauung konstant ist. In der Studie wurden demnach nur der «horizontale Sichtwinkel» und die «Anzahl sichtbarer Ebene» bei relevanten Parametern untersucht. Ohne umliegende Gebäude würde die Aussensichtweite der Stufe «hoch» entsprechen.

Tabelle 15: Ergebnisse zum Tageslichtquotient und zur Besonnungsdauer gemäss SN EN 17037:2019 im Zimmer 1 im 2. OG mit und ohne Berücksichtigung der umliegenden Gebäude; grau hinterlegte Werte erfüllen die Anforderungen nicht.

		Tageslichtquotient			Besonnungsdauer	
		100%	50%	Stufe	Stunden	Stufe
<b>2. OG ohne</b> Berücksichtigung der umliegenden Gebäude	Zimmer 1 Ost	1.1	2.5	Gering	3.5 h	Mittel
	Zimmer 1 Süd				9 h	Hoch
	Zimmer 1 West				4 h	Hoch
	Zimmer 1 Nord				0 h	Ungenügend
<b>2. OG mit</b> Berücksichtigung der umliegenden Gebäude	Zimmer 1 Ost	0.4	1.5	Ungenügend	3 h	Mittel
	Zimmer 1 Süd				9 h	Hoch
	Zimmer 1 West				3 h	Mittel
	Zimmer 1 Nord				0 h	Ungenügend

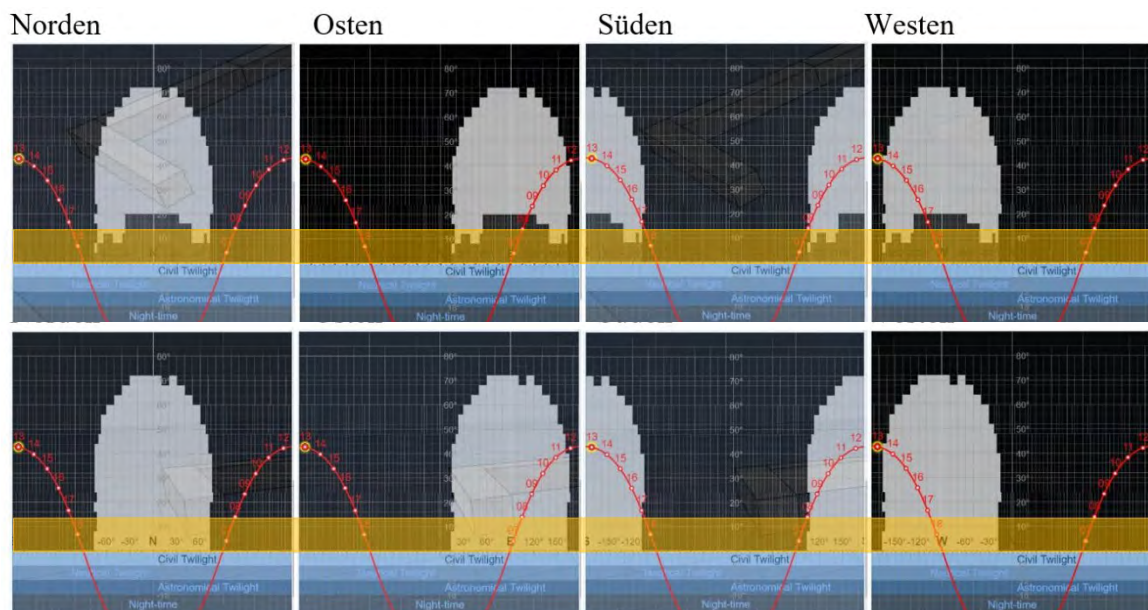


Abbildung 28: Grafiken der Besonnungsdauer gemäss «AndrewMarsh» im Zimmer 1 im 2. OG mit (oben) und ohne (unten) Berücksichtigung der umliegenden Gebäude.

Im Rahmen dieser Studie wurde ein städtischer Kontext analysiert, d.h. die Verschattung durch die umliegenden Gebäude wurde mitberücksichtigt. Dies bildet einen Grossteil des Schweizer Wohngebäudeparks ab, eine Situation ohne jegliche Verschattung (bspw. durch Gebäude, Berge, Bäume, etc.) wird nur sehr selten auftreten. Die Umgebungssituation wurde in Abschnitt 4.2.2.3 beschrieben.

### 5.2.1.4 Einfluss der Gebäudetypologie

Um den Einfluss der Gebäudetypologie auf die Ergebnisse der Studie zu überprüfen, wurde eine zusätzliche Wohnung analysiert. Dazu wurde das Gebäude „Neubau hybrid“ (Abbildung 29) aus der Studie «ClimaBau» [2] betrachtet. Damit die Ergebnisse vergleichbar bleiben, wurde das gleiche Bausystem beibehalten, d.h. die Eigenschaften hinsichtlich der Konstruktion und des Betriebs (thermische Gebäudehülle, Eigenschaften der Fenster, Sonnenschutz etc.) wurden analog dem Referenzgebäude simuliert. Die Varianz in den Ergebnissen konnte damit eindeutig der Geometrie des Wohnraumes zugeordnet werden.

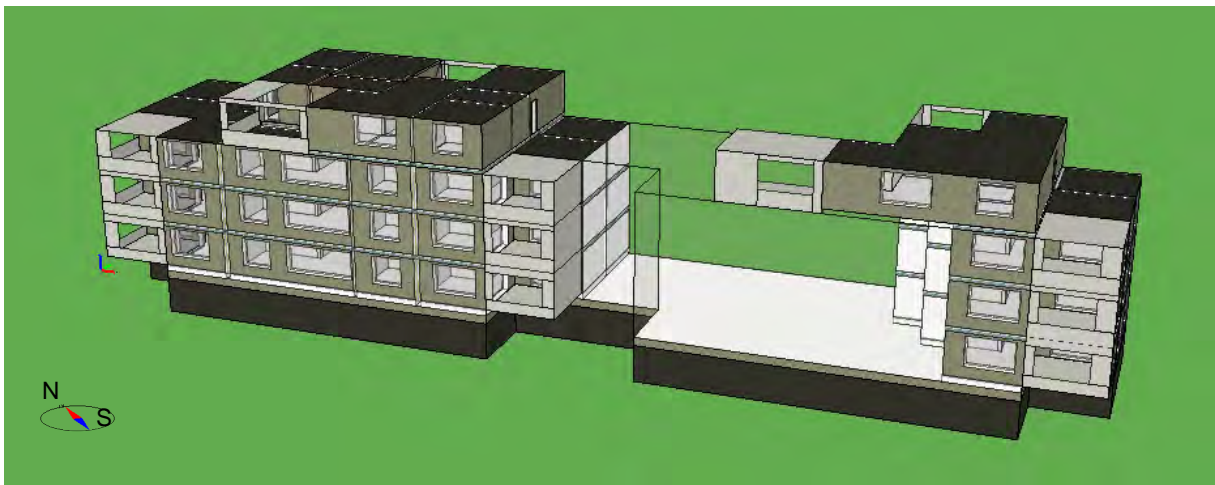


Abbildung 29: Bild des in IDA ICE aufgebauten Simulationsmodells „Neubau hybrid“ aus der Studie «ClimaBau» [2].

Der Grundriss der Wohnung des Gebäudes «Neubau hybrid» hat – im Vergleich zur Referenzwohnung – drei Fassadenseiten: Nord, Ost und Süd. Zwei der Zimmer sind nach Norden ausgerichtet, das Eckzimmer hat eine Nord- und Ostfassade und der Wohnbereich eine Süd- und Ostfassade (Abbildung 30).

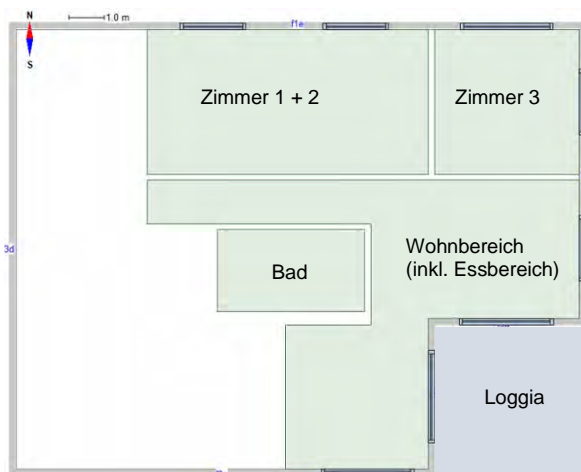


Abbildung 30: Grundriss des aufgebauten Wohngeschossmodells der 3-Fassaden-Wohnung mit Zonenaufteilung.

Diese Wohnung hat mit einem Fassadenanteil von  $0.75 \text{ m}^2_{\text{Fassade}}/\text{m}^2_{\text{EBF}}$  eine deutlich grössere Fläche, die an die Aussenluft grenzt, als die Referenzwohnung ( $0.64 \text{ m}^2_{\text{Fassade}}/\text{m}^2_{\text{EBF}}$ ). Dafür ist der Fensteranteil der Fassade deutlich geringer: 34.8 % Fensteranteil gegenüber 52.4 % Fensteranteil der Referenzwohnung (Abbildung 31). Des Weiteren hat diese Wohnung Fenster, welche nach Norden orientiert sind und somit nur zu geringen solaren Wärmeerträgen führen (keine direkte Sonneneinstrahlung).

Die Ergebnisse des Heizwärme- und Klimakältebedarfs sind in der Abbildung 32 dargestellt.

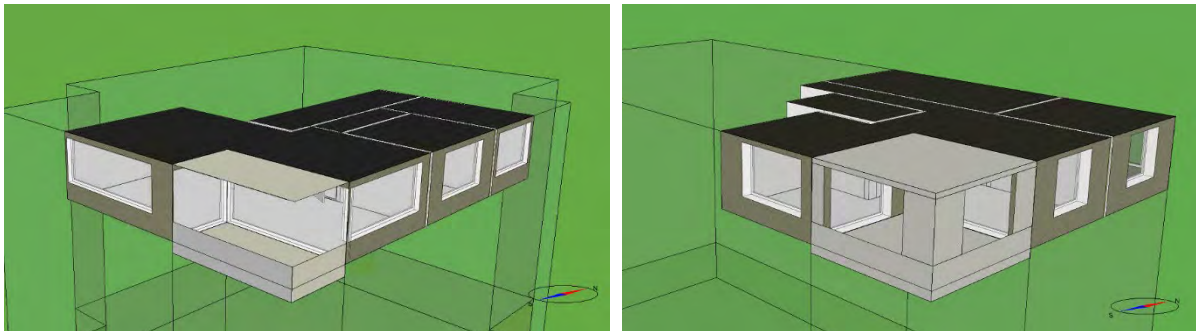


Abbildung 31: 3D-Ansicht der Referenzwohnung (links) sowie der Wohnung des Gebäudes «Neubau hybrid» (rechts) im Dachgeschoss aufgebaut in IDA-ICE.

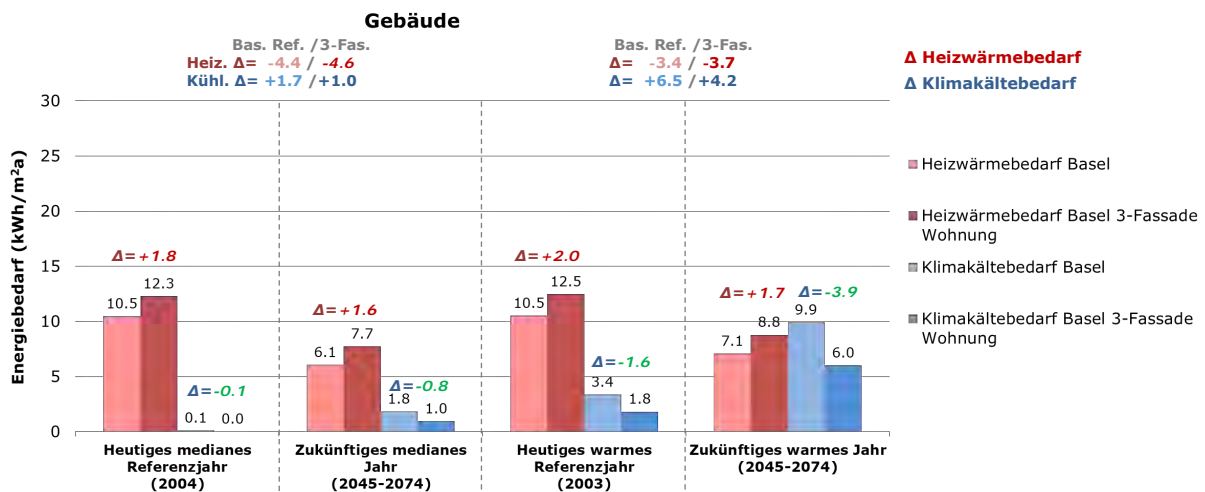


Abbildung 32: Heizwärme- und Klimakältebedarf der Referenzwohnung („Neubau massiv“) und der Wohnung „Neubau hybrid“ in Basel heute und in Zukunft.

In der Wohnung «Neubau hybrid» ist der Heizwärmebedarf höher und der Klimakältebedarf niedriger im Vergleich zur Referenzwohnung. Dies kann u.a. auf die grössere Fläche der thermischen Gebäudehülle nach aussen, die nach Norden ausgerichtete Fassade sowie den geringeren Fensterflächenanteil zurückgeführt werden. Der Heizwärmebedarf der Wohnung «Neubau hybrid» liegt in allen Jahren zwischen 17 % - 27 % höher als der Heizwärmebedarf der

Referenzwohnung. Der Klimakältebedarf hingegen ist etwa 40 % - 45 % niedriger, ausser im heutigen medianen Referenzjahr, in dem der Klimakältebedarf praktisch gleich Null ist.

Insgesamt hat der Klimawandel geringere Auswirkungen auf die Wohnung «Neubau hybrid», da der Klimakältebedarf in Zukunft weniger stark ansteigt und 30 % niedriger als der Heizwärmebedarf in einem zukünftigen warmen Jahr liegt. Bei der Referenzwohnung ist der Einfluss des Klimawandels deutlicher erkennbar, weshalb im Rahmen dieser Studie die Wohnung des Gebäudes «Neubau massiv» als Referenz gewählt wurde. Zudem ist eine nach zwei Seiten ausgerichtete Wohnung deutlich häufiger anzutreffen und somit repräsentativer.

### 5.2.1.5 Einfluss des Bausystems

Das Bausystem spielt eine wichtige Rolle für das thermische Verhalten des Gebäudes. Die Strategie die Nachtauskühlung mit der Wärmespeicherfähigkeit der Bauelemente zu kombinieren - um Wärme in Materialien zu speichern, die in Kontakt mit der Raumluft stehen - kann den Klimakältebedarf eines Gebäudes reduzieren.

Um den Einfluss des Bausystems auf den Energiebedarf der Referenzwohnung bewerten zu können, wurde die gleich Wohnung im «Neubau massiv» mit einer Hybridbauweise verglichen. Der «Neubau massiv» hat eine Stahlbetonstruktur, eine Backsteinfassade und Betonböden mit einem Unterlagsboden für die Fussbodenheizung. Für die Hybridbauweise wurde eine Holzbaukonstruktion mit hochdichten hölzernen Oberflächenschlussbearbeitungen und einem Unterlagsboden für die Fussbodenheizung angenommen. Abbildung 33 zeigt den Heizwärme- und Klimakältebedarf der Wohnungen mit unterschiedlichen Bauweisen.

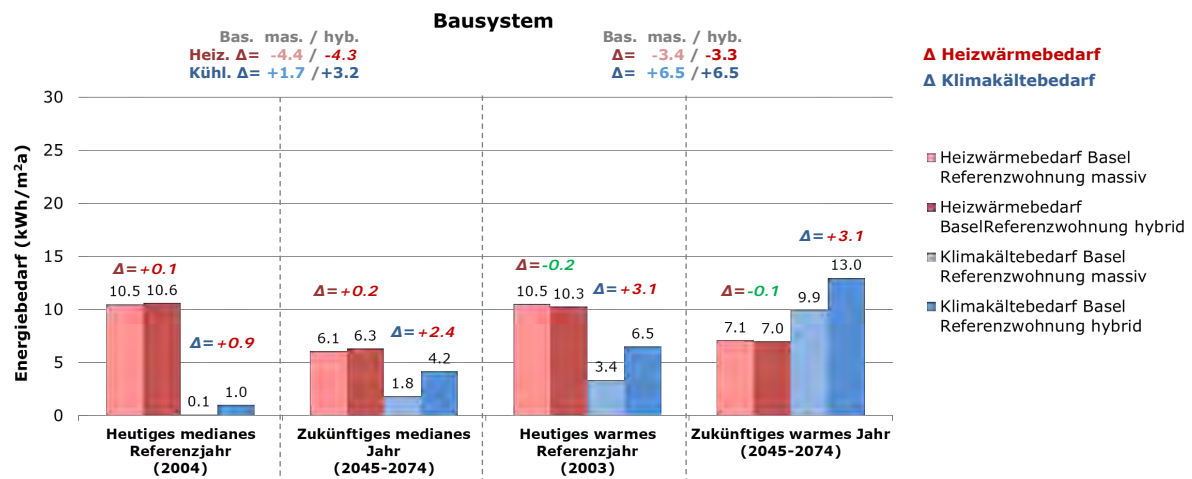


Abbildung 33: Heizwärme- und Klimakältebedarf der Referenzwohnung mit einem Massivbausystem und der Referenzwohnung mit einem Hybridbausystem in Basel heute und in Zukunft.

Durch die Hybridbauweise wird der Klimakältebedarf im Sommer heute und in Zukunft deutlich steigen, was insbesondere angesichts des Klimawandels zu beachten ist. In einem warmen Zukunftsjahr wird der Klimakältebedarf mit diesem Bausystem fast doppelt so hoch sein wie der

Heizwärmebedarf. Im Gegensatz dazu ermöglicht das Hybridsystem in einem wärmeren zukünftigen Klima gleichzeitig eine leichte Senkung des Heizwärmebedarfs. Dies ist insbesondere darauf zurückzuführen, dass an lauwarmen Tagen morgens nur eine geringe Heizwärmemenge benötigt wird, bevor die solaren Wärmeerträge den Bedarf des Gebäudes decken können. Bei einer Massivbauweise hingegen sind die Elemente aufgrund der höheren Masse träger und benötigen länger, um sich aufzuwärmen.

Für die Studie wurde ein «Neubau massiv» als Referenz gewählt, da diese Bauweise in Schweizer Wohngebäuden am häufigsten vorkommt.

### 5.2.1.6 Einfluss des Geschosses

Die Tageslichtversorgung im Innenraum hängt stark mit der Lage der Wohnung im Gebäude zusammen: Um diesen Einfluss zu analysieren, wurde Zimmer 1 (Abbildung 6 in Abschnitt 4.2.2.2) auf verschiedenen Geschossen des Gebäudes simuliert. Dabei wurden die umliegenden Gebäude gemäss Abschnitt 4.2.2.3 mitberücksichtigt.

Tabelle 16: Ergebnisse zum Tageslichtquotienten und zur Besonnungsdauer gemäss SN EN 17037:2019 im Zimmer 1 in den verschiedenen Geschossen unter Berücksichtigung der umliegenden Gebäude; grau hinterlegte Werte erfüllen die Anforderungen nicht.

		Tageslichtquotient			Besonnungsdauer	
		100%	50%	Stufe	Stunden	Stufe
<b>DG</b>	Zimmer 1 Ost	0.8	2.1	Gering	3.5 h	Mittel
	Zimmer 1 Süd				9 h	Hoch
	Zimmer 1 West				4 h	Hoch
	Zimmer 1 Nord				0 h	Ungenügend
<b>2. OG</b>	Zimmer 1 Ost	0.4	1.5	Ungenügend	3 h	Mittel
	Zimmer 1 Süd				9 h	Hoch
	Zimmer 1 West				3 h	Mittel
	Zimmer 1 Nord				0 h	Ungenügend
<b>1. OG</b>	Zimmer 1 Ost	0.3	0.8	Ungenügend	2 h	Gering
	Zimmer 1 Süd				9 h	Hoch
	Zimmer 1 West				2.5 h	Gering
	Zimmer 1 Nord				0 h	Ungenügend
<b>EG</b>	Zimmer 1 Ost	0.3	0.7	Ungenügend	1.5 h	Gering
	Zimmer 1 Süd				9 h	Hoch
	Zimmer 1 West				2 h	Gering
	Zimmer 1 Nord				0 h	Ungenügend

Tabelle 16 zeigt, dass nur im obersten Geschoss die Vorgabe der Norm erfüllt und dort auch nur die Stufe «gering» erreicht wird. Der gleiche Raum erfüllt in allen übrigen Geschossen die Anforderungen nicht. Dies lässt den Rückschluss zu, dass das Erreichen der Vorgaben der Norm in Bezug auf das Kriterium Tageslichtversorgung im innerstädtischen Kontext kaum erreichbar ist.



Weiter ist ersichtlich, dass das Erreichen der Tageslichtversorgung bei den tieferen Geschossen anspruchsvoller ist.

Auch auf die Besonnungsdauer hat die Geschossposition einen Einfluss. Die umliegenden Gebäude verringern im Zimmer 1 mit Ost- und Westausrichtung zu Tagesbeginn bzw. am Ende des Tages die Besonnungsdauer. Im EG und 1. OG wird die Stufe «gering», im 2.OG die Stufe «mittel» und im DG die Stufe «mittel» bis «hoch» (Tabelle 16 und Abbildung 34) erreicht. Es gilt also auch hier: Je tiefer das Geschoss, desto geringer die Besonnungsdauer und desto höher ist der Einfluss der umliegenden Gebäude. Bei der Nordorientierung hat das Geschoss keinen Einfluss auf die Besonnungsdauer nach SN EN 17037:2019 [3], da es hier ohnehin zu keiner Besonnung kommt. Bei einer Südausrichtung können umliegende Gebäude einen Einfluss auf die Besonnungsdauer haben. In unserem Referenzobjekt ist dies unter den gewählten Parametern jedoch nicht der Fall.

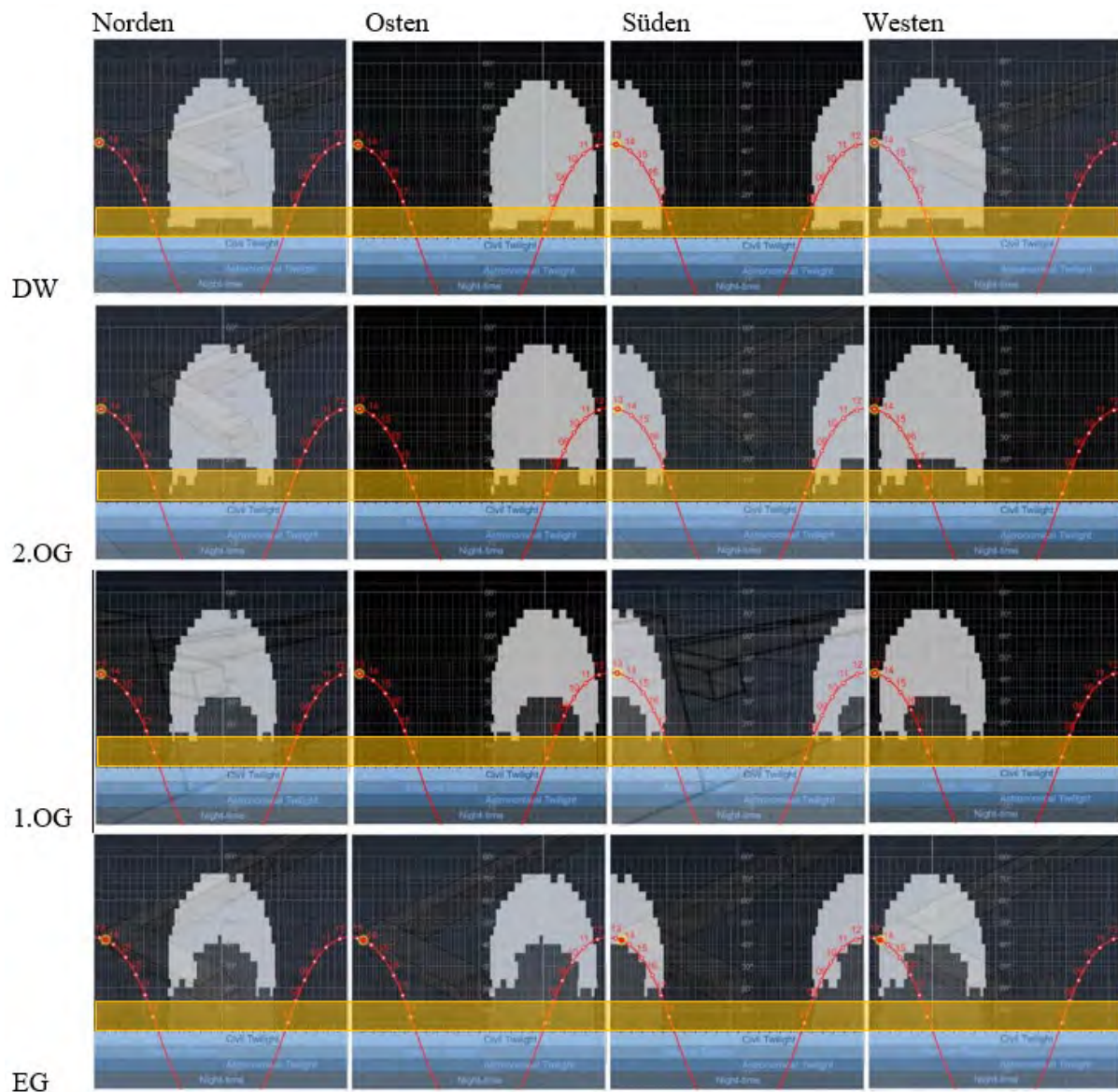


Abbildung 34: Grafiken der Besonnungsdauer gemäss «AndrewMarsh» im Zimmer 1 in den verschiedenen Geschossen unter Berücksichtigung der umliegenden Gebäude.

Die Aussicht ist für unterschiedliche Geschosse verschieden. Anhand des «No-Sky-Line- und No-Ground-Line-Konzepts» wurde Zimmer 1 in unterschiedliche Bereiche  $a_{\text{Ebene}}$  (mit Ebene = Landschaft (L), Landschaft und Himmel oder Boden (LH oder LB), Landschaft und Himmel und Boden (LHB)) aufgeteilt (Abbildung 35). Diese Analyse zeigt, dass sich die Horizontale der Augenhöhe ( $e = 1.2 \text{ m}$ ) nicht in allen Geschossen sowohl mit der «No-Sky-Line» als auch mit der «No-Ground-Line» im Rauminneren schneidet. In den Geschossen, für welche es nur zu einem Schnittpunkt kommt, sind immer mindestens zwei Ebenen sichtbar. Welchen Anteil des Raumes welchen Bereich in den unterschiedlichen Geschossen einnimmt, ist in Tabelle 17 zusammengefasst.

Mit Bezug auf die SN EN 17037:2019 [3] bedeutet dies:

- In der Dachwohnung sind in 93 % des Raumes zwei Ebenen sichtbar, was der **Stufe «mittel»** entspricht.
- Im 2. OG sind in 56 % des Raumes zwei Ebenen und in 69 % mindestens zwei Ebenen sichtbar, was für die Stufe «mittel» nicht ausreicht (gemäss SN EN 17037:2019 sollte es mindestens 75 % des genutzten Bereichs sein), womit es der **Stufe «gering»** entspricht.
- Im 1. OG sind in 4 % des Raumes zwei Ebenen und in 34 % mindestens zwei Ebenen sichtbar, was wiederum der **Stufe «gering»** entspricht.
- Im EG sind in 79 % des Raumes zwei Ebenen sichtbar, was der **Stufe «mittel»** entspricht.

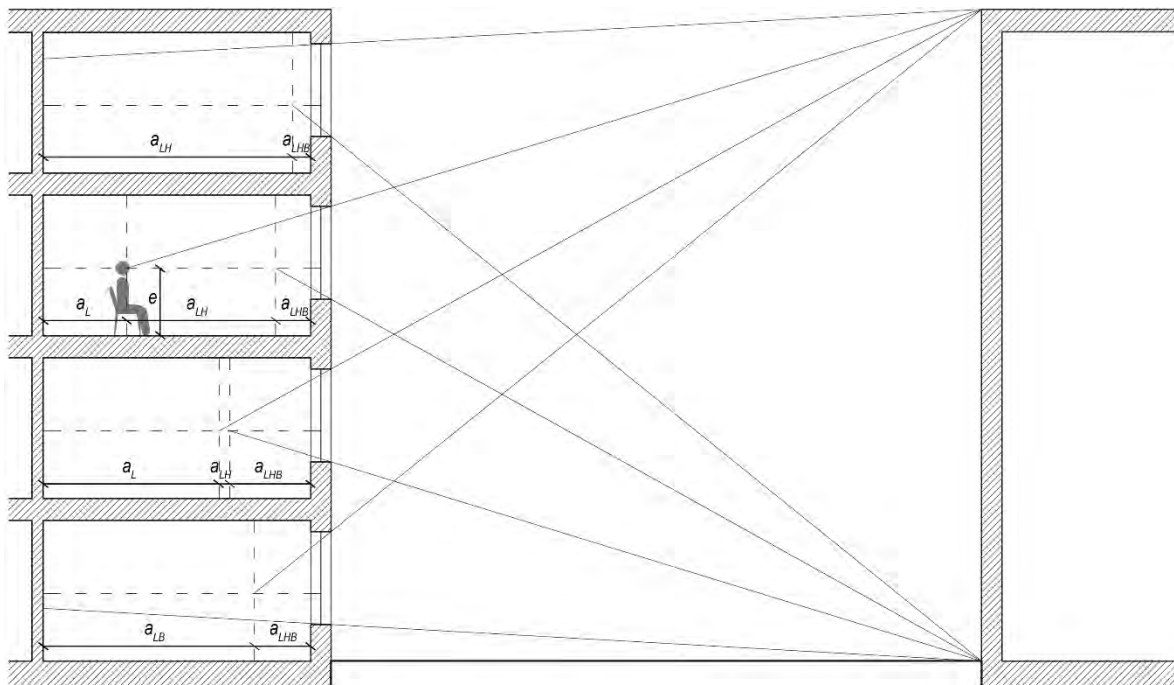


Abbildung 35: Grafische Darstellung der Aussicht in unterschiedlichen Geschossen anhand des «No-Sky-Line- und No-Ground-Line-Konzepts»



Tabelle 17: Unterschiedliche Bereiche der Aussicht in unterschiedlichen Geschossen anhand des «No-Sky-Line- und No-Ground-Line-Konzepts»

Geschoss	Bereich mit nur Ebene «Landschaft»		Bereich mit zwei Ebenen, d.h. «Landschaft» und «Himmel» oder «Boden»		Bereich mit drei Ebenen, d.h. «Landschaft» und «Himmel» und «Boden»		Stufe gemäss SN EN 17037
	in m	Anteil des Raums	in m	Anteil des Raums	in m	Anteil des Raums	
Dachwohnung	0	0%	4,44	93%	0,32	7%	Mittel
2. OG	1,48	31%	2,65	56%	0,63	13%	Gering
1. OG	3,13	66%	0,19	4%	1,44	30%	Gering
EG	0	0%	3,75	79%	1.01	21%	Mittel

### 5.2.1.7 Einfluss der Raumgeometrie

Die Raumgeometrie hat einen hohen Einfluss auf den Tageslichtquotienten im Gebäude. Um diese Varianz zu analysieren, wurde ein Vergleich zwischen Zimmer 1 und Zimmer 2 der Referenzwohnung vorgenommen:

- Zimmer 1: Raumtiefe: 4.77 m | Breite: 3.00 m | Höhe: 2.50 m
- Zimmer 2: Raumtiefe: 3.52 m | Breite: 4.25 m | Höhe: 2.50 m
- Fenster: Breite: 2.6 m | Höhe: 1.65 m | analog für Zimmer 1 und 2

In den Abschnitten 5.2.1.3 und 5.2.1.6 konnte bereits festgestellt werden, dass der Tageslichtquotient im Zimmer 1 im 2. OG unter Berücksichtigung der umliegenden Gebäude trotz einem bereits recht hohen Fensterflächenanteil ungenügend ist. Dies ist u.a. mit der erheblichen Raumtiefe zu begründen: Selbst bei einer 100 % verglasten Fassade würde der Tageslichtquotient in diesem Raum unter Berücksichtigung der umliegenden Gebäude nur die Stufe «gering» erreichen. Auch bei einer 100 % verglasten Fassade und ohne die Verschattung durch umliegende Gebäude (3. OG) könnte lediglich die Stufe «gering» erreicht werden. Deutlich wird hier der Einfluss der Raumgeometrie auf den Tageslichtquotienten im Gebäude.

Zimmer 2 weist eine geringere Tiefe und eine höhere Breite des Raumes auf, verglichen mit Zimmer 1. Tabelle 18 zeigt die Ergebnisse für die Tageslichtversorgung in diesen Räumen. Deutlich erkennbar ist, dass im Zimmer 2 im 2. OG unter Berücksichtigung der umliegenden Gebäude bereits die Stufe «gering» erreicht werden kann. Die Raumgeometrie hat somit einen Einfluss: Je tiefer der Raum, desto geringer der Tageslichtquotient.

Die Tageslichtversorgung von Zimmer 2 im EG sowie im 1. OG bleibt jedoch trotz einer günstigeren Raumgeometrie aufgrund der umliegenden Gebäude ungenügend. Dies zeigt insbesondere, wie schwierig es ist aufgrund der umliegenden Gebäude die Anforderungen der Norm zu erfüllen, selbst wenn die Proportionen des Raumes günstig sind. Erst mit einer 100 % verglasten Fassade in Zimmer 2 wird im 2. und 3. OG die Stufe «mittel» und im 1. OG und EG die Stufe «gering» erreicht.

Tabelle 18: Ergebnisse zum Tageslichtquotient gemäss SN EN 17037:2019 im Zimmer 2 (links) und im Zimmer 1 (rechts) in den verschiedenen Geschossen unter Berücksichtigung der umliegenden Gebäude; grau hinterlegte Werte erfüllen die Anforderungen nicht.

		Tageslichtquotient (Zimmer 2)			Tageslichtquotient (Zimmer 1)		
		100%	50%	Stufe	100%	50%	Stufe
<b>DG</b>	Zimmer Ost	1.4	3.0	Gering	0.8 (Vorgabewert)	2.1	Gering
	Zimmer Süd						
	Zimmer West						
	Zimmer Nord						
<b>2. OG</b>	Zimmer Ost	0.9	2.4	Gering	0.4	1.5	Ungenügend
	Zimmer Süd						
	Zimmer West						
	Zimmer Nord						
<b>1. OG</b>	Zimmer Ost	0.6	1.5	Ungenügend	0.3	0.8	Ungenügend
	Zimmer Süd						
	Zimmer West						
	Zimmer Nord						
<b>EG</b>	Zimmer Ost	0.5	0.9	Ungenügend	0.3	0.7	Ungenügend
	Zimmer Süd						
	Zimmer West						
	Zimmer Nord						

Die Raumgeometrie hat ebenso einen Einfluss auf die Beurteilung der Aussicht. Je tiefer der Raum, desto schwieriger ist es, von mehr als 75 % der genutzten Fläche mehr als eine Ebene zu sehen. Auch wird der horizontale Sichtwinkel mit zunehmender Raumtiefe kleiner.

Im Rahmen der Simulationen wurde Zimmer 1 als Referenzraum gewählt, da dieser aufgrund der grösseren Raumtiefe höhere Anforderungen an die Tageslichtversorgung im Gebäude und die Aussicht stellt als Zimmer 2 (Tabelle 18).

### 5.2.1.8 Einfluss der Wärme- und Kälteerzeugung

Die Erzeugung von Wärme und Kälte erfolgt durch eine Luft-Wasser-Wärmepumpe mit einem COP von 3.5 und einem EER von 3.0 (Abschnitten 4.2.4.1 und 4.2.4.2). Dies bedeutet, dass die für die Erzeugung von 1 kWh Wärme benötigte Endenergie geringer ist als die für die Erzeugung von 1 kWh Kälte benötigte Energie. Die Wärmeerzeugung ist somit in diesem Fall effizienter als die Kälteerzeugung. Diese Annahme hat einen Einfluss auf die gezeigten Ergebnisse für die Endenergie, da diese sowohl die Wärme- als auch die Kälteerzeugung beinhalten.

Auf einen Vergleich mit unterschiedlichen Energieträgern für die Wärme- und Kälteerzeugung wurde aufgrund der Vielfalt der Möglichkeiten und der allgemeinen Tendenz zur Elektrifizierung der Systeme verzichtet. Die Auswahl der Energieträger ist jedoch für die effektiv notwendige (nicht

erneuerbare) Primärenergie und die Treibhausgasemissionen für den Betrieb des Gebäudes entscheidend, wie das folgende Beispiel zeigt: Im Falle einer fossilen Wärmeerzeugung (z. B. Heizöl) beträgt der Treibhausgaskoeffizient 0.301 kg CO<sub>2</sub>-eq / kWh Endenergie [17]. Wird dieses System mit einem effizienten Kühlsystem (z. B. mit einer Kältemaschine mit einem EER von 5.0, bei Strom aus dem CH-Verbrauchermix mit einem Treibhausgaskoeffizienten von 0.102 kg CO<sub>2</sub>-eq / kWh Endenergie [17] kombiniert, hat die Heizung eine viel höhere Gewichtung bei der Berechnung der ganzjährigen Treibhausgasemissionen.

### 5.2.1.9 Einfluss des Nutzerverhaltens

Das Nutzerverhalten ist ein zentrales Element zur Vermeidung von Überhitzung im Gebäudeinneren. Eine optimale Bedienung der Sonnenschutzelemente sowie ein gutes Lüftungsverhalten (Nachtauskühlung) hat sowohl heute als auch in Zukunft einen entscheidenden Einfluss auf den thermischen Komfort und die Energieeffizienz.

### Bedeutung des Sonnenschutzes

Abbildung 36 zeigt den Einfluss zwei verschiedener Nutzungen des Sonnenschutzes. Der Sonnenschutz wurde aktiviert, wenn die Sonneneinstrahlung auf der entsprechenden Fassade 150 W/m<sup>2</sup> übersteigt. In einer Variante wurde der Sonnenschutz zu 2/3 (Abschnitt 4.2.2.4) und in einer zweiten Variante zu 100 % geschlossen angenommen. In beiden Varianten wurde eine zusätzliche Steuerung eingerichtet, um die Aktivierung des Sonnenschutzes im Winter zu verhindern, wenn solare Gewinne vorteilhaft sind, d.h. wenn der gleitende Mittelwert der Aussentemperatur über 48 Stunden höher liegt als die untere Grenze des Behaglichkeitsbereichs gemäss SIA 180:2014 [10] (Abbildung 2).

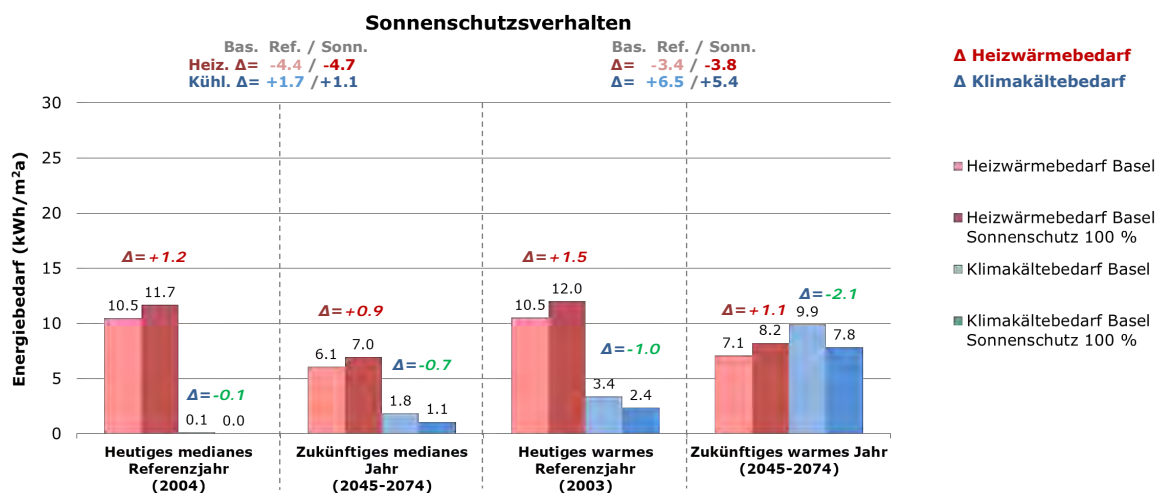


Abbildung 36: Heizwärme- und Klimakältebedarf der Wohnung in Basel unter Berücksichtigung verschiedener Nutzungen des Sonnenschutzsystems heute und in Zukunft.

Wird der Sonnenschutz zu 100 % geschlossen, führt dies zu einer Senkung des Klimakältebedarfs sowie gleichzeitig zu einer Erhöhung des Heizwärmebedarfs. Nur in einem zukünftigen warmen Jahr ist die Senkung des Klimakältebedarfs grösser als die Erhöhung des Heizwärmebedarfs. Die Erhöhung des Heizwärmebedarfs kann vermieden werden, indem die Verwendung eines Sonnenschutzes im Winter einschränkt oder eine andere Kontrollstrategie als im Sommer angewandt wird. Unter heutigen Klimabedingungen bleibt der Heizwärmebedarf höher als der Klimakältebedarf. Eine optimale Bedienung des Sonnenschutzes (100 % geschlossen) wird jedoch insbesondere unter künftigen Klimabedingungen unabdingbar sein.

Ein zu 2/3 geschlossener Sonnenschutz wirkt sich allerdings negativ auf die Tageslichtversorgung des Raumes aus, v.a. wenn der Sonnenschutz – wie in unserem Beispiel – von oben nach unten fährt, da dies dem Raum das Licht in der Tiefe entzieht. Zusätzlich ist die Aussicht in Hinblick auf die Anzahl sichtbarer Ebenen beeinträchtigt. Hinsichtlich der Tageslichtversorgung wären Sonnenschutzelemente, welche von unten nach oben geschlossen werden, empfehlenswert. Würde dieser Sonnenschutz nur zu 2/3 geschlossen, könnte durch den Lichteinfall im oberen Teil des Fensters eine bessere Tageslichtversorgung in der Raumtiefe erfolgen.

Ein 100 % geschlossener Sonnenschutz nimmt dem Raum sowohl die Tageslichtversorgung als auch die Aussicht.

Rafflamellenstoren bieten den Vorteil, dass der Winkel der Lamellen veränderbar ist. Dadurch kann die Aussicht in vielen Fällen wiederhergestellt werden. Eine Umlenkung des Lichts in die Raumtiefe schaffen Standardsysteme kaum. Selbst weisse Lamellen ermöglichen nur eine geringe Lichtumlenkung. Weiterhin kommt dieser Farbton aufgrund der hohen Schmutzempfindlichkeit nur selten zum Einsatz.

In diesem Bericht wurde mit einem von oben nach unten schliessendem Sonnenschutz gearbeitet, da ein Grossteil der beweglichen Sonnenschutzsysteme so funktionieren. Der Sonnenschutz wurde als zu 2/3 geschlossen angenommen, wenn die Sonneneinstrahlung auf die entsprechende Fassade 150 W/m<sup>2</sup> übersteigt (Abschnitt 4.2.2.4). Dadurch soll ein mittlerer Fall abgebildet werden. Der Nutzer spielt eine entscheidende Rolle. Es kann jedoch nicht davon ausgegangen werden, dass der Nutzer den Sonnenschutz immer ideal bedient.

### **Einfluss des Lüftungsverhaltens**

Natürliche Lüftung ist eine Strategie der passiven Kühlung, die einen sehr wichtigen Einfluss auf das thermische Verhalten des Gebäudes hat. Im Bericht wurde die natürliche Lüftung von 22:00 Uhr bis 06:00 Uhr simuliert (Abschnitt 4.2.2.5). Um den Einfluss des Lüftungsverhaltens zu untersuchen, wurde eine zusätzliche Simulation mit folgenden Annahmen durchgeführt: In der Variation wurde eine natürliche Lüftung von 6:00 Uhr bis 07:00 Uhr und von 18:00 Uhr bis 22:00 Uhr angenommen, wenn  $T_{AUL} < T_{RAL}$  &  $T_{RAL} > 22$  °C.

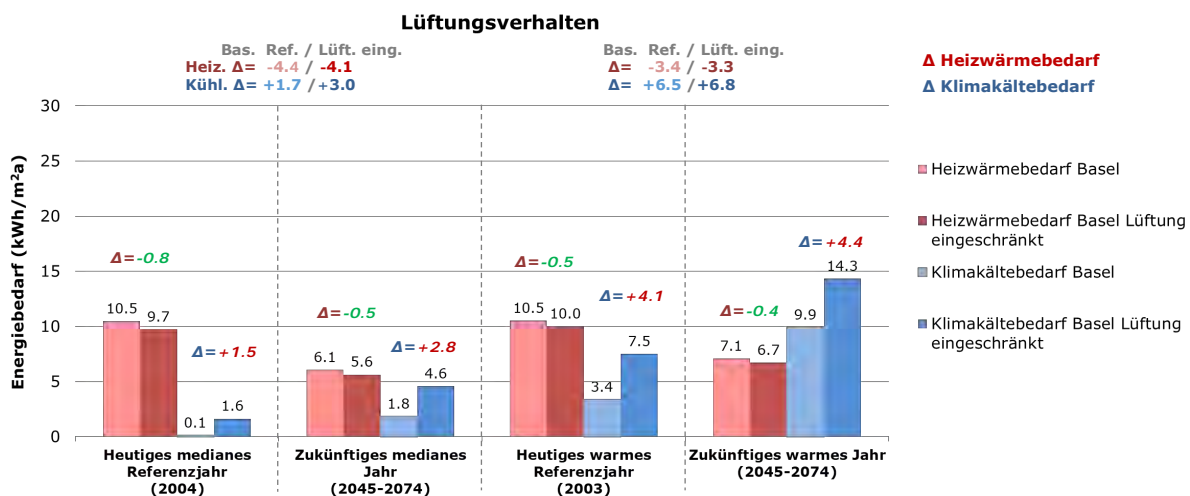


Abbildung 37: Heizwärme- und Klimakältebedarf der Wohnung in Basel unter Berücksichtigung verschiedener Lüftungsverhalten heute und in Zukunft.

Vergleicht man die beiden Annahmen der natürlichen Lüftung, so zeigt sich, dass die natürliche Lüftung während der ganzen Nacht für einen geringeren Klimakältebedarf sorgt als im Falle einer eingeschränkten Lüftung. Im heutigen medianen Referenzjahr (2004) führt die Begrenzung der natürlichen Lüftung in der Nacht zu einer signifikanten Steigerung des Klimakältebedarfs um mehr als das 15-fache. Betrachtet man die Auswirkungen des Klimawandels, so führt die Begrenzung der Lüftung zu einem zusätzlichen Anstieg des Kühlbedarfs, der in einem zukünftigen medianen Jahr 75 % des Heizwärmebedarfs entspricht und sich in einem zukünftigen warmen Jahr mehr als verdoppelt.

Im Rahmen der Studie wurde eine natürliche Lüftung während der ganzen Nacht angenommen (Abschnitt 4.2.2.5), womit ein mittlerer Fall abgebildet wird. Im Idealfall sollte die natürliche Lüftung nicht an einen Zeitplan gebunden sein und immer dann stattfinden, wenn die Aussenlufttemperatur tiefer ist als die Raumtemperatur (Sommerlicher Wärmeschutz).

### Gebäudeautomation im Wohnungsbau

Es wird deutlich, dass die Bedienung des Sonnenschutzes sowie das Lüftungsverhalten einen bedeutenden Einfluss auf die Energieeffizienz und die thermische Behaglichkeit im Gebäude hat. Diese beiden zentralen Elemente werden angesichts des Klimawandels weiter an Bedeutung gewinnen, weshalb eine korrekte Bedienung sichergestellt werden muss. Da es den idealen Nutzer nicht gibt, sollte die Gebäudeautomation – insbesondere in Zukunft – auch im Wohnungsbau eine wichtige Rolle einnehmen. Sie sollte bei der Planung künftiger Gebäude berücksichtigt und gemeinsam mit der Bauherrschaft besprochen werden.

## 5.2.2 Ergebnisse der Parameterstudie

**Vorbemerkung:** Die Simulationen wurden anhand der unter Abschnitt 4.2.2 und 5.2.1 festgelegten Rahmenbedingungen durchgeführt, was bei der Interpretation der Resultate zu berücksichtigen ist. Die Ergebnisse wären anders, wenn bspw. die umliegenden Gebäude nicht berücksichtigt werden würden. Insbesondere feste und bewegliche Sonnenschutzelemente können effizienter sein, wenn es keine Verschattung durch die Nachbarbebauungen gibt.

Für die nachfolgenden Simulationen wurden ein typisches warmes Jahr aus der heutigen Referenzperiode „1995“ (1980-2009) und ein prognostiziertes warmes Jahr aus der künftigen Periode „2060“ untersucht. Die warmen Klimaszenarien wurden gewählt, um einen mittleren Fall abzubilden. Aufgrund der Analyse eines städtischen Kontexts (Verschattungen), werden die solaren Wärmelasten bereits gemindert, was sich positiv auf die Überhitzung im Gebäude auswirkt. Bei einem freistehenden Gebäude (ohne Verschattung durch andere geografische Gegebenheiten, wie bspw. Berge etc.) könnte es somit viel schnell zu Hitzeproblemen kommen.

### 5.2.2.1 Orientierung der Fensterflächen

#### Fragestellung

Dass die Orientierung der Fensterflächen heute und in Zukunft einen entscheidenden Einfluss auf den Energiebedarf sowie die Behaglichkeit im Gebäude hat, wurde bereits in der Studie «ClimaBau» [2] untersucht. Nach Süden, Osten und Westen orientierte Fensterflächen erhalten deutlich mehr solare Wärmeerträge als ein nach Norden ausgerichtetes Fenster. Dabei stellt sich die Frage, ob ein Nordfenster in Zukunft an Bedeutung gewinnen wird, da aufgrund des Klimawandels ein Anstieg des Klimakältebedarfs oder der Überhitzungsstunden im Sommer zu erwarten ist. Diese Aussage gilt es gleichzeitig in Relation zur Gesamtenergiebilanz zu betrachten sowie die Auswirkungen der Orientierung auf die Tageslichtversorgung zu untersuchen. Kann ein nach Norden orientiertes Fenster die Kriterien der Norm SN EN 17037:2019 [3] überhaupt erfüllen?

#### Beschrieb

In der **Referenz** sind die Zimmer nach Osten orientiert, der Wohnbereich ist hauptsächlich nach Süden ausgerichtet, besitzt aber auch ein Fenster und eine Balkontür nach Osten (Abbildung 38). Um den Einfluss der Orientierung auf die Energiebilanz, den thermischen Komfort sowie die Tageslichtversorgung zu untersuchen, wurden die nachfolgenden Optionen analysiert:

**Referenz:** Fensterflächen: Wohnbereich nach S (Hauptorientierung), Zimmer 1 nach O

**Option 1:** Fensterflächen: Wohnbereich nach W (Hauptorientierung), Zimmer 1 nach S

**Option 2:** Fensterflächen: Wohnbereich nach N (Hauptorientierung), Zimmer 1 nach W

**Option 3:** Fensterflächen: Wohnbereich nach O (Hauptorientierung), Zimmer 1 nach N

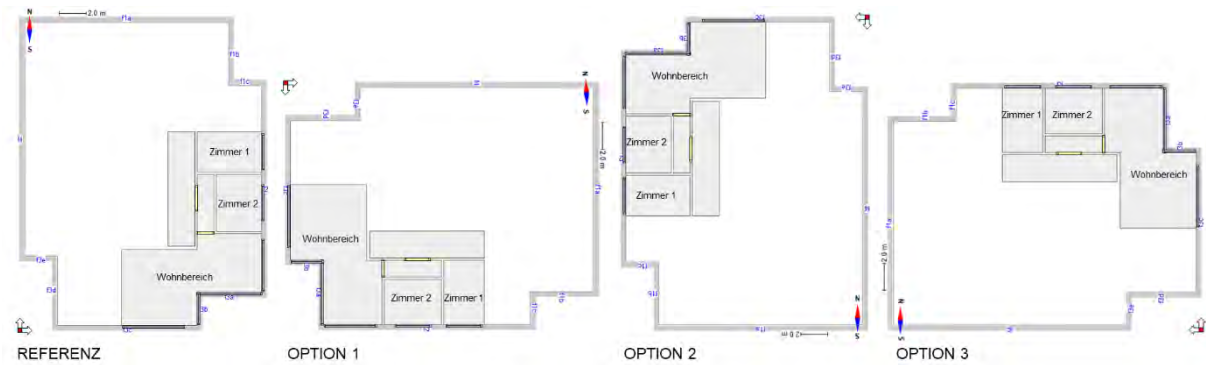


Abbildung 38: Parametervariationen für die Orientierung der Fensterflächen.

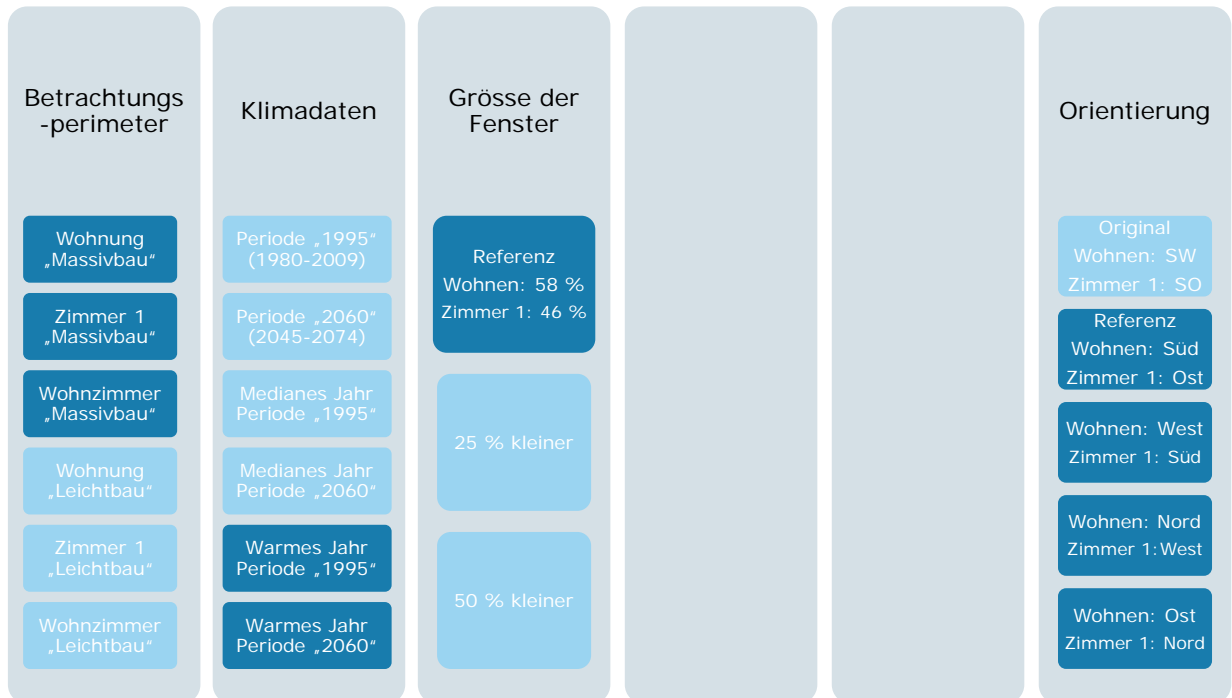


Abbildung 39: Übersichtsmatrix zu den kombinierten Simulationsparametern hinsichtlich der Orientierung der Fenster.

### Energie und thermische Behaglichkeit

**Anmerkung:** Die energetische Betrachtung erfolgte auf Wohnungsebene, wobei folgende Ausgangslage bei der Analyse berücksichtigt wurde: Die Fensterfläche an der Fassadenseite der Zimmer ist mit 40.9 m<sup>2</sup> insgesamt grösser als die der Hauptfassade des Wohnbereichs (36.9 m<sup>2</sup>). Ebenso besitzt die Referenzwohnung bereits eine Loggia, welche die solaren Erträge (direkte Sonneneinstrahlung) einiger Fensterflächen des Wohnbereichs bereits reduzieren: 21.9 m<sup>2</sup> der Fensterflächen sind Balkontüren und durch die Balkonplatte verschattet. Dementsprechend sind die grössten Wärmeenerträge (direkte Sonneneinstrahlung) über die Fassadenseite der Zimmer zu erwarten. Gleichzeitig ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Fläche des Wohnbereichs fast doppelt so gross ist wie die Fläche der Zimmer, wodurch die Ergebnisse für den Wohnbereich mehr

Gewichtung in der Gesamtenergiebilanz der Wohnung erhalten. Weiter zu beachten gilt, dass solare Wärmeerträge zum einen durch diffuse Strahlung (alle Orientierungen, ganztags) als auch durch direkte Sonneneinstrahlung (je nach Orientierung und Sonnenstand) in das Gebäude gelangen können.

Abbildung 40 und Abbildung 41 zeigen die Resultate für den Heiz- und Klimakältebedarf sowie die zu erwartenden Überhitzungsstunden heute und in Zukunft für die verschiedenen Orientierungen auf Wohnungsebene. Anhand dieser Grafiken und Tabellen lassen sich die nachfolgenden Kernaussagen hinsichtlich Energie und thermischer Behaglichkeit definieren.

#### Heutiges warmes Referenzjahr

- Heizwärmebedarf: Die optimale Orientierung für die Wintermonate ist eine Süd-Ost-Ausrichtung («Referenz») bzw. eine Süd-West-Ausrichtung («Option 1») der Wohnung.
- Klimakältebedarf: Hinsichtlich des Klimakältebedarfs ist eine Nord-West-Ausrichtung der Wohnung vorzuziehen. Insgesamt sind die Unterschiede zwischen den Varianten aber geringer als die für den Heizwärmebedarf.
- Endenergieverbrauch<sup>11</sup>: Auf das ganze Jahr betrachtet, schneidet eine Süd-West-Ausrichtung der Wohnung («Option 1») am besten ab.
- Thermische Behaglichkeit: In Bezug auf die Anzahl Überhitzungsstunden schneidet die Süd-Ost-Ausrichtung («Referenz») im Mittel schlechter ab als die übrigen Varianten (nur geringfügige Differenzen im Mittel).

#### Zukünftiges warmes Jahr

- Angesichts des Klimawandels wird der Heizwärmebedarf künftig sinken, der Klimakältebedarf jedoch stark ansteigen. In den Varianten «Referenz» (Süd-Ost-Ausrichtung) und «Option 1» (Süd-West-Ausrichtung) wird der Klimakältebedarf den Heizwärmebedarf sogar übersteigen. In «Option 2» (Nord-West-Ausrichtung) und «Option 3» (Nord-Ost-Ausrichtung) wird sich der Klimakältebedarf dem Heizwärmebedarf annähern.
- Endenergieverbrauch: Auf das ganze Jahr betrachtet, schneidet eine Süd-West-Ausrichtung der Wohnung («Option 1») auch in Zukunft am besten ab.
- Thermische Behaglichkeit: Angesichts der Anzahl Überhitzungsstunden werden die Unterschiede durch den Klimawandel ebenso verstärkt. Eine Süd-Ost-Orientierung («Referenz») ist bezogen auf den thermischen Komfort weiterhin am ungünstigsten. «Option 2» (Nord-West-Ausrichtung) schneidet im Mittel bei den Varianten am besten ab. «Option 3» mit einer Nord-Ost-Ausrichtung der Wohnung schneidet im Vergleich zur «Referenz» nur geringfügig besser ab.
- Prozentual betrachtet, nimmt der Einfluss der Orientierung auf die Anzahl der Überhitzungsstunden ab. Diese Aussage gilt es aber zu relativieren: Ein Raum gilt als «überhitzt», sobald der Grenzwert nach SIA 180:2014 (Abbildung 2) überschritten wird.

---

<sup>11</sup> Die Ergebnisse für die Endenergie berücksichtigen sowohl Heizwärme-, Klimakälte- als auch den Elektrizitätsbedarf für Beleuchtung. Die Simulationsergebnisse befinden sich im Anhang 9.6.1.1. Auf eine grafische Aufbereitung dieser Ergebnisse wurde verzichtet, da diese stark variieren können je nach Systemwahl.



Vergleicht man die max. empfundenen Temperaturen in den einzelnen Räumen unter heutigen und künftigen Klimabedingungen wird deutlich, dass die Innenraumtemperaturen zukünftig z.T. deutlich höher sein werden, wodurch sich die Behaglichkeit in den Räumen weiterhin verschlechtern würde.

Bei nur **einer Orientierung** der Fassade können folgende Aussagen festgehalten werden:

- Die ideale Orientierung für die Wintermonate ist eine Südausrichtung, für die Sommermonate eine Nordausrichtung der Räume – heute und in Zukunft. Auf den Endenergieverbrauch bezogen ist eine Süd-Orientierung weiterhin am effizientesten.
- Der Parameter «Orientierung» hat **bei einer adäquaten Bedienung des Sonnenschutzes** einen grösseren Einfluss auf den Heizwärmebedarf (solare Wärmegewinne im Winter) als auf den Klimakältebedarf (solare Lasten) – heute und in Zukunft. **Ohne Sonnenschutz** würde der Klimakältebedarf viel wichtiger werden.
- Was ist bei einer Orientierung nach Osten oder Westen zu empfehlen? Bei einer **adäquaten Nutzung des Sonnenschutzes** schneidet eine Orientierung nach **Westen** besser ab, da der Heizwärmebedarf im Osten grösser als der im Westen ist, gleichzeitig ist die Reduzierung des Klimakältebedarfs geringer als die Erhöhung des Heizwärmebedarfs. **Ohne Sonnenschutz** hingegen wäre eine Orientierung nach **Osten** vorzuziehen – Dabei würde der Heizwärmebedarf zwar ansteigen, jedoch ist die Differenz beim Klimakältebedarf - und somit auch die Differenz bei der Anzahl Überhitzungsstunden - viel höher und ausschlaggebend.
- Im Hinblick auf die Anzahl Überhitzungsstunden ist eine Orientierung der Räume nach Norden optimal – insbesondere in Zukunft. An dieser Stelle ist festzuhalten, dass der Nutzer eine entscheidende Rolle spielt: Bei einer guten natürlichen Lüftung (Nachtauskühlung) und einer adäquaten Bedienung des Sonnenschutzes kann heute i.d.R. ein angenehmes Wohnraumklima in allen Orientierungen garantiert werden. Künftig kann es jedoch sein, dass ein adäquates Nutzerverhalten allein nicht mehr ausreicht und es trotzdem vereinzelt zu Überhitzung im Gebäudeinneren kommen kann.

Bei einer **zweiseitigen Orientierung** der Fassade (Eckwohnung) gelten nachfolgende Aussagen:

- Für die Referenzwohnung ist eine Süd-West-Orientierung («Option 1») heute und in Zukunft in der Gesamtbilanz am besten (mit adäquater Nutzung des Sonnenschutzes). Auch ohne Sonnenschutz würde diese Variante bspw. im Vergleich zu einer Nord-Ost-Fassade weiterhin zu empfehlen sein, da aufgrund der geringeren solaren Wärmeerträge der Heizwärmebedarf den Klimakältebedarf weiterhin übersteigen würde.
- Hinsichtlich der Anzahl Überhitzungsstunden schneidet eine Nord-West-Ausrichtung («Option 3») auf die gesamte Wohnung bezogen am besten ab. Betrachtet man die Anzahl Überhitzungsstunden mit einer guten Nachtauskühlung, dann sind die Unterschiede in den einzelnen Räumen (Wohnbereich und Zimmer 1) jedoch minimal.

Eine detaillierte Zusammenstellung der Ergebnisse befindet sich im Anhang 9.6.1 «Orientierung».

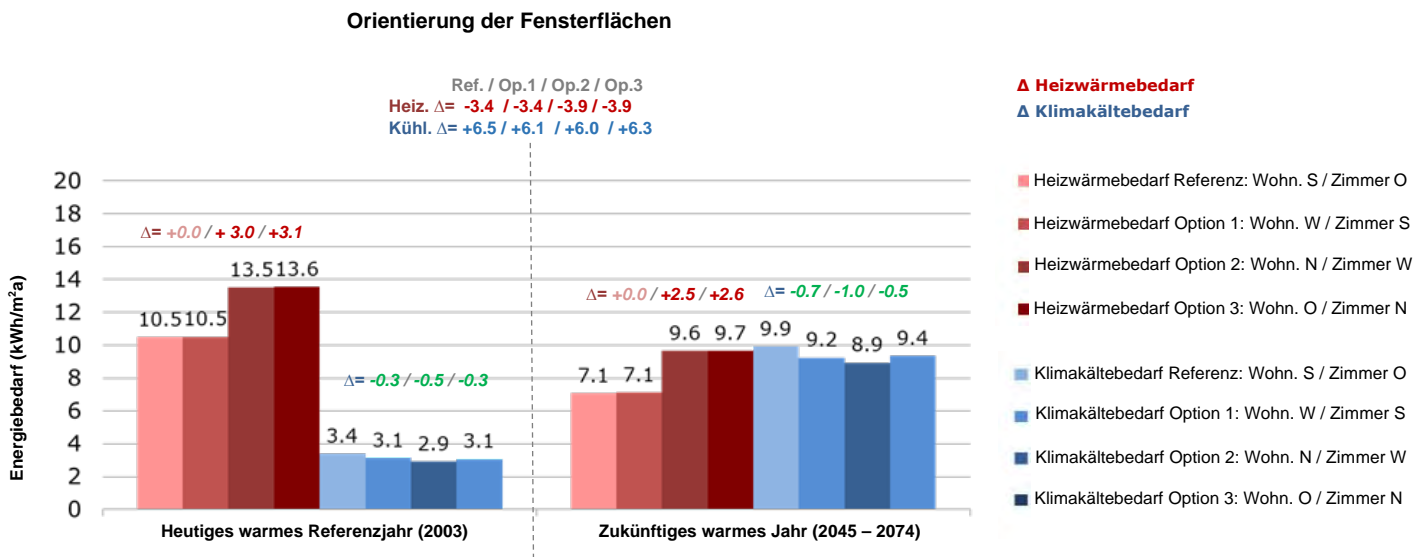


Abbildung 40: Heizwärme- und Klimakältebedarf in Abhängigkeit von der Orientierung der Fensterflächen.

**Lesebeispiel Abbildung 40:** Die Legende rechts gibt eine Übersicht über die untersuchten Variationen. Die «roten» Balken zeigen den Heizwärmebedarf für die verschiedenen Variationen, die «blauen» Balken bilden deren Klimakältebedarf ab, wobei die jeweiligen Werte mit schwarzer Schrift über den Balken vermerkt sind. Die Grafik links stellt die Ergebnisse für das heutige warme Referenzjahr (2003) dar und die Grafik rechts diejenigen für das zukünftige warme Jahr (2045 - 2074). Über den Balken in roter bzw. grüner Schrift ist die Differenz der untersuchten Optionen zur «Referenz» in absoluten Zahlen angegeben:

▲ beschreibt die Differenz des Heizwärmebedarfs. Dazu ein Beispiel: Die «Referenz» hat im heutigen warmen Referenzjahr einen Heizwärmebedarf von 10.5 kWh/m²a, welche eine Süd-Ost-Orientierung der Wohnung beschreibt. Wenn die Wohnung eine Nord-West-Ausrichtung hat («Option 2»), liegt der Heizwärmebedarf bei 13.5 kWh/m²a, womit diese eine Differenz von +3.0 kWh/m²a zur «Referenz» aufweist.

▲ beschreibt die Differenz des Klimakältebedarfs analog.

Unterhalb der Überschrift «Orientierung der Fensterfläche» ist mittig eine weitere Differenz von Heizwärme- und Klimakältebedarf in roter bzw. blauer Schrift beschrieben. Diese Werte beschreiben die Differenz zwischen dem heutigen warmen Referenzjahr (2003) und dem zukünftigen warmen Jahr (2045 – 2074) und somit die Auswirkungen des Klimawandels auf die einzelnen Variationen. Dazu ein Beispiel: Der Heizwärmebedarf von «Option 1» liegt im heutigen warmen Referenzjahr bei 10.5 kWh/m²a, in einem zukünftigen warmen Jahr bei 7.1 kWh/m²a. Der Klimawandel führt somit zu einer Senkung des Heizwärmebedarfs von «Option 1» um 3.4 kWh/m²a.

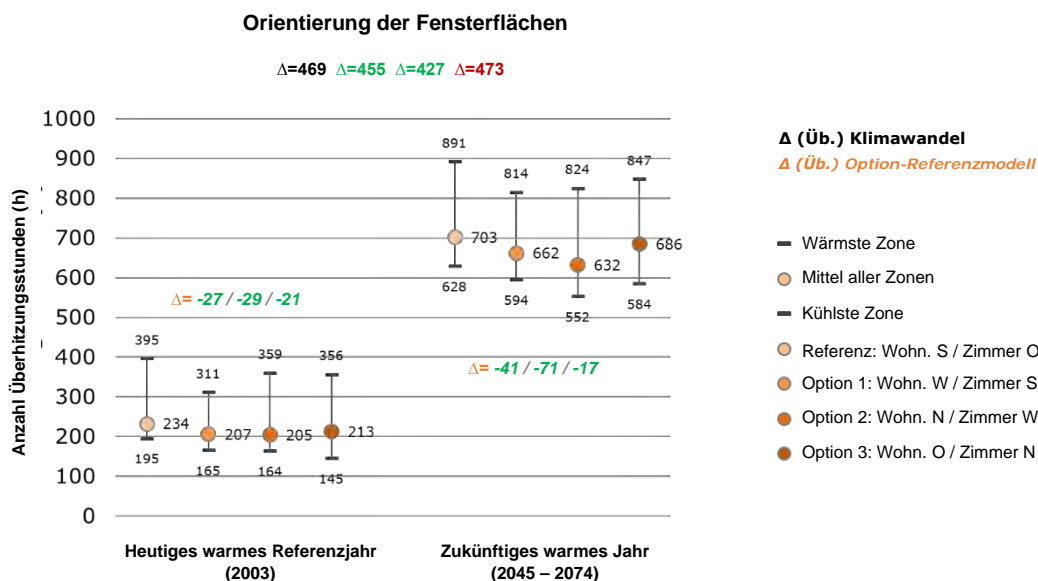


Abbildung 41: Anzahl Überheizungsstunden in Abhängigkeit von der Orientierung der Fensterflächen.

### Lesebeispiel

**Abbildung 41:** Dargestellt werden die Anzahl Überheizungsstunden für die verschiedenen Variationen, welche in der Legende rechts beschrieben sind. Die Ergebnisse für das heutige warme Referenzjahr (2003) sind in der Grafik links dargestellt, diejenigen für das zukünftige warme Jahr (2045 -2074) in der Grafik rechts. Für jede Variation wird die Anzahl Überheizungsstunden für die «wärmste Zone», die «kühlste Zone» sowie als «Mittel aller Zonen» angegeben, wobei die jeweiligen Werte mit schwarzer Schrift vermerkt sind und der Begriff Zone einen Raum der Wohnung (Zimmer oder Wohnbereich) beschreibt. Die «wärmste Zone» bildet somit den wärmsten Raum der Wohnung ab, die «kühlste Zone» den kühleren Raum der Wohnung. «Mittel aller Zonen» ist der Durchschnittswert aller Zonen, d.h. dieser gibt den Mittelwert für die Anzahl Überheizungsstunden für die gesamte Wohnung an.

Δ beschreibt die Differenz zwischen dem «Mittel aller Zonen» der Referenz zum «Mittel aller Zonen» der untersuchten Optionen. Dazu ein Beispiel: Die Anzahl Überheizungsstunden liegt bei einer Süd-West-Orientierung der Wohnung («Option 1») im heutigen warmen Referenzjahr bei durchschnittlich 207 h. Im Vergleich zur «Referenz» mit einer Süd-Ost-Orientierung der Wohnung und 234 h im Mittel, liegt die Anzahl Überheizungsstunden bei «Option 1» um 27 h tiefer.

Die Werte unterhalb der Überschrift «Orientierung der Fensterflächen» in beschreiben die Auswirkungen des Klimawandels. Dazu ein Beispiel: Für «Option 3» liegt das Mittel im heutigen warmen Referenzjahr bei 213 Überheizungsstunden, im zukünftigen warmen Jahr bei 686 h, was einer Differenz von 473 h entspricht.

## Tageslicht

Tabelle 19 gibt eine Übersicht über die Resultate der Tageslichtanalyse.

### Tageslichtversorgung

Zimmer 1 erfüllt die Anforderungen der Norm SN EN 17037:2019 [3] hinsichtlich der Tageslichtversorgung nicht. Der Wohnbereich erreicht die Stufe «gering». Wie schon in Abschnitt 4.2.4.5 erwähnt führen IDA-ICE Tageslichtquotient-Simulationen bei allen Himmelsrichtungen zu den gleichen Resultaten. Ein Raum mit einem Nordfenster schneidet bei diesem Kriterium also gleich ab wie einer mit einem nach ost-, süd- oder westorientierten Fenster. Bei der Tageslichtversorgung ist u.a. die Grösse und Lage des Fensters, die Lichtdurchlässigkeit der Verglasung, die Umgebung (Abschnitt 5.2.1.3), die Geschosse (Abschnitt 5.2.1.6) und die Raumgeometrie (Abschnitt 5.2.1.7) entscheidend.

### Besonnungsdauer

Für die Besonnungsdauer hingegen ist die Orientierung entscheidend. Das nach Norden ausgerichtete Zimmer 1 erhält aufgrund der Sonnenbahn am 21. März keine Besonnung, weshalb es in den nachfolgenden Parametervariationen nicht mehr erwähnt wird. Zimmer 1 mit einer Ost- oder Westausrichtung erhält 3 Stunden direktes Sonnenlicht (Stufe «mittel»). Bei einer Südausrichtung erhält der Raum 9 Stunden Besonnung und erfüllt die Anforderungen der Norm auf der Stufe «hoch». Eine ausreichende Besonnungsdauer muss gemäss Norm in **mindestens einem Wohnraum** der Wohnung sichergestellt werden. Wird nur Zimmer 1 beurteilt, würde dieser Raum dieses Kriterium nur in drei von vier Orientierungen erfüllen. Da die Referenzwohnung jedoch zu zwei Seiten orientiert ist (Eckwohnung), kann das Kriterium trotz einer Nordausrichtung von Zimmer 1 erfüllt werden, da der Wohnraum nach Osten ausgerichtete Fensterflächen besitzt und somit die Anforderungen erfüllt.

Tabelle 19: Ergebnisse zum Tageslichtquotient und zur Besonnungsdauer gemäss SN EN 17037:2019 [3] in Zimmer 1 (oben) und im Wohnbereich (unten) im 2. OG mit unterschiedlicher Orientierung unter Berücksichtigung der umliegenden Gebäude; grau hinterlegte Werte erfüllen die Anforderungen nicht.

			Tageslichtquotient			Besonnungsdauer	
			100%	50%	Stufe	Stunden	Stufe
Zimmer	Referenz	Zimmer 1 Ost	0.4	1.5	Ungenügend	3 h	Mittel
	Option 1	Zimmer 1 Süd				9 h	Hoch
	Option 2	Zimmer 1 West				3 h	Mittel
	Option 3	Zimmer 1 Nord				0 h	Ungenügend
Wohn.	Referenz	Wohn. Süd	0.6	2.3	Gering	---	---
	Option 1	Wohn. West				---	---
	Option 2	Wohn. Nord				---	---
	Option 3	Wohn. Ost				---	---

Die Details der Besonnungsdauer-Analyse von Zimmer 1 befinden sich im Anhang 9.6.1.3 «Orientierung - Besonnungsdauer».

## Erkenntnisse

Die Orientierung hat heute und in Zukunft einen grösseren Einfluss auf den Heizwärmebedarf als auf den Klimakältebedarf. Dementsprechend ist aus gesamtenergetischer Sicht eine Orientierung der Fensterflächen nach Süden, Westen und Osten weiterhin zu empfehlen (in dieser Reihenfolge), da hierbei die solaren Wärmeerträge optimal genutzt werden können. Diese Aussage gilt jedoch nur bei der Verwendung eines wirksamen Sonnenschutzes und einer adäquaten Bedienung dieser Elemente.

Hinsichtlich des thermischen Komforts ist das Nutzerverhalten ausschlaggebend: Durch eine adäquate Bedienung des Sonnenschutzes und einem adäquaten Lüftungsverhalten (Nachtauskühlung) kann ein angenehmes Raumklima unter heutigen Klimabedingungen in allen Orientierungen sichergestellt werden. In Zukunft hingegen könnte ebenso ein nach Norden ausgerichteter Raum vorteilhaft sein, da es trotz einem adäquaten Nutzerverhalten nicht nur zu Überhitzungsstunden kommen kann, sondern sich auch die max. empfundene Temperatur in den Räumen deutlich erhöhen könnte. Gleichzeitig steigt der Endenergieverbrauch künftig weniger stark an als in den anderen Ausrichtungen. Das Nordfenster kann also insbesondere im Hinblick auf den Klimawandel an Bedeutung gewinnen.

Wichtig ist eine gezielte Planung bei der Anordnung der Räume: Wird ein Raum bspw. tagsüber dauerhaft genutzt (Homeoffice-Bereich, Aufenthaltsräume für ältere Personen etc.), kann ein nach Norden orientiertes Zimmer durchaus sinnvoll sein und nicht nur für Nebennutzungen vorbehalten werden. Bei der Raumplanung sollten demnach von Beginn an Überlegungen bzgl. Energie und thermischer Behaglichkeit einfließen. Auch eine hohe Flexibilität bei Wohnungsgrundrissen könnte – insbesondere angesichts des Klimawandels – sehr vorteilhaft sein: So könnte im Sommer ein Nordzimmer als Homeoffice-Bereich genutzt werden, im Winter wird diese Nutzung in ein Südzimmer verlegt.

Mit Blick auf das Tageslicht ist für die Orientierung eines Raumes lediglich die Besonnungsdauer (direktes Sonnenlicht) entscheidend, wobei dieses Kriterium in mindestens einem Wohnraum einer Wohnung sichergestellt werden muss. Mindestens ein Wohnraum muss somit eine andere Ausrichtung als Norden haben. Eine nach zu mindestens zwei Seiten ausgerichtete Wohnung ist demnach zu empfehlen, vor allem wenn eine Nordfassade involviert ist. Des Weiteren dürfen allfällige kantonale gesetzliche Rahmenbedingungen nicht ausser Acht gelassen werden. Gewisse verbieten den Bau von Wohnungen, bei denen sämtliche Wohn- und Schlafräume nach Nordost bis Nordwest orientiert sind (§ 152) [17]. Andere verbieten, dass Wohnräume von Mehrzimmerwohnungen gesamthaft mehrheitlich nach Nordost bis Nordwest gerichtet sind (§ 301) [18].

### 5.2.2.2 Fensteranteil

Fenstergrößen und -flächen hängen weitgehend von der Typologie und dem Baujahr des Gebäudes ab. Der Fensteranteil in Fassaden ist heutzutage deutlich höher als derjenige von Altbauten.

#### Fragenstellung

Eine Reduktion der Fensterfläche wirkt sich sowohl auf den Energiebedarf als auch auf die Behaglichkeit positiv aus [2]. Diese Erkenntnis soll nun in **Relation zur visuellen Behaglichkeit** betrachtet werden. Dabei stellt sich die Frage: Wie weit darf die Reduktion der Fensterflächen gehen, wenn die Mindestanforderungen der Tageslichtnorm erfüllt werden sollen?

#### Beschrieb

Der Fensteranteil der Fassade im Referenzgebäude ist für den Wohnungsbau bereits hoch (Gesamtwohnung: 52.4 %). Deshalb werden zwei Optionen der Reduktion untersucht. Dabei wird jedes einzelne Fenster (inkl. Balkontüren) lediglich in der Breite verkleinert (Abbildung 42). Das Verhältnis zwischen Rahmen- und Glasanteil bleibt dabei unverändert.

Um den Einfluss des Fensteranteils auf die Energiebilanz, den thermischen Komfort sowie die Tageslichtversorgung zu untersuchen, wurden die nachfolgenden Optionen betrachtet:

**Referenz:** Fensteranteil: Wohnbereich 58.4 % | Zimmer 1: 46.4 % | gesamte Wohnung 52.4 %

**Option 1:** Reduktion der Fenstergrößen um jeweils 25% (Verringerung der Fensterbreite)

**Option 2:** Reduktion der Fenstergrößen um jeweils 50% (Verringerung der Fensterbreite)

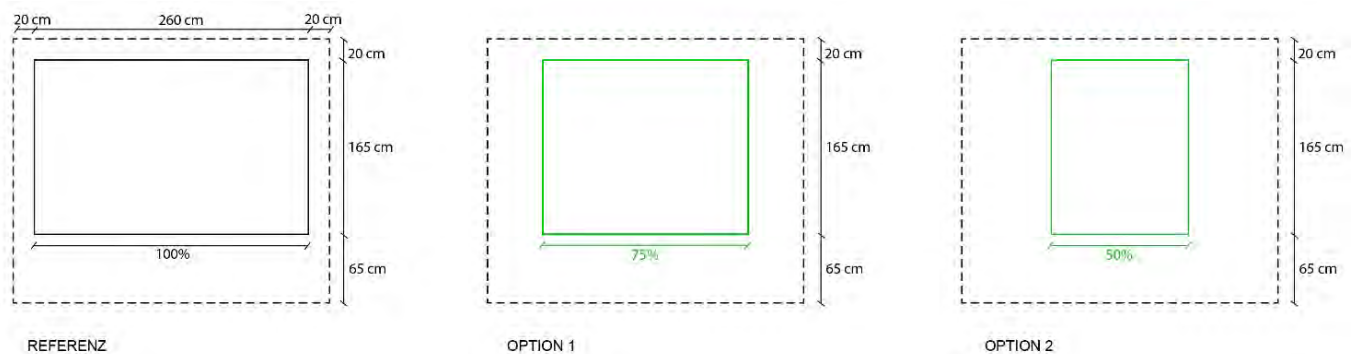


Abbildung 42: Parametervariationen für den Fensteranteil

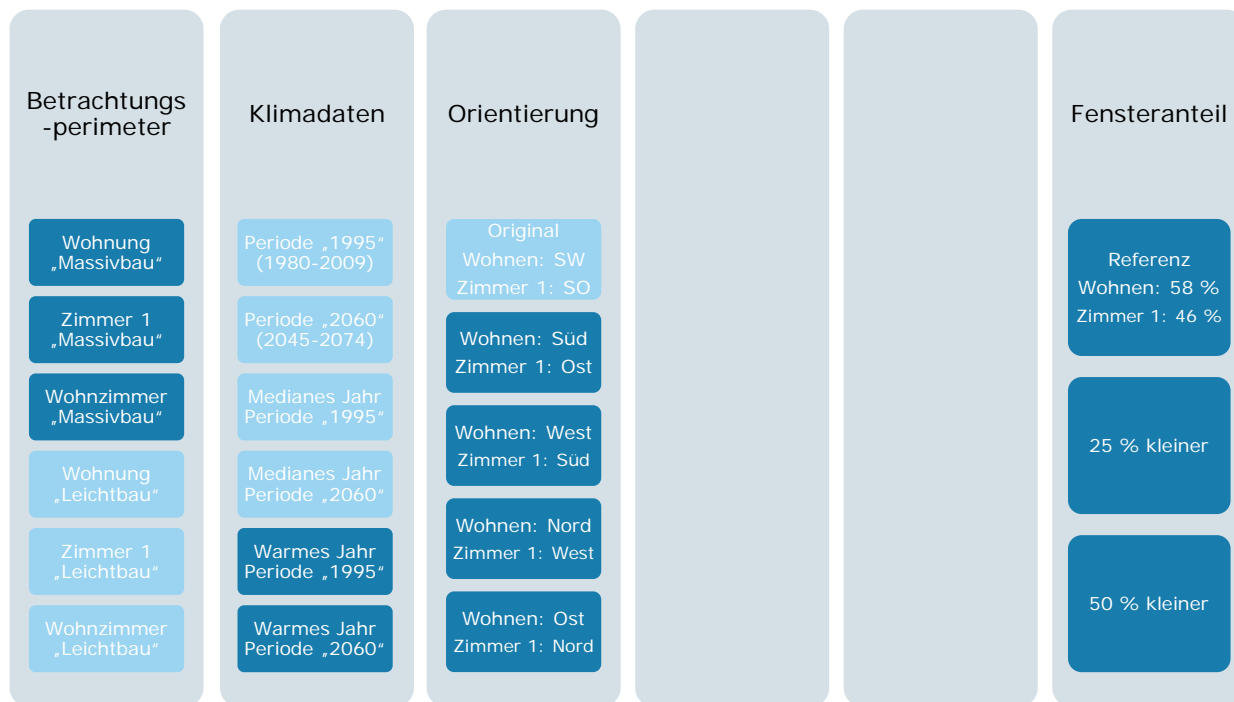


Abbildung 43: Übersichtsmatrix zu den kombinierten Simulationsparametern hinsichtlich des Fensteranteils.

## Energie und thermische Behaglichkeit

### Heutiges warmes Referenzjahr

- Heizwärme- und Klimakältebedarf: Deutlich zu erkennen ist, dass die Reduzierung des Fensteranteils in allen untersuchten Varianten sowie in allen Orientierungen einen entscheidenden Einfluss auf den Heizwärme- sowie den Klimakältebedarf hat und sich positiv auf die Energieeffizienz der Wohnung auswirkt (Abbildung 44).
- Endenergieverbrauch: Die Reduzierung des Fensteranteils hat bei nach Norden ausgerichteten Wohnungen eine grössere Auswirkung auf den Endenergieverbrauch als bei einer Südorientierung.
- Thermische Behaglichkeit: Ebenso wirkt sich eine Reduzierung des Fensteranteils positiv auf die Behaglichkeit im Gebäude aus: Je geringer der Fensteranteil, desto weniger Überhitzungsstunden treten im Gebäudeinneren auf (Abbildung 45).

### Zukünftiges warmes Jahr

- Heizwärme- und Klimakältebedarf: Auch in Zukunft ist eine Reduzierung des Fensteranteils aus energetischer Sicht empfehlenswert.
- Endenergieverbrauch: Die Reduzierung des Fensteranteils hat bei nach Norden ausgerichteten Wohnungen weiterhin eine grössere Auswirkung auf den Endenergieverbrauch als bei einer Südorientierung, jedoch wird dieser Unterschied geringer.

- Thermische Behaglichkeit: Der Einfluss des Fensterflächenanteils wird im Hinblick auf den künftig zu erwartenden Temperaturanstieg zunehmend an Bedeutung gewinnen. In Anbetracht der Anzahl Überhitzungsstunden ist eine Reduzierung des Fensteranteils empfehlenswert. In Zukunft kann es jedoch trotz einem guten Nutzerverhalten zu Überhitzung im Gebäudeinneren kommen. Eine Reduzierung des Fensteranteils kann demnach einen entscheidenden Einfluss auf die Behaglichkeit haben.

Eine detaillierte Zusammenstellung der Ergebnisse befindet sich im Anhang 9.6.2.

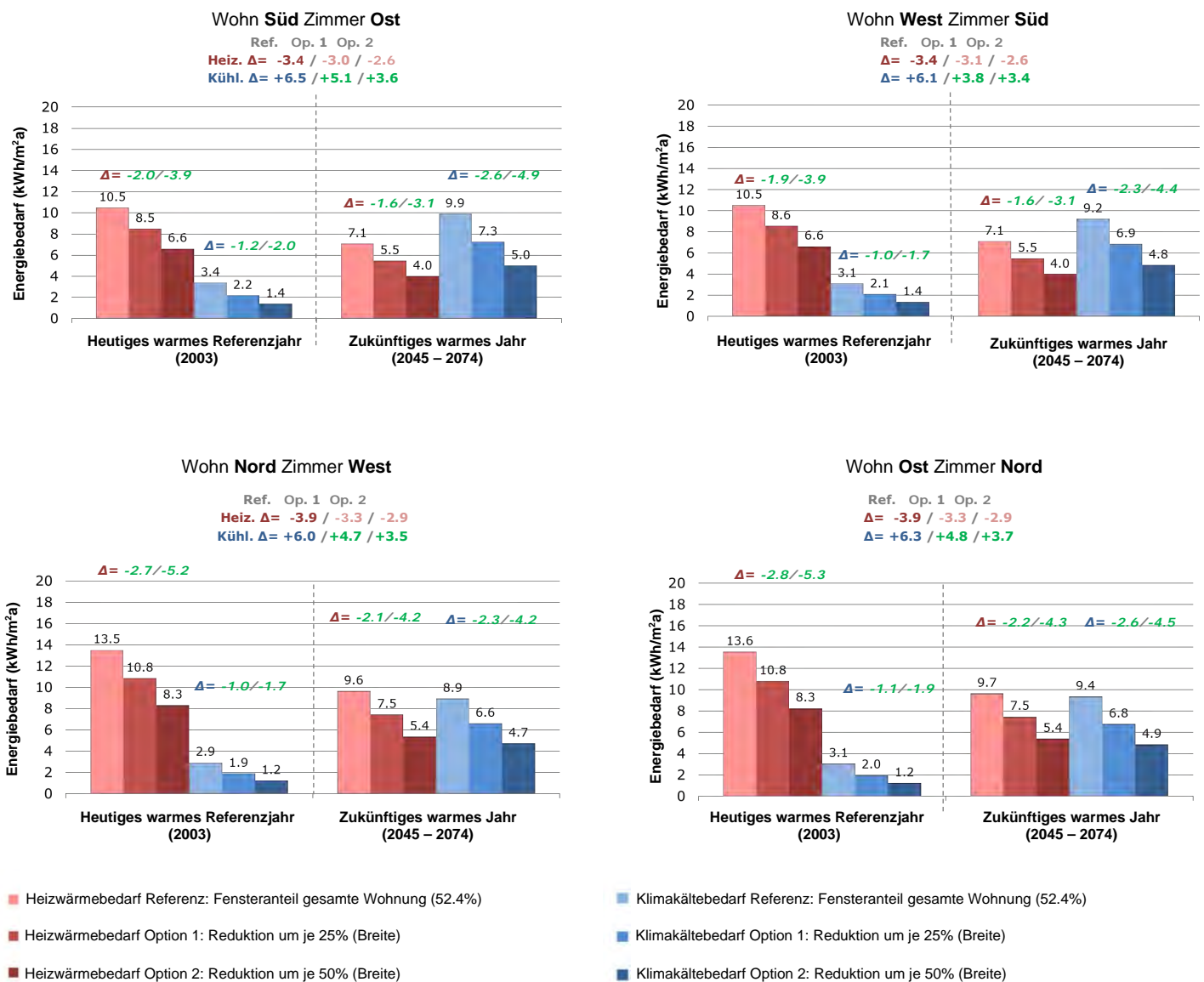


Abbildung 44: Heizwärme- und Klimakältebedarf in Abhängigkeit des Fensteranteils und der Orientierung in der Wohnung.



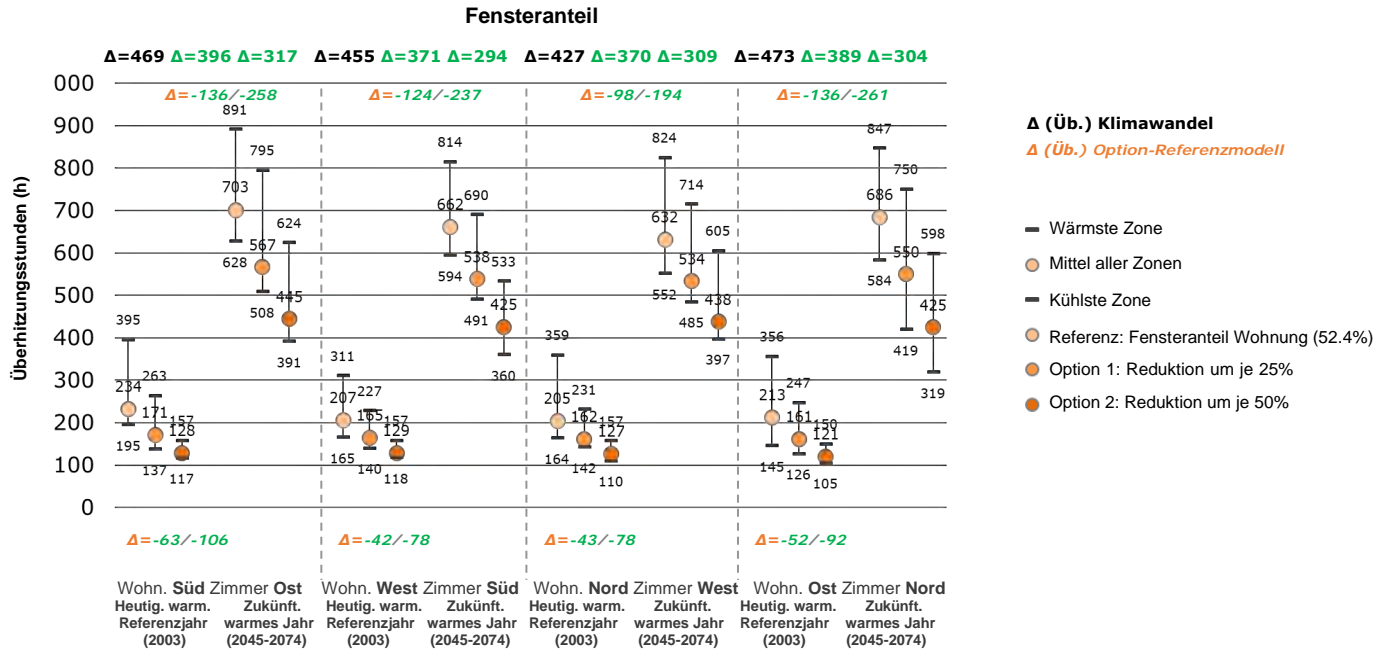


Abbildung 45: Anzahl Überheizungsstunden in Abhängigkeit des Fensteranteils und der Orientierung in der Wohnung. Die Differenz bei den Überheizungsstunden im oberen Bereich der Abbildung sind primär auf den Klimawandel zurückzuführen, die in der Mitte auf die Parametervariation bei denselben klimatischen Bedingungen.

## Tageslicht

Tabelle 20 gibt eine Übersicht über die Resultate der Tageslichtanalyse.

### Tageslichtversorgung

Wie schon unter 5.2.2.1 erwähnt, erfüllt Zimmer 1 die Anforderungen der Norm SN EN 17037:2019 [3] hinsichtlich der Tageslichtversorgung nicht und der Wohnbereich erreicht in der «Referenz» die Stufe «gering». Eine Reduzierung des Fensteranteils um **25 %** führt dazu, dass der Tageslichtquotient in beiden Referenzräumen ungenügend ist, womit die Norm nicht eingehalten wird. Durch eine weitere Reduzierung des Fensteranteils («Option 2» / - **50 %**) verringern sich die Werte im Vergleich zur «Referenz» ebenso in etwa um die Hälfte. Der Tageslichtquotient verhält sich somit in den analysierten Räumen fast analog zur Reduzierung des Fensteranteils.

### Besonnungsdauer

Die Reduzierung des Fensteranteils hat ebenso einen Einfluss auf die Besonnungsdauer in den Räumen, jedoch sind die Auswirkungen viel geringer: Bei einem **25 %** geringeren Fensteranteil verringert sich die Besonnungsdauer lediglich im Süden auf 8 Stunden, bleibt jedoch auf Stufe «hoch». Bei einer Reduzierung um **50 %** sinkt die Besonnungsdauer in östlicher sowie in westlicher Ausrichtung geringfügig (um 0.5 Stunden, von Stufe «mittel» auf Stufe «gering») und im Süden sinkt dieser Wert auf 7 Stunden (weiterhin Stufe «hoch»). Die Reduzierung des Fensteranteils ist hinsichtlich der Besonnungsdauer eher unproblematisch zu bewerten.

### Aussicht

Der horizontale Sichtwinkel von Zimmer 1 bei Originalgrösse des Fensters entspricht gemäss Bild C.3 der Norm SN EN 17037:2019 [3] der Stufe «mittel». Sowohl bei einem **25 %** als auch bei einem **50 %** geringeren Fensteranteil erreicht dieser gemäss Bild C.2 nur noch die Stufe «gering». Bei einer Reduzierung des Fensteranteils wird die Empfehlung der Norm somit immer noch erfüllt.

Tabelle 20: Ergebnisse zum Tageslichtquotient und zur Besonnungsdauer gemäss SN EN 17037:2019 [3] in Zimmer 1 (oben) und im Wohnbereich (unten) im 2. OG mit unterschiedlichen Fensteranteilen und Orientierungen unter Berücksichtigung der umliegenden Gebäude; grau hinterlegte Werte erfüllen die Anforderungen nicht.

			Tageslichtquotient			Besonnungsdauer	
			100%	50%	Stufe	Stunden	Stufe
Zimmer 1	Referenz Fenster Originalgrösse	Zimmer 1 Ost	0.4	1.5	Ungenügend	3 h	Mittel
		Zimmer 1 Süd				9 h	Hoch
		Zimmer 1 West				3 h	Mittel
		Zimmer 1 Nord				0 h	Ungenügend
	Option 1 Fenster 25% kleiner	Zimmer 1 Ost	0.3	1.1	Ungenügend	3 h	Mittel
		Zimmer 1 Süd				8 h	Hoch
		Zimmer 1 West				3 h	Mittel
		Zimmer 1 Nord				0 h	Ungenügend
	Option 2 Fenster 50% kleiner	Zimmer 1 Ost	0.2	0.7	Ungenügend	2.5 h	Gering
		Zimmer 1 Süd				7 h	Hoch
		Zimmer 1 West				2.5 h	Gering
		Zimmer 1 Nord				0 h	Ungenügend
Wohnbereich	Referenz Fenster Originalgrösse	Wohn. Süd	0.6	2.3	Gering	---	---
		Wohn. West				---	---
		Wohn. Nord				---	---
		Wohn. Ost				---	---
	Option 1 Fenster 25% kleiner	Wohn. Süd	0.5	1.8	Ungenügend	---	---
		Wohn. West				---	---
		Wohn. Nord				---	---
		Wohn. Ost				---	---
	Option 2 Fenster 50% kleiner	Wohn. Süd	0.3	1.2	Ungenügend	---	---
		Wohn. West				---	---
		Wohn. Nord				---	---
		Wohn. Ost				---	---

Die Details der Besonnungsdauer-Analyse von Zimmer 1 befinden sich im Anhang 9.6.2.3 «Fensteranteil - Besonnungsdauer».

## Erkenntnisse

Aus energetischer Sicht sowie für den thermischen Komfort ist eine Verkleinerung des Fensteranteils empfehlenswert, insbesondere angesichts des Klimawandels. Bezogen auf die Endenergie ist die Reduzierung des Fensteranteils in Ost-, West- und Nordorientierung effizienter (in dieser Reihenfolge) als im Süden (Tabelle 47 in Abschnitt 9.6.2.1.). In einem Eckzimmer ist die Verringerung des Fensteranteils am vorteilhaftesten in der Nord-Ost- und Nord-West-Orientierung, während dies in der Süd-West-Orientierung die geringsten Auswirkungen hat (Tabelle 48 in Abschnitt 9.6.2.1).

Gleichzeitig führt eine Reduzierung des Fensteranteils jedoch zu einer massiven Verschlechterung der Tageslichtversorgung im Gebäude. Bei einer Reduzierung des Fensters in der Breite verschlechtert sich die Tageslichtversorgung und die Aussicht analog, die Auswirkungen hinsichtlich der Besonnungsdauer sind vergleichsweise gering.

Ein bewusster Umgang mit Fensterflächen ist von grösster Wichtigkeit. Daher muss das Fenster in Zukunft einen wesentlich höheren Stellenwert in der Planung erhalten, als dies heute der Fall ist.

### 5.2.2.3 Fenstersturz und Fensterbrüstung

#### Fragestellung

Heutzutage sind häufig bodentiefe Fenster bei Neubauten zu beobachten. In Bezug auf die Tageslichtversorgung im Gebäude ist bekannt, dass der Sturz eine wichtige Rolle spielt, die Brüstung hingegen ist weniger relevant. Dabei stellt sich die Frage: Welchen Einfluss haben Fenstersturz und Fensterbrüstung auf den Energiebedarf und die thermische Behaglichkeit heute und in Zukunft? Die Erkenntnisse werden dabei in Relation zur Tageslichtversorgung gesetzt, um ein Optimum zu finden.

#### Beschrieb

In der **Referenz** sind die Fenster analog dem realen Gebäude positioniert. In «Option 1» wird das Fenster nach oben verschoben, sodass kein Sturz mehr vorhanden ist. In «Option 2» wird das Fenster nach unten bis auf eine Sturzhöhe von 40 cm verschoben, die Brüstungshöhe reduziert sich entsprechend. In «Option 3» werden die Fenster bis auf den Boden verschoben, die Sturzhöhe vergrößert sich entsprechend. Diese Annahme ist nicht ganz realistisch, jedoch kann dadurch die Bedeutung der Brüstung analysiert werden.

**Anmerkung:** Bei den Variationen bleibt die Fenstergröße und -form unverändert und das Fenster wurde lediglich in vertikaler Richtung verschoben (Abbildung 46). Einzig die Balkontüren wurden analog dem Referenzmodell beibehalten, da diese bereits eine Höhe von 2.30 m haben und somit nicht weiter verschoben werden können.

Der Einfluss des Fenstersturzes sowie der Fensterbrüstung auf den Energiebedarf, die thermische Behaglichkeit sowie auf die Tageslichtversorgung wurde demnach anhand folgender Optionen untersucht:

**Referenz:** Fenstersturz: 20 cm | Fensterbrüstung: 65 cm

**Option 1:** Kein Fenstersturz | Fensterbrüstung: 85 cm

**Option 2:** Fenstersturz: 40 cm | Fensterbrüstung: 45 cm

**Option 3:** Fenstersturz: 85 cm | Keine Fensterbrüstung

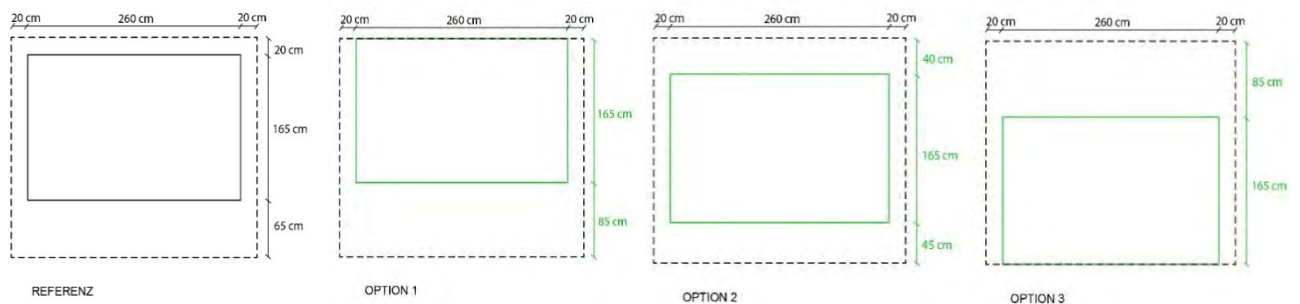


Abbildung 46: Parametervariationen für den Fenstersturz und die Fensterbrüstung

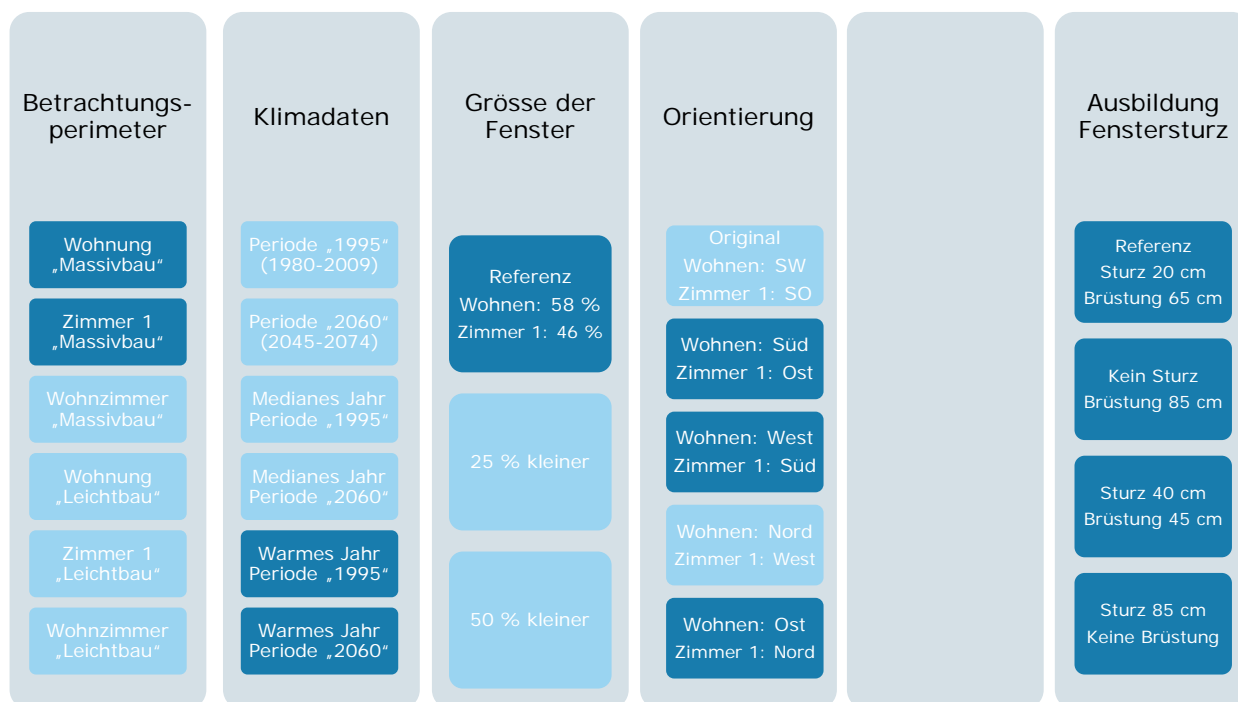


Abbildung 47: Übersichtsmatrix zu den kombinierten Simulationsparametern hinsichtlich Fenstersturz und Fensterbrüstung.

## Energie und thermische Behaglichkeit

### Heutiges warmes Referenzjahr

- Heizwärme- und Klimakältebedarf: Hinsichtlich des Heizwärme- sowie des Klimakältebedarfs sind die Auswirkungen der Parametervariation kaum spürbar: Der Heizwärmebedarf ist in «Option 1» (kein Sturz) in allen Orientierungen geringer, der Klimakältebedarf bleibt gleich. Der Unterschied ist aber kaum nennenswert.
- Endenergieverbrauch: Entsprechend sind auch gesamtenergetisch kaum Unterschiede feststellbar.
- Thermische Behaglichkeit: Hinsichtlich der Anzahl Überhitzungsstunden sind die Auswirkungen ebenso sehr gering und kaum nennenswert. «Option 3» schneidet in Süd-Ost- und in Süd-West-Orientierung im Mittel geringfügig besser ab.

### Zukünftiges warmes Jahr

Auch angesichts des Klimawandels treffen die vorherigen Aussagen zu.

Fenstersturz und Fensterbrüstung sind aus energetischer Sicht sowie für den thermischen Komfort demnach eher irrelevant.

Eine detaillierte Zusammenstellung der Ergebnisse befindet sich im Anhang 9.6.3 «Fenstersturz und Fensterbrüstung».

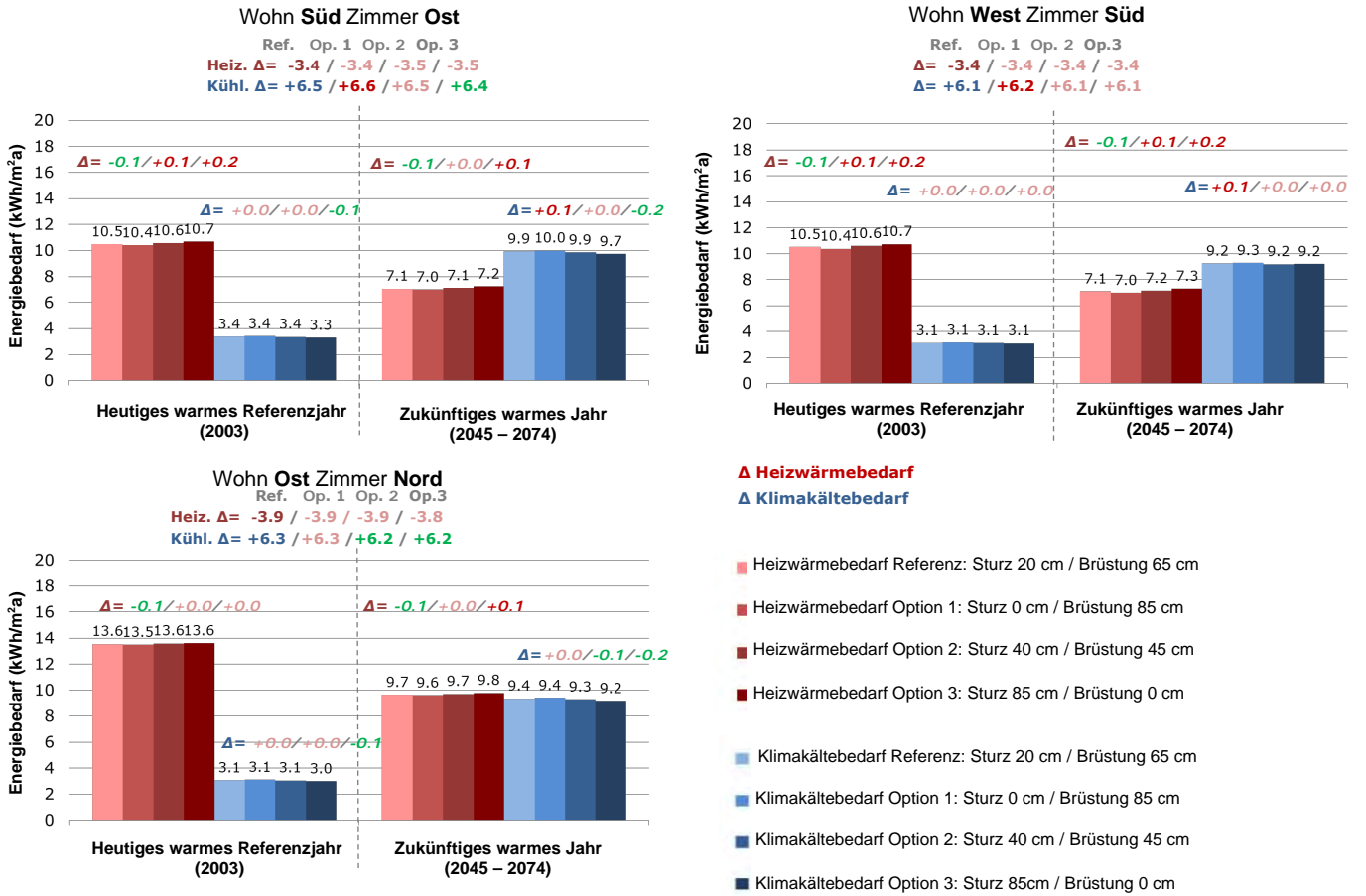


Abbildung 48: Heizwärme- und Klimakältebedarf in Abhängigkeit vom Fenstersturz und Fensterbrüstung.

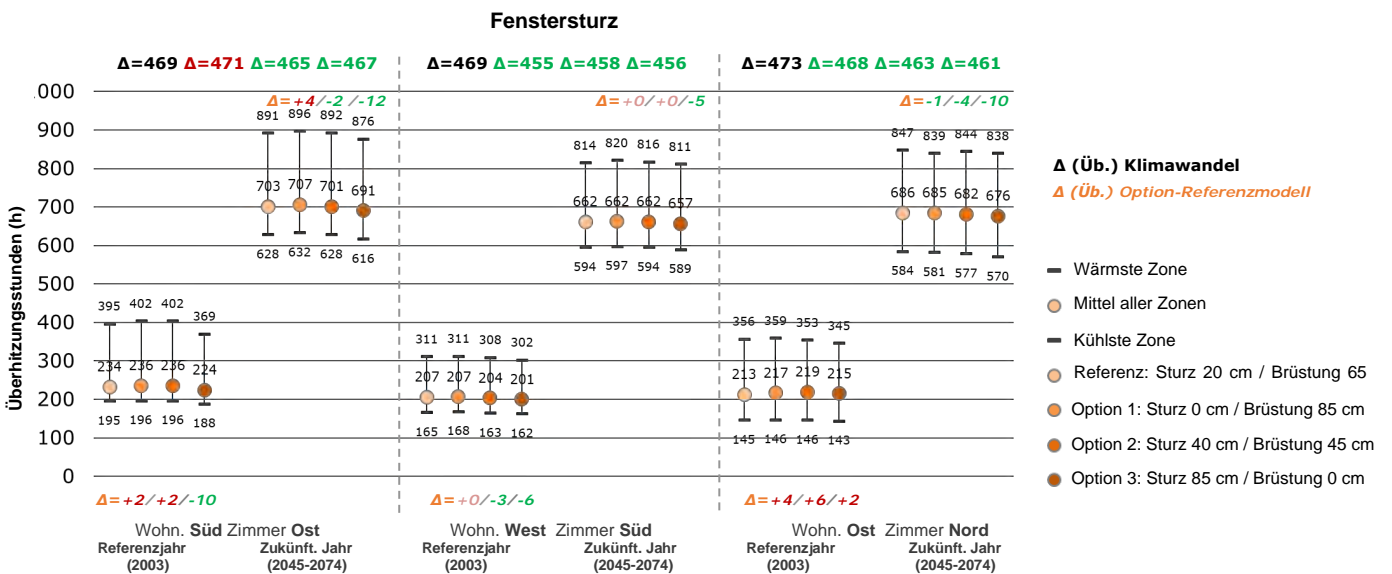


Abbildung 49: Anzahl Übersitzungsstunden in Abhängigkeit vom Fenstersturz und Fensterbrüstung.

## Tageslicht

### Tageslichtversorgung

In der Variante ohne Sturz («Option 1») kann der Tageslichtquotient in Zimmer 1 gegenüber dem Referenzobjekt mit einem 20 cm Sturz leicht verbessert werden. Der Tageslichtquotient für 100 % der Bezugsebene ist nur knapp unter der Mindestanforderung, derjenige für 50 % der Bezugsebene erfüllt die Mindestanforderung. Wenn statt 100 % nur wie gemäss Norm vorgegeben 95 % der Bezugsebene betrachtet werden würden (Abschnitt 4.2.4.5), würde «Option 1» die Stufe «gering» erreichen. Allgemein gilt: Je kleiner der Sturz, desto besser die Tageslichtversorgung, da mehr Licht in die Tiefe des Raums dringen kann. Weil der Tageslichtquotient auf einer Bezugsebene 0.85 m über dem Boden gemessen wird, bewirkt eine Reduktion der Fensterbrüstung unterhalb dieser Höhe kaum eine Änderung.

### Besonnungsdauer

Eine Veränderung in der Höhe des Sturzes hat Auswirkungen auf die Besonnungsdauer in der Ost-Ausrichtung: Bei «Option 1» (kein Sturz) verbessern sich die Werte gegenüber dem Referenzobjekt, bei «Option 3» (Fenstersturz: 85 cm) verschlechtern sich die Werte. Die Fensterbrüstung ist bei allen Optionen kleiner als 90 cm, womit der Bezugspunkt immer in der Höhe von 120 cm zu liegen kommt (Abschnitt 4.2.4.6). Eine Veränderung der Brüstung wie in diesen Variationen hat somit keinen Einfluss auf die Besonnungsdauer.

### Aussicht

Der horizontale Sichtwinkel von Zimmer 1 ändert sich nicht mit unterschiedlicher Sturzhöhe. Bei Originalgrösse des Fensters entspricht er gemäss Bild C.3 der Norm SN EN 17037:2019 [3] der Stufe «mittel». Mit unterschiedlicher Sturzhöhe ändert sich die Anzahl sichtbarer Ebenen jedoch (Abbildung 50 und Tabelle 22): Bei «Referenz» sind in Zimmer 1 im 2 OG in 56 % des Raumes zwei Ebenen und in 69 % mindestens zwei Ebenen sichtbar, was für die Stufe «mittel» nicht ausreicht (gemäss SN EN 17037 sollte es mindestens 75 % des genutzten Bereichs sein), womit es der **Stufe «gering»** entspricht. Bei «Option 1» erhöht sich der Anteil des Raumes, von dem zwei Ebenen sichtbar sind auf 83 %, womit die **Stufe «mittel»** erreicht wird. Bei «Option 2» und «Option 3» reduziert sich der Anteil des Raumes, von dem mindestens zwei Ebenen sichtbar sind, auf 52 % bzw. 43 %, was der **Stufe «gering»** entspricht.

Tabelle 21: Ergebnisse zum Tageslichtquotient und zur Besonnungsdauer gemäss SN EN 17037:2019 [3] in Zimmer 1 im 2. OG mit unterschiedlichen Sturzhöhen und Orientierungen unter Berücksichtigung der umliegenden Gebäude; grau hinterlegte Werte erfüllen die Anforderungen nicht.

			Tageslichtquotient			Besonnungsdauer	
			100%	50%	Stufe	Stunden	Stufe
Zimmer 1	Referenz Fenstersturz 20 cm	Zimmer 1 Ost	0.4	1.5	Ungenügend	3 h	Mittel
		Zimmer 1 Süd				9 h	Hoch
		Zimmer 1 Nord				0 h	Ungenügend
	Option 1 Fenstersturz 0 cm	Zimmer 1 Ost	0.5	1.9	Ungenügend	3.5 h	Mittel
		Zimmer 1 Süd				9 h	Hoch
		Zimmer 1 Nord				0 h	Ungenügend
	Option 2 Fenstersturz 40 cm	Zimmer 1 Ost	0.4	1.1	Ungenügend	3 h	Mittel
		Zimmer 1 Süd				9 h	Hoch
		Zimmer 1 Nord				0 h	Ungenügend
	Option 3 Fenstersturz 85 cm	Zimmer 1 Ost	0.3	0.6	Ungenügend	2 h	Gering
		Zimmer 1 Süd				9 h	Hoch
		Zimmer 1 Nord				0 h	Ungenügend

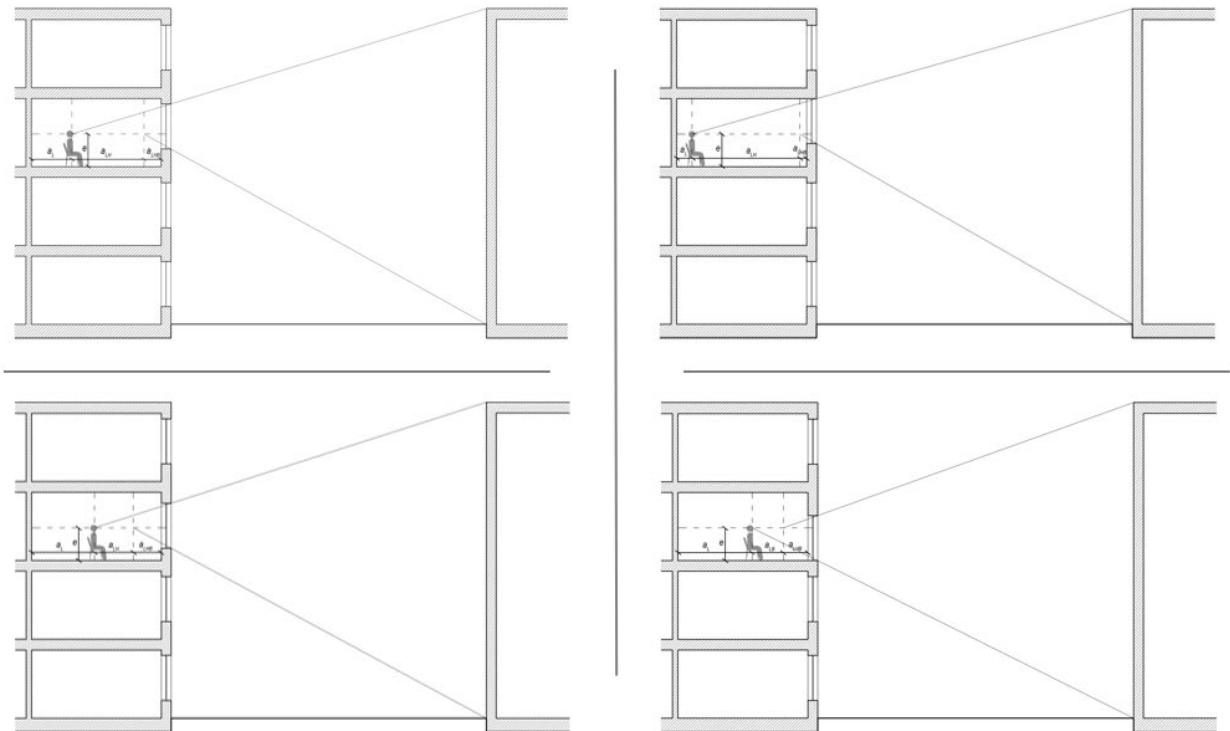


Abbildung 50: Grafische Darstellung der Aussicht von Zimmer 1 im 2. OG anhand des «No-Sky-Line- und No-Ground-Line-Konzepts»: Referenz (oben links), Option 1 (oben rechts), Option 2 (unten links) und Option 3 (unten rechts)



Tabelle 22: Unterschiedliche Bereiche der Aussicht in Zimmer 1 im 2. OG anhand des «No-Sky-Line- und No-Ground-Line-Konzepts»

Zimmer 1	Bereich mit nur Ebene «Landschaft»		Bereich mit zwei Ebenen, d.h. «Landschaft» und «Himmel» oder «Boden»		Bereich mit drei Ebenen, d.h. «Landschaft» und «Himmel» und «Boden»		Stufe gemäss SN EN 17037
	in m	Anteil des Raums	in m	Anteil des Raums	in m	Anteil des Raums	
Referenz	1,48	31%	2,65	56%	0,63	13%	Gering
Option 1	0,56	12%	3,95	83%	0,25	5%	Mittel
Option 2	2,31	48%	1,42	30%	1,03	22%	Gering
Option 3	2,72	57%	1,15	24%	0,90	19%	Gering

Die Details der Besonnungsdauer-Analyse von Zimmer 1 befinden sich im Anhang 9.6.3.3 «Fenstersturz und Fensterbrüstung - Besonnungsdauer».

### Erkenntnisse

Das Kriterium Fenstersturz ist für die Tageslichtversorgung von zentraler Bedeutung. Je kleiner dieser ausfällt, je weiter kann das Tageslicht in die Raumtiefe dringen. Aus energetischer Sicht haben Fenstersturz und Fensterbrüstung keinen bedeutenden Einfluss auf den Energiebedarf und die thermische Behaglichkeit heute und in Zukunft. Für die Besonnungsdauer hat eine geringe Sturzhöhe Vorteile bei Räumen mit Ost- und Westausrichtung. Die Fensterbrüstung spielt eine untergeordnete Rolle, da dieser Bereich nur für eine Tageslichtversorgung auf dem Boden relevant ist.

### 5.2.2.4 Fassadengestaltung: Anzahl der Fenster / Fensterform

#### Fragestellung

Untersucht werden soll, ob die Fensterform bzw. die Anzahl der Fenster einen Einfluss auf den Energiebedarf und den thermischen Komfort sowie auf die Tageslichtversorgung im Gebäude haben. Welchen Einfluss hat das Fensterbild der Fassade auf die zuvor genannten Kriterien heute und in Zukunft? Sind künftig mehrere vertikale Fensterelemente zu empfehlen oder welchen Einfluss haben andere Formgebungen wie bspw. das Bandfenster?

#### Beschrieb

Da der Fensteranteil der Referenzwohnung bereits recht hoch ist und nur wenig Variationen zulassen würde, wurde als **Referenz** für diesen Parameter eine **reduzierte Fenstergröße von – 25 %** gewählt. Dies entspricht der in Abschnitt 5.2.2.2 untersuchten «Option 1».

Untersucht wurden ein **horizontales Bandfenster** («Option 1») sowie **drei vertikale Fensterelemente** («Option 2»), wobei der Fensteranteil gleichbleibt. Bei «Option 1» wurde die Höhe des Fensters reduziert, so dass sich das Fenster über die gesamte Fassadenbreite erstreckt, der Sturz wurde dabei beibehalten. Bei «Option 2» wurde die Fensterfläche gedrittelt, der Sturz wurde ebenso beibehalten und die Fenster bis zum Boden verlängert (Abbildung 51).

**Anmerkung:** Diese Variationen wurden nur an der Fassadenseite der Zimmer simuliert, d.h. in beiden Zimmern sowie an einem Fenster des Wohnbereichs. Grund dafür ist, dass die Proportionen der Balkenfenster des Wohnbereichs (Hauptfassade) kaum verändert werden können, da der Bereich der Loggia bereits zu 75 % verglast ist. Bei der Analyse dieses Parameters wurden somit insbesondere die Ergebnisse für das Zimmer 1 detailliert betrachtet.

Um den Einfluss des Fensterbildes auf die Energiebilanz, den thermischen Komfort sowie die Tageslichtversorgung zu untersuchen, wurden die nachfolgenden Optionen betrachtet:

**Referenz:** Fensterflächenanteil 25 % kleiner (analog «Option 1» der Parametervariation «Fensteranteil» | Abschnitt 5.2.2.2)

**Option 1:** Bandfenster horizontal | gesamte Fassadenbreite

**Option 2:** 3 vertikale Fensterelemente pro «originales» Fenster

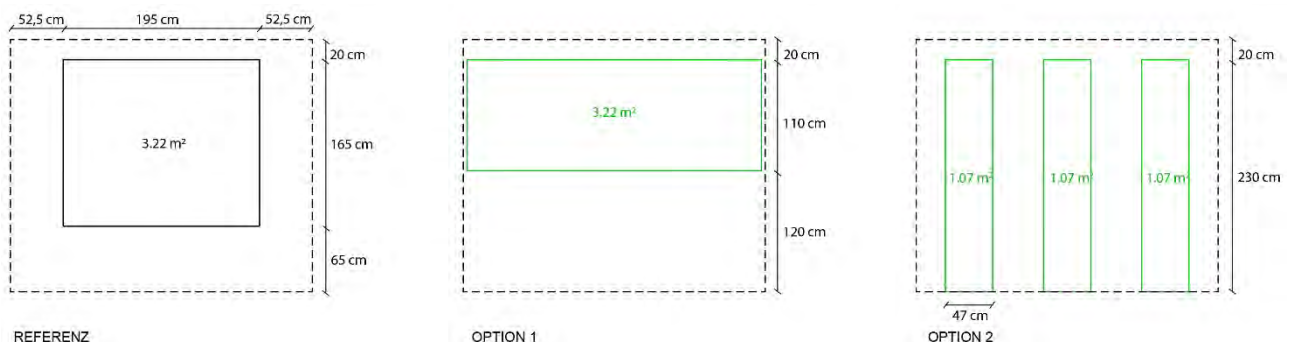


Abbildung 51: Parametervariationen für die Fassadengestaltung (Anzahl der Fenster / Fensterform)

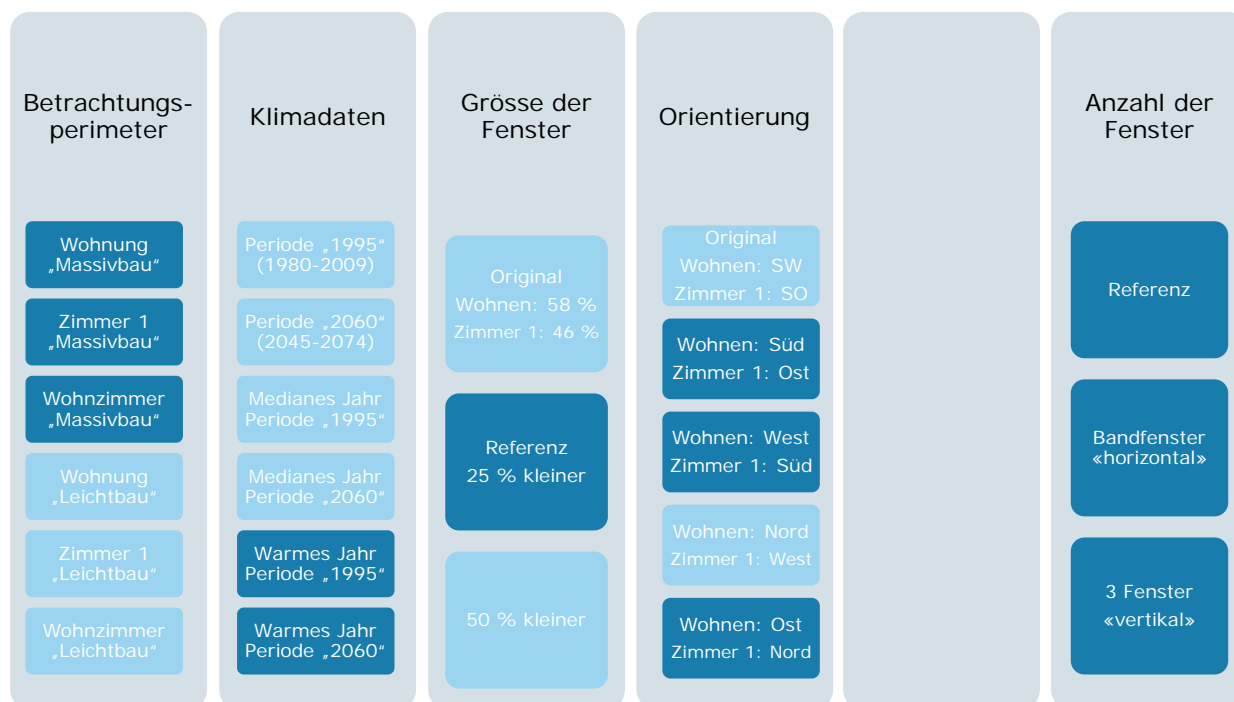


Abbildung 52: Übersichtsmatrix zu den kombinierten Simulationsparametern hinsichtlich der Fassadengestaltung (Anzahl der Fenster / Fensterform).

## Energie und thermische Behaglichkeit

### Heutiges warmes Referenzjahr

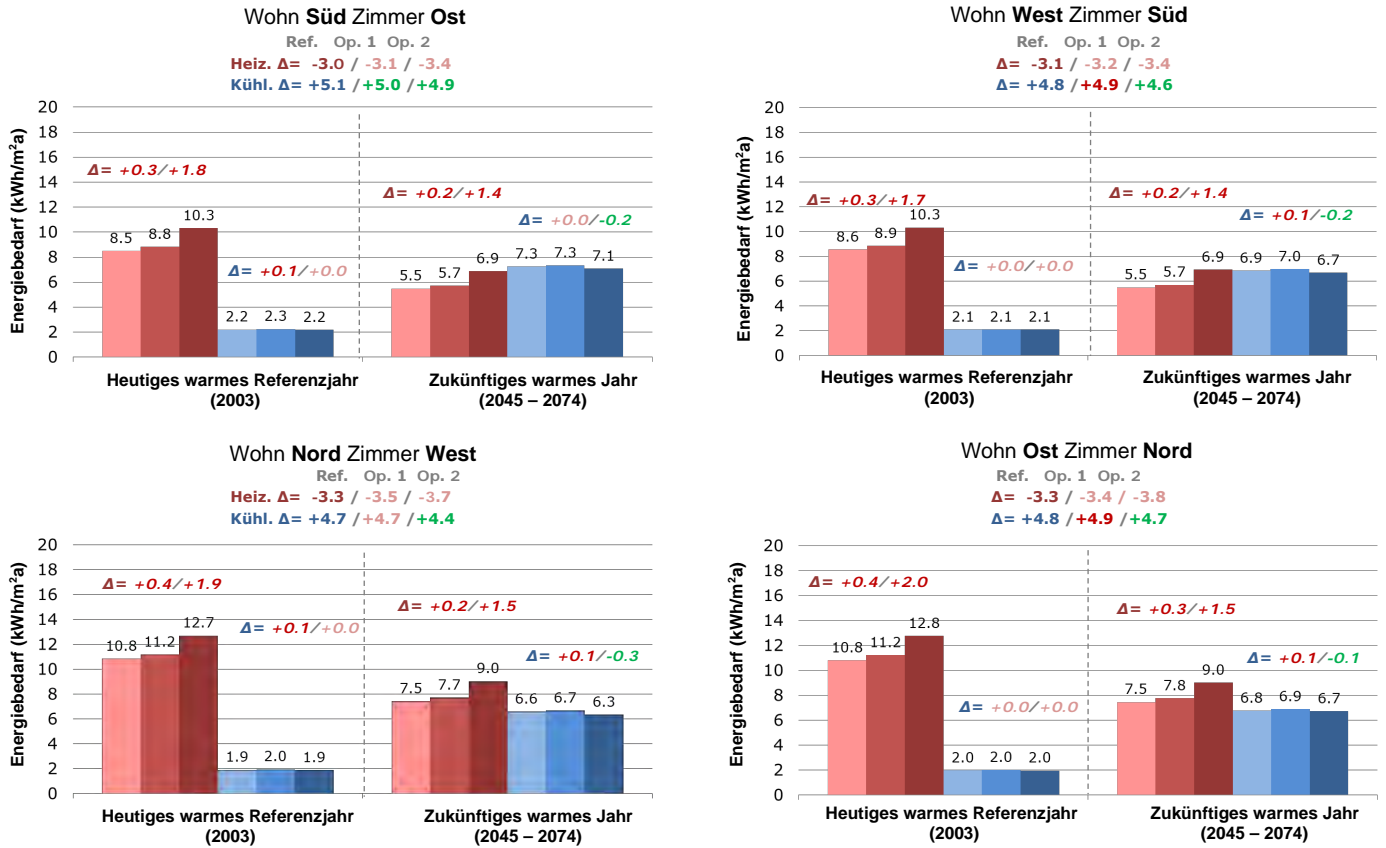
- Heizwärmebedarf: Der Heizwärmebedarf steigt durch das Bandfenster («Option 1») nur leicht an, bei den drei vertikalen Fensterelementen («Option 2») ist dieser Anstieg viel grösser. In absoluten Zahlen betrachtet ist dabei in beiden Varianten der grösste Anstieg in Nordausrichtung erkennbar.
- Klimakältebedarf: Der Klimakältebedarf steigt durch das Bandfenster ebenfalls geringfügig an, wobei der grösste Anstieg in Ostausrichtung zu verzeichnen ist, im Süden gibt es keinen Unterschied zur «Referenz». Die drei vertikalen Fensterelemente wirken sich positiv auf den Klimakältebedarf aus, wobei die Einsparung im heutigen Klimaszenario eher gering ist. Der grösste Einfluss ist im Osten und Westen zu erkennen, im Norden gibt es keine Einsparung.
- Endenergieverbrauch: Gesamtenergetisch schneidet «Option 2» am schlechtesten ab. Die Unterschiede zwischen «Option 1» und der «Referenz» sind minimal, wobei das Fensterband einen leicht höheren Endenergieverbrauch aufweist.
- Thermische Behaglichkeit: Das Bandfenster wirkt sich negativ auf die Anzahl Überhitzungsstunden aus, insbesondere in östlicher Orientierung. Die drei vertikalen Fensterelemente schneiden angesichts der Anzahl Überhitzungsstunden am besten ab, insbesondere in Ost- und West-Ausrichtung.

### Zukünftiges warmes Jahr

- Angesichts des Klimawandels werden diese Unterschiede verstärkt, wodurch der Einfluss der Orientierung an Bedeutung gewinnen wird.

- Heizwärmebedarf: Der Heizwärmebedarf steigt in «Option 1» weiterhin nur geringfügig an, in «Option 2» ist der Anstieg markanter und wird prozentual betrachtet durch den Klimawandel sogar verstärkt, da der Heizwärmebedarf generell sinken wird. In absoluten Zahlen betrachtet ist der Anstieg des Heizwärmebedarfs in «Option 1» im Westen und Norden und in «Option 2» im Norden am grössten.
- Klimakältebedarf: In absoluten Zahlen betrachtet, wird der Anstieg des Klimakältebedarfs durch das Bandfenster in Zukunft leicht verstärkt, wobei insbesondere in Ost- und Nordausrichtung der grösste Anstieg sichtbar wird. Die Einsparungen durch den Einsatz von vertikalen Fensterelementen werden prozentual geringer, aber in absoluten Zahlen betrachtet zunehmen. Dabei sind insbesondere in Ost- und West-Ausrichtung die grössten Einsparungen möglich.
- Endenergieverbrauch: Gesamtenergetisch schneidet «Option 2» auch in Zukunft am schlechtesten ab, insbesondere in nördlicher Ausrichtung. Der Unterschied zu den anderen Varianten nimmt aber angesichts des Klimawandels ab. Das Bandfenster liegt in der Gesamtbilanz nur leicht höher als die «Referenz», wobei diese Differenz – in Anbetracht der absoluten Zahlen - zunimmt.
- Thermische Behaglichkeit: Das Bandfenster wirkt sich negativ auf die Anzahl Überhitzungsstunden aus, insbesondere im Westen. Dahingegen schneiden die drei vertikalen Fensterelemente hinsichtlich der Behaglichkeit insbesondere in Süd-Ausrichtung am besten ab, aber auch in östlicher und westlicher Orientierung haben diese Elemente einen positiven Einfluss.

Eine detaillierte Zusammenstellung der Ergebnisse befindet sich im Anhang 9.6.4 «Fassadengestaltung: Anzahl der Fenster / Fensterform».



- Heizwärmebedarf Referenz: Flächenanteil 25% kleiner
- Heizwärmebedarf Option 1: Bandfenster horizontal
- Heizwärmebedarf Option 2: 3 vertikale Elemente
- Klimakältebedarf Referenz: Flächenanteil 25% kleiner
- Klimakältebedarf Option 1: Bandfenster horizontal
- Klimakältebedarf Option 2: 3 vertikale Fensterelemente

Abbildung 53: Heizwärme- und Klimakältebedarf in Abhängigkeit von der Fassadengestaltung.

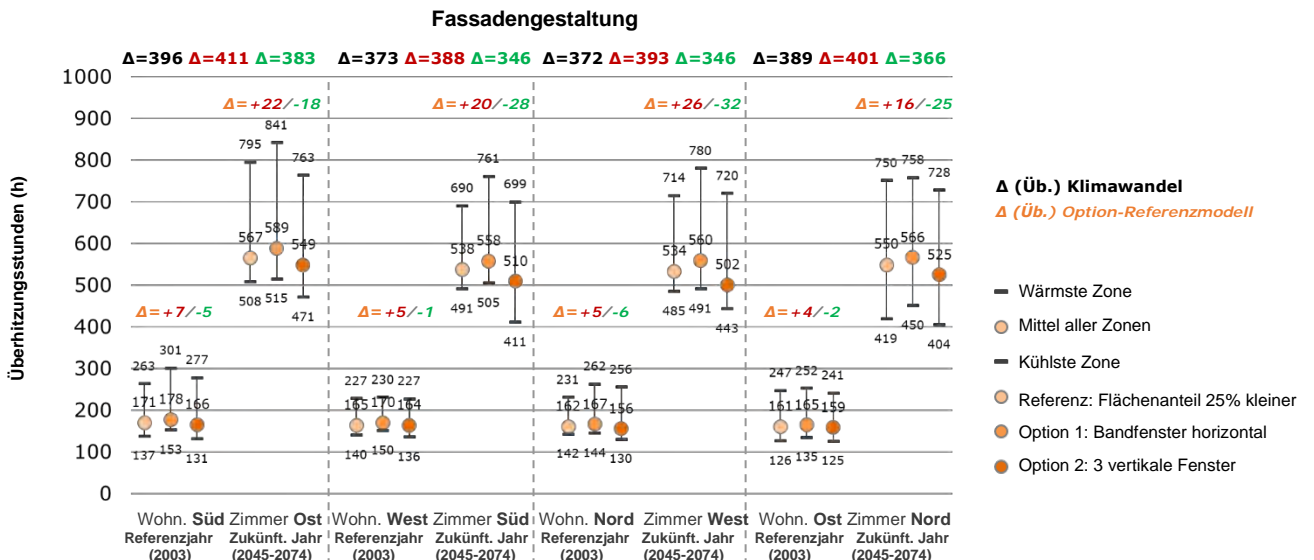


Abbildung 54: Anzahl Überheizungsstunden in Abhängigkeit von der Fassadengestaltung.

## **Tageslicht**

Tabelle 23 gibt eine Übersicht über die Resultate der Tageslichtanalyse.

### Tageslichtversorgung

Durch das Bandfenster kann die Tageslichtversorgung im fensternahen Bereich von Zimmer 1 und im Wohnbereich leicht verbessert werden. Dies liegt daran, dass beim Referenzfenster die Brüstung unterhalb der Bezugsebene liegt, womit ein Teil des durchs Fenster eindringende Tageslicht nur indirekt berücksichtigt wird. Beim Bandfenster ist jedoch die gesamte Glasfläche oberhalb der Bezugsebene, was zu einem besseren Ergebnis führt. Die Variante mit drei vertikalen Fensterelementen führt hingegen zu einer deutlichen Reduktion der Tageslichtversorgung in Zimmer 1 und im Wohnbereich und ist dementsprechend nicht empfehlenswert. Zu beachten ist, dass bei allen drei Varianten die Anforderungen an die Tageslichtversorgung nicht erfüllt werden.

### Besonnungsdauer

Verglichen mit dem Referenzfenster erzielt das Bandfenster eine leichte Verbesserung der Besonnungsdauer im Süden. Aufgrund der höheren Brüstung liegt der Bezugspunkt bei dieser Variante auf 1.50 m (statt 1.20 m) und es gibt nur noch 0.80 m Verglasung oberhalb dieses Punktes (statt 1.10 m). Der positive Einfluss der Verbreiterung des Fensters überwiegt jedoch dem negativen Einfluss dieser reduzierten Höhe.

Die Norm SN EN 17037:2019 [3] empfiehlt bei mehreren Öffnungen in verschiedenen Fassaden die Dauer der Sonnenlichtverfügbarkeit zu kumulieren, wenn diese nicht gleichzeitig auftritt. Zu mehreren Öffnungen in der gleichen Fassade gibt es keine Angaben. Da die drei vertikalen Fenster zeitgleich besonnt werden, wird deren Besonnungsdauer nicht kumuliert. Im Süden verschlechtert sich der Wert, wobei aber immer noch die Stufe «mittel» erreicht wird. Die ungenügende Besonnungsdauer bei einer Ost- und Westausrichtung entsteht aufgrund der geringen Breite eines solchen Fensters (0.47 m). Um den positiven Einfluss der zwei weiteren vertikalen Fenster sichtbar zu machen, wurde auch analysiert, wie die Besonnungsdauer aussieht, wenn die drei Fenster zu einem grossen Fenster vereint werden würden (2.20 m breit | 2.30 m hoch | mittige Lage). In dieser Betrachtung ist die Besonnungsdauer in einer Ost- und Westausrichtung mit derjenigen des Referenzfensters identisch und diejenige mit einer Südausrichtung aufgrund der grösseren Fensterbreite sogar besser.

### Aussicht

Der horizontale Sichtwinkel von Zimmer 1 beim Referenzfenster entspricht der Stufe «gering». Derjenige des Bandfensters entspricht gemäss Bild C.3 der Norm SN EN 17037:2019 [3] der Stufe «mittel». Gemäss Norm dürfen die Breiten der drei vertikalen Fenster addiert werden. Der so ermittelte horizontale Sichtwinkel entspricht gemäss Bild C.2 der Stufe «gering». Die Empfehlung der Norm wird somit bei allen drei Varianten erfüllt.

Tabelle 23: Ergebnisse zum Tageslichtquotient und zur Besonnungsdauer gemäss SN EN 17037:2019 [3] in Zimmer 1 (oben) und im Wohnbereich (unten) im 2. OG mit unterschiedlichen Fensterformen und Orientierungen unter Berücksichtigung der umliegenden Gebäude; grau hinterlegte Werte erfüllen die Anforderungen nicht.

			Tageslichtquotient			Besonnungsdauer	
			100%	50%	Stufe	Stunden	Stufe
Zimmer 1	Referenz Fenster 25 % kleiner	Zimmer 1 Ost	0.3	1.1	Ungenügend	3 h	Mittel
		Zimmer 1 Süd				8 h	Hoch
		Zimmer 1 West				3 h	Mittel
		Zimmer 1 Nord				0 h	Ungenügend
	Option 1 Bandfenster «horizontal»	Zimmer 1 Ost	0.3	1.4	Ungenügend	3 h	Mittel
		Zimmer 1 Süd				9 h	Hoch
		Zimmer 1 West				3 h	Mittel
		Zimmer 1 Nord				0 h	Ungenügend
	Option 2 3 Fenster „vertikal“ [«vertikal» (vereint)]	Zimmer 1 Ost	0.2	0.7	Ungenügend	0.5 h [3 h]	Ungenügend [Mittel]
		Zimmer 1 Süd				3.5 [9 h]h	Mittel [Hoch]
		Zimmer 1 West				0.5 [3 h]h	Ungenügend [Mittel]
		Zimmer 1 Nord				0 h [0 h]	Ungenügend [Ungenügend]
Wohnbereich	Referenz Fenster 25 % kleiner	Wohn. Süd	0.5	1.8	Ungenügend	---	---
		Wohn. West				---	---
		Wohn. Nord				---	---
		Wohn. Ost				---	---
	Option 1 Bandfenster «horizontal»	Wohn. Süd	0.4	1.9	Ungenügend	---	---
		Wohn. West				---	---
		Wohn. Nord				---	---
		Wohn. Ost				---	---
	Option 2 3 Fenster „vertikal“	Wohn. Süd	0.4	1.6	Ungenügend	---	---
		Wohn. West				---	---
		Wohn. Nord				---	---
		Wohn. Ost				---	---

Die Details der Besonnungsdauer-Analyse von Zimmer 1 befinden sich im Anhang 9.6.4.3 «Fassadengestaltung: Anzahl der Fenster / Fensterform - Besonnungsdauer».

## Erkenntnisse

Aus energetischer Sicht schneiden beide untersuchten Optionen schlechter ab als die «Referenz». Das Bandfenster («Option 1») ist sowohl hinsichtlich Heizwärme- als auch Klimakältebedarf nicht zu empfehlen (wobei die Unterschiede zur «Referenz» eher geringfügig sind). Die drei vertikalen Fensterelemente («Option 2») führen zu einem Anstieg des Heizwärmebedarfs in allen Orientierungen, gleichzeitig wird durch diese Elemente jedoch der Klimakältebedarf – insbesondere in Ost- und West-Ausrichtung gesenkt. Dies ist zum Teil auf die grössere Verschattung durch die senkrechte Laibung (da diese nun dreifach auftritt) sowie auf die Verluste über Wärmebrücken (aufgrund des grösseren Fensterumfangs) zurückzuführen. Gesamtenergetisch betrachtet schneidet «Option 2» jedoch heute und in Zukunft in allen Orientierungen schlechter ab als die anderen Varianten, wobei diese Differenz angesichts des Klimawandels sinkt. Gleichzeitig haben die drei vertikalen Fensterelemente einen positiven Einfluss auf den thermischen Komfort im Gebäude – insbesondere in Süd-, Ost- und Westausrichtung und könnten angesichts des Klimawandels künftig an Bedeutung gewinnen. Hierfür spricht auch die Besonnungsdauer, denn bei

einer «grosszügigen» Auslegung der Norm (d.h. ein «vereintes» Fenster statt drei Fenster) schneidet diese Variante sogar besser ab als das Referenzfenster. Allerdings müssten hierbei erhebliche Einbussen in der Tageslichtversorgung in Kauf genommen werden.

Das Bandfenster wirkt sich ebenso hinsichtlich des thermischen Komforts im Gebäude heute und in Zukunft leicht negativ aus. Jedoch könnte durch das Bandfenster die Tageslichtversorgung, die Besonnungsdauer und die Aussicht im Vergleich zum Referenzfenster etwas verbessert werden.



### 5.2.2.5 Bauliche Elemente: Auskragung (horizontal)

#### Fragestellung

Untersucht wurde, welche Auswirkungen bauliche Verschattungselemente, wie Balkone oder andere horizontale Auskragungen, heute und in Zukunft haben werden: Welchen Einfluss kann diesen fixen Elementen in Bezug auf die Energieeffizienz, thermische Behaglichkeit sowie auf die Tageslichtversorgung im Gebäude zugeschrieben werden? Steigt die Bedeutung des festen horizontalen Sonnenschutzes künftig an?

#### Beschrieb

Die Analyse des Parameters erfolgte vorwiegend anhand von Zimmer 1, da die zusätzlichen baulichen Elemente nur an dieser Fassadenseite platziert werden. Grund dafür ist, dass bei der Hauptfassade des Wohnbereichs bereits eine Loggia vorhanden ist und der Einfluss des Parameters an dieser Fassade entsprechend gering wäre.

Die **Referenz** wurde analog dem Beispielgebäude simuliert und keine zusätzlichen baulichen Elemente berücksichtigt. Mit «Option 1» wurde eine horizontale Auskragung von 1 m über die gesamte Fassadenlänge hinzugefügt, mit «Option 2» wurde diese Auskrragung auf 2 m verbreitert (Abbildung 55).

**Anmerkung:** Bei den Simulationen der baulichen Elemente blieb der bewegliche Sonnenschutz des Referenzgebäudes erhalten. Die untersuchten festen Elemente allein könnten den notwendigen Sonnenschutz nicht gewährleisten.

Der Einfluss von horizontalen baulichen Elementen auf den Energiebedarf, die thermische Behaglichkeit sowie auf die Tageslichtversorgung wurde demnach anhand folgender Optionen untersucht:

**Referenz:** Keine zusätzlichen horizontalen baulichen Elemente vorhanden.

**Option 1:** Zusätzliche horizontale Auskrragung von 1 m über die gesamte Länge der Fassadenseite der Zimmer (Absturzsicherung wurde berücksichtigt)

**Option 2:** Zusätzliche horizontale Auskrragung von 2 m über die gesamte Länge der Fassadenseite der Zimmer (Absturzsicherung wurde berücksichtigt)

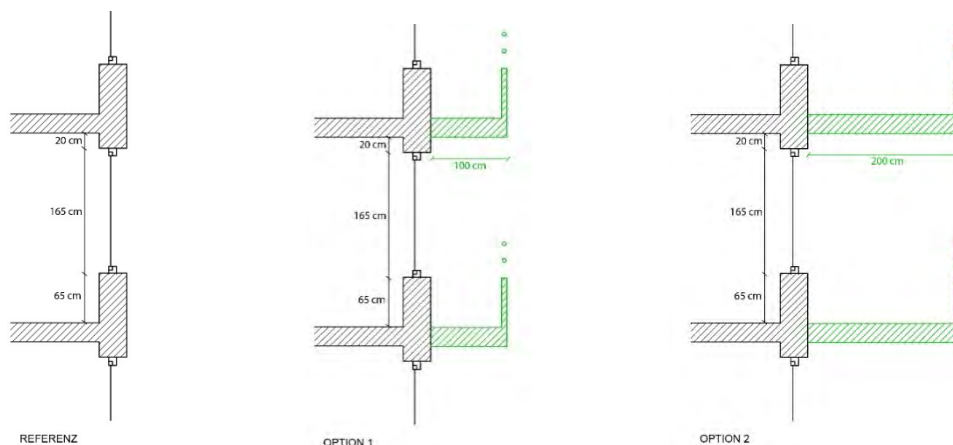


Abbildung 55: Parametervariationen für bauliche Elemente: Auskragungen (horizontal) an der Fassadenseite der Zimmer

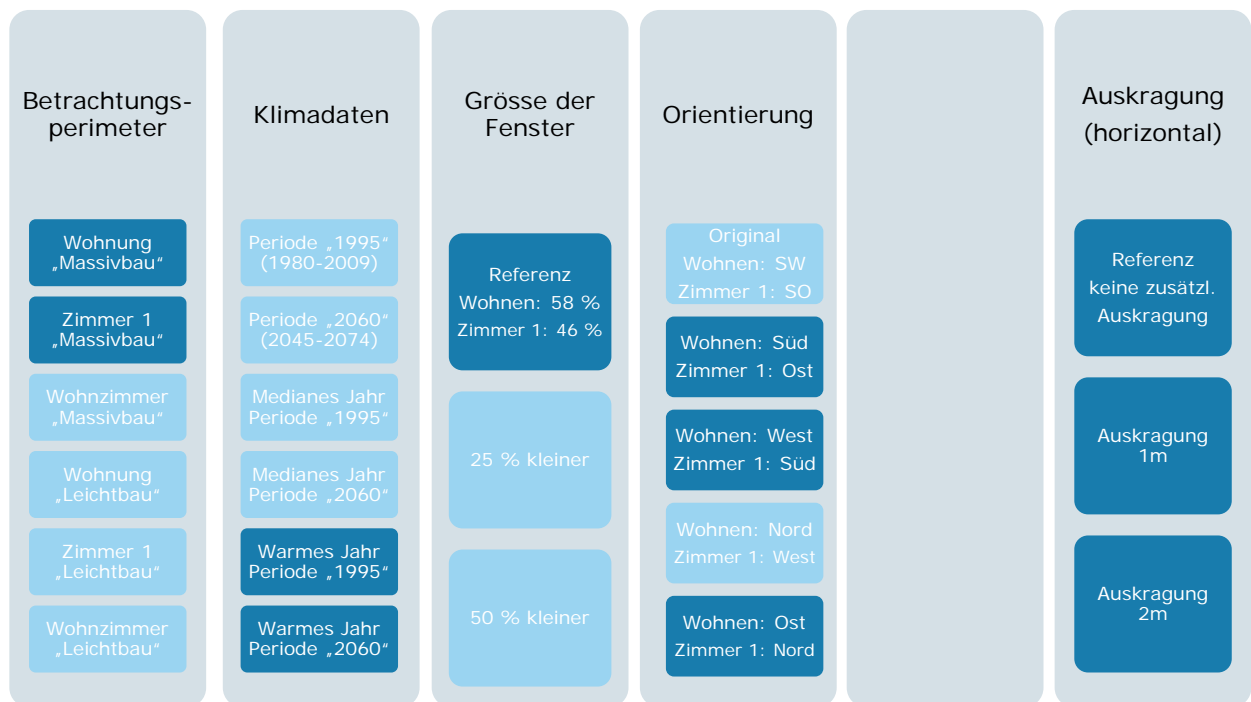


Abbildung 56: Übersichtsmatrix zu den kombinierten Simulationsparametern hinsichtlich baulichen Elementen (horizontale Auskrragung)

## Energie und thermische Behaglichkeit

### Heutiges warmes Referenzjahr

- Heizwärmebedarf: «Option 1» sowie «Option 2» führen zu einem Anstieg des Heizwärmebedarfs in allen Orientierungen, wobei die solaren Wärmeerträge insbesondere im Süden gemindert werden.
- Klimakältebedarf: Hinsichtlich des Klimakältebedarfs wirken sich die zusätzlichen baulichen Auskragungen positiv aus, insbesondere in den Orientierungen Ost. Aber auch im Süden ist der Klimakältebedarf geringer.
- Endenergieverbrauch: Gesamtenergetisch betrachtet, schneiden die Variationen mit zusätzlichen baulichen Auskragungen schlechter ab als die «Referenz». Insbesondere eine 2 m Auskrragung in südlicher Ausrichtung ist eher ineffizient.
- Thermische Behaglichkeit: Hinsichtlich der Anzahl Überhitzungsstunden sind zusätzliche bauliche Auskragungen jedoch empfehlenswert. Die Reduzierung ist insbesondere in Ostausrichtungen am grössten, die Anzahl Überhitzungsstunden aber im Süden insgesamt am geringsten. «Option 2» schneidet hier am besten ab, verglichen mit den übrigen Variationen.

### Zukünftiges warmes Jahr

- Heizwärmebedarf: Der Heizwärmebedarf wird auch künftig durch die zusätzlichen baulichen Elemente ansteigen, jedoch ist dieser Anstieg im Vergleich zum heutigen Szenario in absoluten Zahlen betrachtet geringer.

- Klimakältebedarf: Hinsichtlich des Klimakältebedarfs und angesichts des Klimawandels schneiden die Variationen mit zusätzlichen baulichen Elementen in allen Orientierungen verglichen mit der «Referenz» besser ab, insbesondere in Ost-Orientierung.
- Endenergieverbrauch: Im künftigen Klimaszenario werden horizontale Auskragungen an Bedeutung gewinnen. «Option 1» mit einer 1 m tiefen Auskragung erreicht die besten Ergebnisse in Süd-Ausrichtung. «Option 1» und «Option 2» schneiden in Ost- Ausrichtung gleich gut ab. In Nord-Orientierung liegt der Endenergieverbrauch in allen Varianten bei einem ähnlichen Wert.
- Thermische Behaglichkeit: Auch hinsichtlich der Anzahl Überhitzungsstunden im Gebäude werden horizontale Auskragungen zukünftig weiter an Bedeutung gewinnen. Dies gilt auch in Nordausrichtung.

Eine detaillierte Zusammenstellung der Ergebnisse befindet sich im Anhang 9.6.5 «Bauliche Elemente: Auskragung (horizontal)».

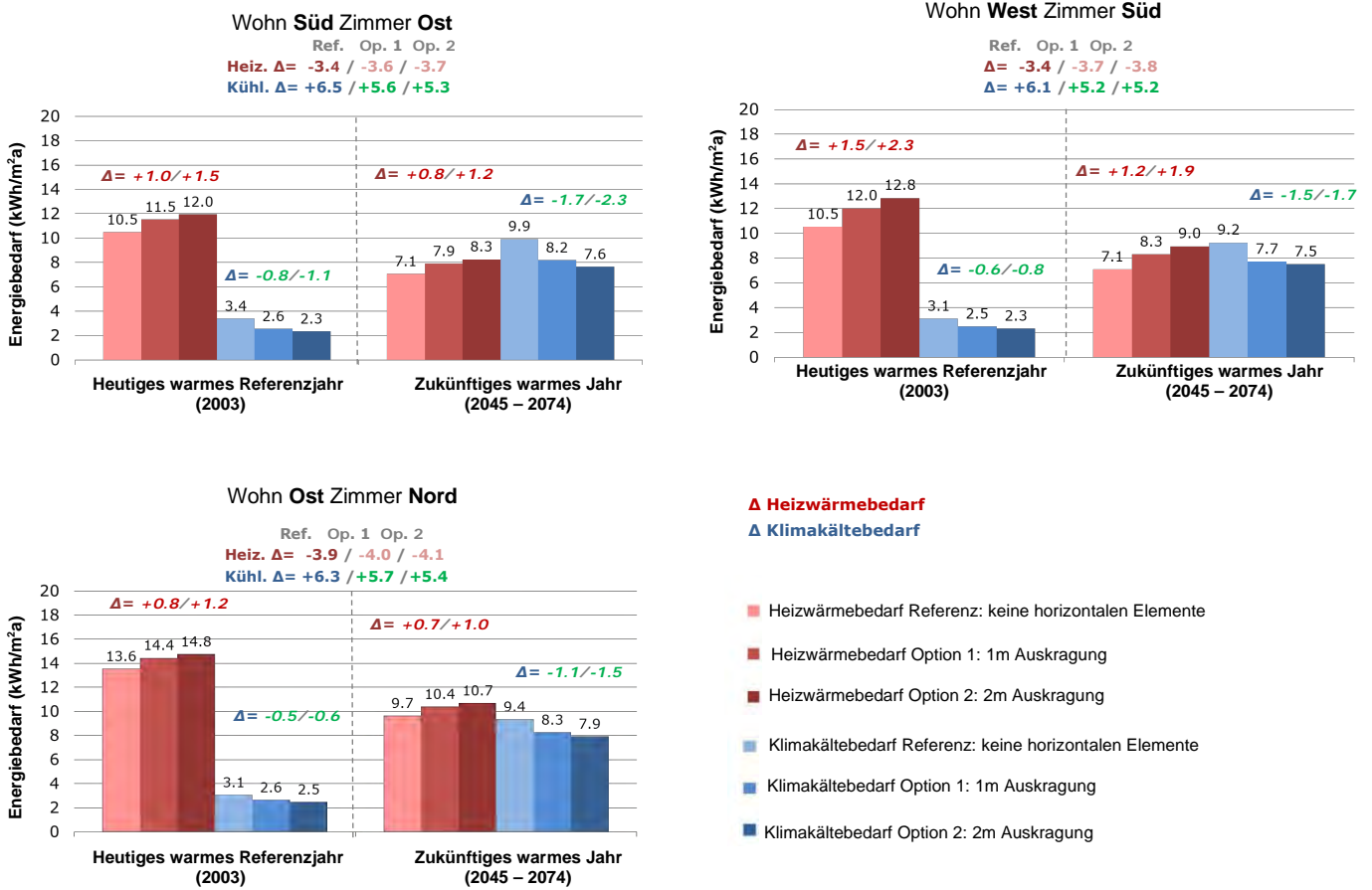


Abbildung 57: Heizwärme- und Klimakältebedarf in Abhängigkeit von baulichen Elementen: Auskragung (horizontal).

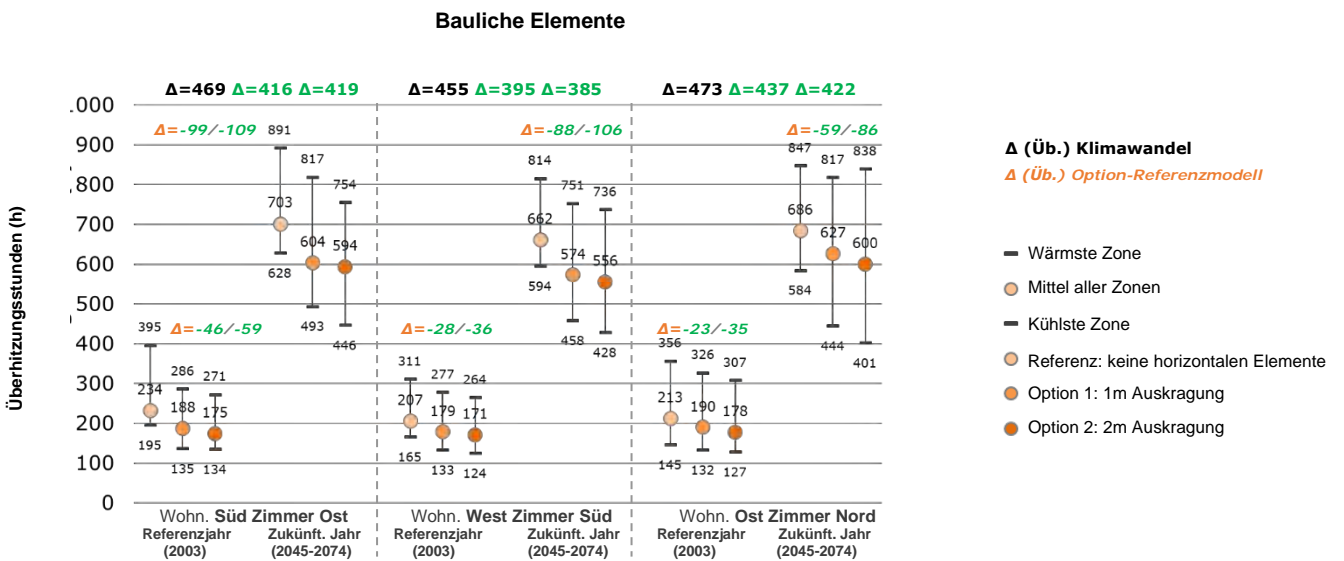


Abbildung 58: Anzahl Überhitzungsstunden in Abhängigkeit von baulichen Elementen: Auskragung (horizontal).

## Tageslicht

**Anmerkung:** In den Simulationen wurde analog dem Referenzobjekt ein Fenstersturz von 20 cm angenommen. Eine horizontale Auskrragung würde **ohne Sturz** einen grösseren Einfluss auf die Tageslichtversorgung haben. Tabelle 24 gibt eine Übersicht über die Resultate der Tageslichtanalyse.

### Tageslichtversorgung

Der Tageslichtquotient verschlechtert sich deutlich durch die zusätzlichen horizontalen Auskragungen. Insbesondere ist von einer 2 m Auskrragung abzuraten. Je grösser die Auskrragung, desto schlechter wird der Tageslichtquotient und die Tageslichtversorgung im Raum. Dies gilt nicht nur an den Tagen, an denen der Raum vor Überhitzung geschützt werden soll, sondern auch an den restlichen Tagen im Jahr. Als sommerlicher Wärmeschutz sollten veränderliche Elemente (Storen etc.) den ortfesten Bauelementen daher vorgezogen werden.

### Besonnungsdauer

Die gleiche Aussage gilt auch für die Besonnungsdauer: Durch eine horizontale Auskrragung von 2 m verschlechtert sich die Besonnungsdauer deutlich und die Anforderungen der Norm können nicht mehr eingehalten werden (in allen Orientierungen). «Option 2» ist demnach nicht zu empfehlen. Auch durch eine horizontale Auskrragung von 1 m verschlechtert sich die Besonnungsdauer in Ost- und West-Ausrichtung, jedoch können die Anforderungen der Norm weiterhin eingehalten werden (Stufe «gering»). Bei einer Süd-Ausrichtung erfolgt die Besonnung nicht mehr durchgehend (Anhang 9.6.5 / Abbildung 107). Deshalb wurde die Dauer halbiert, was aber weiterhin der Stufe «hoch» entspricht.

### Aussicht

Der horizontale Sichtwinkel von Zimmer 1 («Referenz») entspricht gemäss Bild C.3 der Norm SN EN 17037:2019 [3] der Stufe «mittel», die Anzahl sichtbarer Ebenen jedoch der Stufe «gering». Eine Auskrragung hat keinen Einfluss auf den horizontalen Sichtwinkel, auf die Anzahl sichtbarer Ebenen jedoch schon. Je tiefer die Auskrragung desto näher am Fenster werden die Ebenen «Himmel» und «Boden» erst sichtbar. Da mindestens eine Ebene immer sichtbar ist, entsprechen «Option 1» und «Option 2» der Stufe «gering».

Tabelle 24: Ergebnisse zum Tageslichtquotient und zur Besonnungsdauer gemäss SN EN 17037:2019 [3] in Zimmer 1 im 2. OG mit unterschiedlichen Auskragungstiefen und Orientierungen unter Berücksichtigung der umliegenden Gebäude; grau hinterlegte Werte erfüllen die Anforderungen nicht.

			Tageslichtquotient			Besonnungsdauer	
			100%	50%	Stufe	Stunden	Stufe
Zimmer 1	Referenz keine Auskragung	Zimmer 1 Ost	0.4	1.5	Ungenügend	3 h	Mittel
		Zimmer 1 Süd				9 h	Hoch
		Zimmer 1 Nord				0 h	Ungenügend
	Option 1 Auskragung 1 m	Zimmer 1 Ost	0.3	0.7	Ungenügend	1.5 h	Gering
		Zimmer 1 Süd				4.5 h	Hoch
		Zimmer 1 Nord				0 h	Ungenügend
	Option 2 Auskragung 2 m	Zimmer 1 Ost	0.2	0.3	Ungenügend	0.5 h	Ungenügend
		Zimmer 1 Süd				0 h	Ungenügend
		Zimmer 1 Nord				0 h	Ungenügend

Die Details der Besonnungsdauer-Analyse von Zimmer 1 befinden sich im Anhang 9.6.5.3 «Bauliche Elemente: Auskragung (horizontal) - Besonnungsdauer».

### Erkenntnisse

Heutzutage führen die zusätzlichen horizontalen Auskragungen zu einem grösseren Anstieg des Heizwärmebedarfs als die damit verbundene Reduzierung des Klimakältebedarfs. In Zukunft wird sich die Bedeutung dieser baulichen Elemente aber ändern: In Ost- und Süd-Ausrichtung kann durch die horizontalen Auskragungen ein geringerer Endenergieverbrauch erreicht werden. Einzig in nördlicher Orientierung schneiden die Varianten gesamtenergetisch mit und ohne Auskragung ähnlich ab. Im Süden ist eine 1 m tiefe Auskragung vorteilhafter, da die solaren Gewinne durch eine Tiefe von 2 m erheblich reduziert werden. Im Osten wiederum ist eine 2 m tiefe Auskragung durchaus positiv, da die Reduktion des Klimakältebedarfs zukünftig grösser ist als die Zunahme des Heizwärmebedarfs.

Hinsichtlich des thermischen Komforts kann durch die Auskragungen in allen Orientierungen die Anzahl Überhitzungsstunden deutlich reduziert werden, dies gilt auch in nördlicher Ausrichtung.

**Anmerkung:** Wird ein Gebäude in einer freien Umgebung betrachtet (ohne die Verschattung durch Nachbargebäude etc.), kann der Anstieg des Klimakältebedarfs künftig entscheidender werden als der Heizwärmebedarf – Feste Beschattungselemente könnten in diesem Kontext aus energetischer und thermischer Sicht an Bedeutung gewinnen.

Mit Blick auf das Tageslicht hingegen gilt generell: Je grösser die Auskragung, desto schlechter die Tageslichtversorgung sowie die Besonnungsdauer. Diesbezüglich ist insbesondere eine 2 m tiefe Auskragung nicht empfehlenswert, denn durch sie werden die Anforderungen der Norm für beide Kriterien in allen Orientierungen nicht erfüllt. Eine Auskragung von 1 m verschlechtert die Tageslichtversorgung ebenso deutlich, jedoch werden die Anforderungen der Norm hinsichtlich der Besonnungsdauer weiterhin eingehalten.

Der Verzicht auf Auskragungen ist eines der zentralen Kriterien für eine gute Tageslichtversorgung. Der Sommerliche Wärmeschutz sollte diesbezüglich nicht mit festen Elementen realisiert werden, sondern wenn möglich mit flexiblen Elementen (Storen etc.) sowie durch Begrünungsmassnahmen.

### 5.2.2.6 Beweglicher Sonnenschutz

#### Fragestellung

Unbestritten ist, dass ein beweglicher Sonnenschutz heute und in Zukunft essenziell für den thermischen Komfort und den Energiebedarf ist. Durch die Flexibilität dieser Elemente kann zudem die Tageslichtversorgung reguliert werden. Untersucht wurden verschiedene Materialien und die Farbgebung von beweglichen Sonnenschutzelementen. Dabei stellt sich die Frage: Welchen Einfluss hat die Art des Sonnenschutzes (Typ, Farbe, Durchlassgrad) heute und in Zukunft?

#### Beschrieb

In der **Referenz** wurde eine helle Stoffmarkise analog dem realen Objekt angenommen. In «Option 1» wurde die Farbe geändert, indem eine dunkle Stoffmarkise untersucht wurde. Mit «Option 2» wurde eine helle Lamellenstore mit einem Lichtreflexionsgrad von 83 % simuliert, wobei die Lamellen um 66° gekippt angenommen wurden. Bei dieser Lamellenstellung tritt keine direkte Sonneneinstrahlung in den Raum.

**Anmerkung:** Bei allen Variationen wurde der Sonnenschutz immer zu 2/3 geschlossen simuliert (Abbildung 59), um eine adäquate Bedienung beizubehalten. Wird der Sonnenschutz komplett geschlossen, erhöhen sich die Unterschiede entsprechend.

Der Einfluss verschiedener beweglicher Sonnenschutzelemente auf den Energiebedarf, die thermische Behaglichkeit sowie auf die Tageslichtversorgung wurde demnach anhand folgender Optionen untersucht:

**Referenz:** Stoffmarkise «hell»:  $g_{\text{total}} = 0.12$  |  $T_{\text{vis}} = 0.16$  | Farbe: weiss

**Option 1:** Stoffmarkise «dunkel»:  $g_{\text{total}} = 0.075$  |  $T_{\text{vis}} = 0.02$  | Farbe: braun

**Option 2:** Lamellenstore «silber»: Lamellen 66° gekippt | Farbe: hellgrau

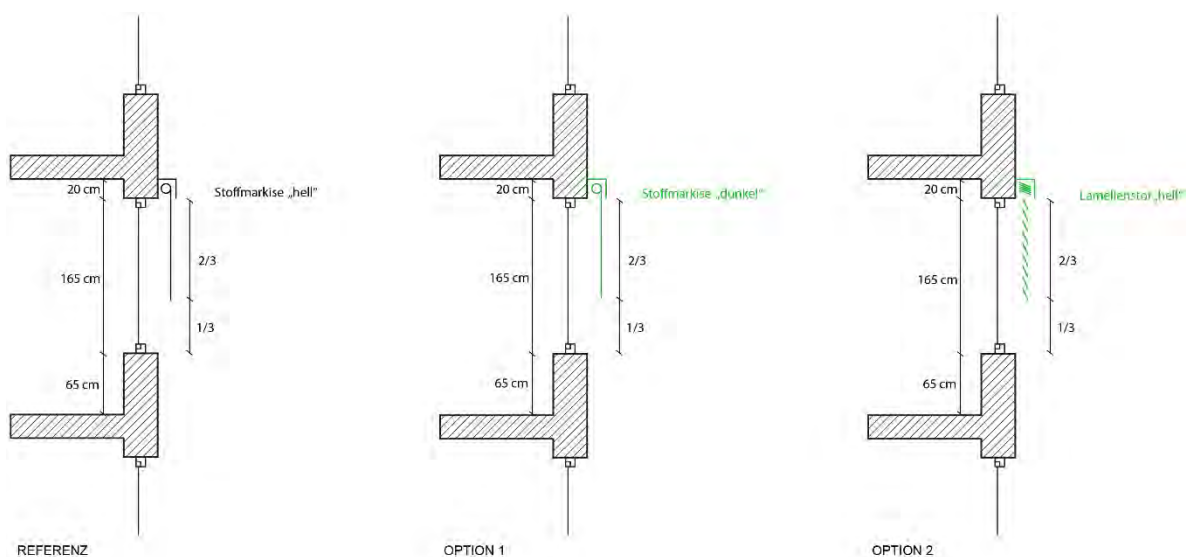


Abbildung 59: Parametervariationen für verschiedene bewegliche Sonnenschutzelemente.



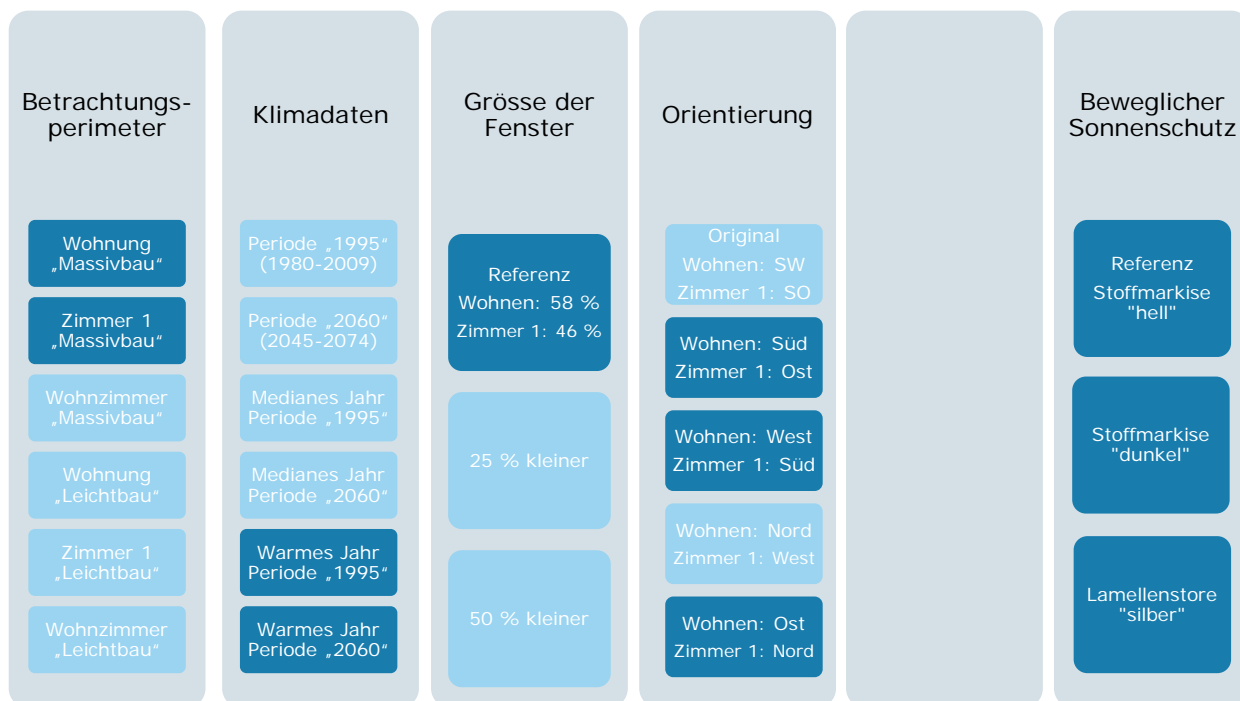


Abbildung 60: Übersichtsmatrix zu den kombinierten Simulationsparametern hinsichtlich beweglichem Sonnenschutz

### Energie und thermische Behaglichkeit

**Anmerkung:** Bei den Simulationen verwendet IDA-ICE für die beiden Arten von Sonnenschutzelemente (Stoffmarkise und Lamellenstore) unterschiedliche Modelle. Diese verschiedenen Berechnungsmethoden können einen Einfluss auf die Ergebnisse haben, was die Vergleichbarkeit der beiden Systeme einschränkt.

Ebenso gilt es zu beachten, dass die Lamellenstore ein verstellbares System ist, bei welchem die Lamellen manuell oder automatisch so positioniert werden können, dass die Sonneneinstrahlung und somit auch das Tageslicht besser genutzt werden kann als in den Simulationen angenommen. In den Simulationen wurde die gleiche Lamellenneigung während des ganzen Jahres beibehalten. Mittels einer Anpassung der Neigung der Lamellen an den Sonnenstand können solare Wärmeerträge sowie die Tageslichtversorgung besser kontrolliert werden.

#### Heutiges warmes Referenzjahr

- Heizwärmebedarf: Die Stoffmarkise «dunkel» erzielt leicht bessere Ergebnisse in Ost-, und Nord-Ausrichtung. Im Süden schneidet diese Variante etwas schlechter ab als die «Referenz». Die Lamellenstore führt zu einem Anstieg des Heizwärmebedarfs bei einer Ost- und Süd-Ausrichtung und erzielt leicht schlechtere Werte als die anderen Varianten.
- Klimakältebedarf: «Option 1» und insbesondere «Option 2» wirken sich leicht positiv auf den Klimakältebedarf in den Orientierungen Ost und Süd aus. Im Norden gibt es kaum Unterschiede zwischen den Varianten.

- Endenergieverbrauch: Insgesamt sind hinsichtlich der Energiebilanz kaum Unterschiede zwischen den Varianten zu erkennen.
- Thermische Behaglichkeit: Angesichts der Anzahl Überhitzungsstunden schneidet die «Referenz» in Ost- und Süd-Ausrichtung leicht schlechter ab als die anderen Varianten. Die Lamellenstore «silber» erzielt die besten Ergebnisse in den oben genannten Orientierungen. Im Norden sind kaum Unterschiede spürbar.

#### Zukünftiges warmes Jahr

- Heizwärmebedarf: Die Unterschiede hinsichtlich des Heizwärmebedarfs bleiben weiterhin gering. Die Stoffmarkise «hell» und Stoffmarkise «dunkel» haben in Ost- und Süd-Ausrichtung die gleichen Werte. Die Lamellenstore weist in Ost- und Süd-Ausrichtung weiterhin einen leicht höheren Heizwärmebedarf auf als die übrigen Varianten. Im Norden weisen «Option 1» und «Option 2» einen geringeren Heizwärmebedarf auf als die «Referenz».
- Klimakältebedarf: Die Differenzen beim Klimakältebedarf werden in Zukunft jedoch verstärkt. Die Stoffmarkise «hell» schneidet in den Orientierungen Ost und Süd am schlechtesten ab, die Lamellenstore «silber» hingegen am besten. In nördlicher Orientierung sind zwischen den Varianten kaum Unterschiede spürbar.
- Endenergieverbrauch: Betrachtet man den künftigen Endenergieverbrauch, so weist die «Referenz» die höchsten Werte auf - ausser im Norden, wo die Unterschiede zwischen den Varianten weiterhin kaum spürbar sind. Im Süden schneiden die Stoffmarkise «dunkel» und die Lamellenstore «silber» gleich ab. «Option 2» weist aber in Ost-Orientierung die besten Werte auf.
- Thermische Behaglichkeit: Der Klimawandel führt dazu, dass die Unterschiede hinsichtlich der Anzahl Überhitzungsstunden ebenso verstärkt werden. Die Stoffmarkise «hell» weist in Ost- und Süd-Orientierung die höchsten Werte auf, die Lamellenstore «silber» schneidet in diesen Orientierungen wieder am besten ab.

Eine detaillierte Zusammenstellung der Ergebnisse befindet sich im Anhang 9.6.6 «Beweglicher Sonnenschutz».

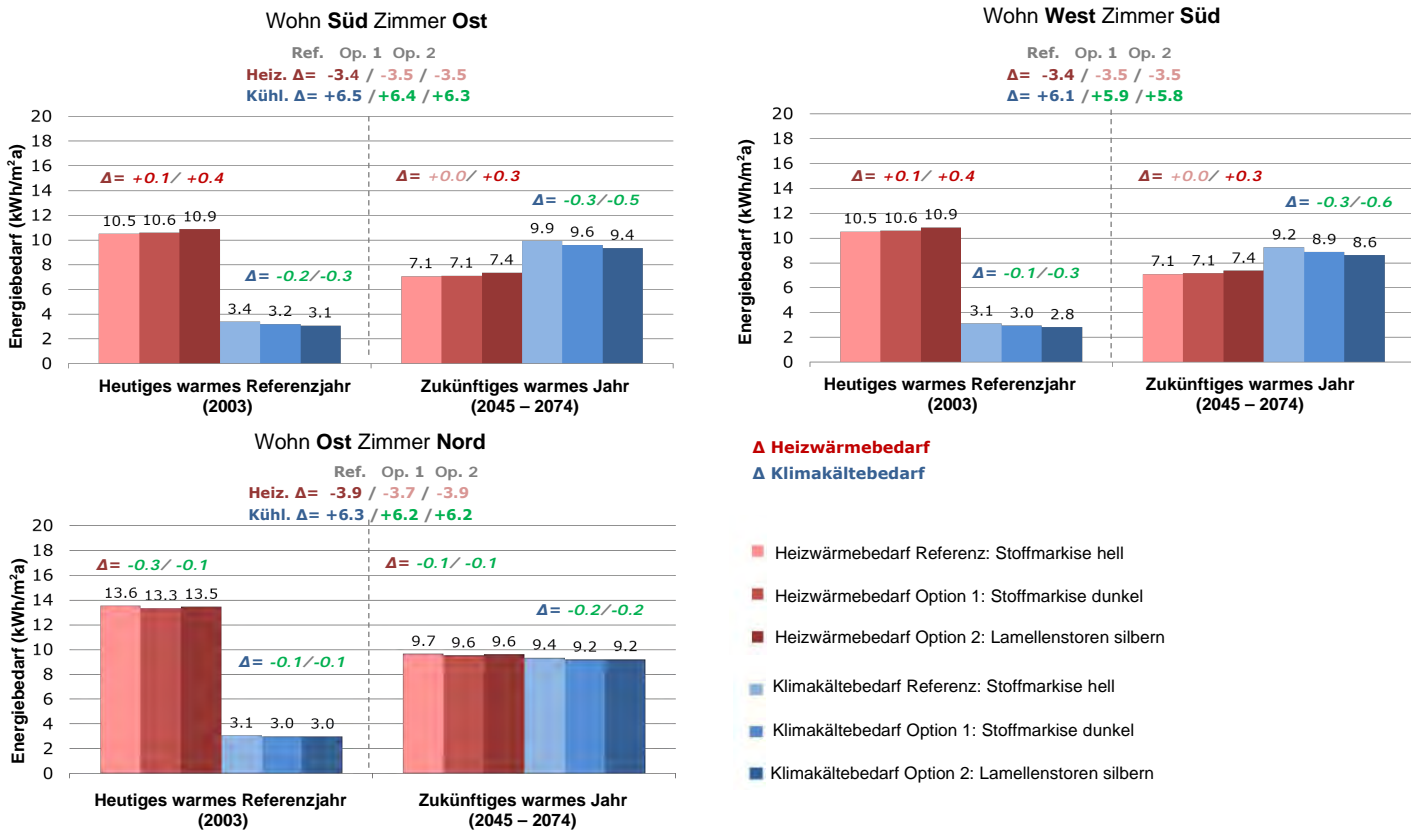


Abbildung 61: Heizwärme- und Klimakältebedarf in Abhängigkeit vom beweglichen Sonnenschutz.

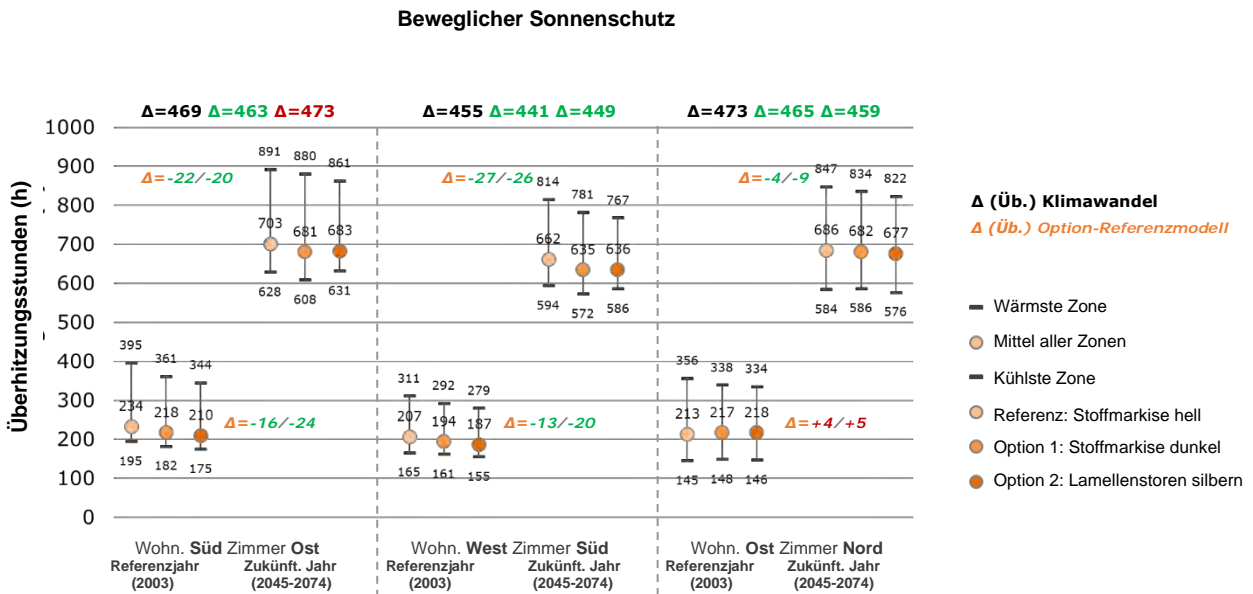


Abbildung 62: Anzahl Überhitzungsstunden in Abhängigkeit vom beweglichen Sonnenschutz.

## Tageslicht

**Anmerkung:** Da der Bezugspunkt der Besonnungsdauer genau auf die Höhe der unteren Kante des Sonnenschutzes fällt (1.20 m über dem Boden), wurde auf eine Analyse verzichtet.

Tabelle 25 gibt eine Übersicht über die Resultate der Tageslichtanalyse: Bei den Ergebnissen gibt es keine Unterschiede zwischen den Varianten. Das liegt daran, dass der Tageslichtquotient in IDA-ICE den beweglichen Sonnenschutz nicht berücksichtigt. Allgemein kann aber gesagt werden, dass die verschiedenen Sonnenschutzelemente durchaus unterschiedlich viel Tageslicht durchlassen. Eine helle Stoffmarkise ist lichtdurchlässiger als eine dunkle. Bei einer Lamellenstore kommt es auf deren Oberflächenbeschaffenheit und Stellung an. Aufgrund der hohen Flexibilität von beweglichen Sonnenschutzelementen sind diese generell sehr zu empfehlen.

Tabelle 25: Ergebnisse zum Tageslichtquotient gemäss SN EN 17037:2019 [3] in Zimmer 1 im 2. OG mit unterschiedlichem beweglichen Sonnenschutz und Orientierungen unter Berücksichtigung der umliegenden Gebäude; grau hinterlegte Werte erfüllen die Anforderungen nicht.

			Tageslichtquotient		
			100%	50%	Stufe
Zimmer 1	Referenz Stoffmarkise "hell"	Zimmer 1 Ost	0.4	1.5	Ungenügend
		Zimmer 1 Süd			
		Zimmer 1 Nord			
	Option 1 Stoffmarkise "dunkel"	Zimmer 1 Ost	0.4	1.5	Ungenügend
		Zimmer 1 Süd			
		Zimmer 1 Nord			
	Option 2 Lamellenstoren "silber"	Zimmer 1 Ost	0.4	1.5	Ungenügend
		Zimmer 1 Süd			
		Zimmer 1 Nord			

## Erkenntnisse

Aus energetischer Sicht und hinsichtlich der thermischen Behaglichkeit konnten nur geringe Unterschiede zwischen den Varianten festgestellt werden. Durch den Klimawandel wird diese Differenz jedoch insbesondere in Bezug auf den Klimakältebedarf sowie die Anzahl Überhitzungsstunden verstärkt. Die Stoffmarkise «hell» schneidet aus energetischer Sicht sowie bezogen auf die thermische Behaglichkeit im Gebäude in Ost- und Süd-Orientierung am schlechtesten ab, die Lamellenstore «silber» in diesen Orientierungen am besten. Im Süden liegt die Stoffmarkise «dunkel» fast gleichauf wie die Lamellenstore. Im Norden sind heute und in Zukunft kaum Unterschiede zwischen den Varianten spürbar, da der Sonnenschutz in dieser Orientierung nur sehr selten zur Anwendung kommt, da die einfallende Strahlung in den meisten Fällen  $150 \text{ W/m}^2$  nicht überschreitet. Ein weiterer Vorteil der Lamellenstore ist, dass der Winkel der Lamellen individuell eingestellt werden kann. Dadurch könnten noch bessere Resultate erzielt werden, was dieses System besonders empfehlenswert macht.

Entscheidend für die solaren Wärmeerträge ist dabei insbesondere der Gesamtenergiedurchlassgrad der untersuchten Systeme, welcher zum einen durch die Materialität sowie zum anderen durch die Farbgebung mitbestimmt wird. Generell gilt: Je höher der Durchlassgrad, desto höher die solaren Wärmeerträge im Gebäudeinneren. Die geringen

Unterschiede zwischen den untersuchten Systemen sind damit zu begründen, dass diese Systeme bereits sehr gut sind und höchstens 12 % der Strahlung durchlassen.

Wenn ein Sonnenschutzelement korrekt verwendet wird, liegt seine primäre Funktion darin, so viel solare Strahlung wie möglich vor der Verglasung abzufangen, um dadurch die thermische Behaglichkeit im Innenraum vor allem während der Sommermonate zu gewährleisten. Zusätzlich zum aussenliegenden Sonnenschutz empfiehlt es sich, einen innenliegenden Blendschutz zu verwenden. Dadurch können die solaren Gewinne (bspw. in den Wintermonaten) genutzt werden, gleichzeitig wird die Tageslichtversorgung weniger beeinträchtigt, da diese Elemente in der Regel eine höhere Lichtdurchlässigkeit haben.

### 5.2.2.7 Neigung des Fensters: Oblichter

#### Fragestellung

Untersucht wurde die Auswirkung von Oblichtern im Zusammenhang mit dem Klimawandel. Dabei werden folgende Fragestellungen beantwortet: Welche Auswirkungen hat ein Oblicht auf den Energiebedarf und den thermischen Komfort? Sind diese Elemente heute und in Zukunft empfehlenswert? Kann ein Oblicht die Nachtauskühlung im Gebäude positiv beeinflussen? Diese Erkenntnisse werden in Relation mit der Tageslichtversorgung gesetzt.

#### Beschrieb

In der **Referenz** sind analog dem realen Gebäude keine Oblichter vorhanden. In «Option 1» wurden zusätzlich zu den bestehenden Fassadenfenstern zwei Elemente je Zimmer sowie vier Elemente im Wohnzimmer hinzugefügt. In «Option 2» wurden ein Element je Zimmer und zwei Elemente im Wohnzimmer angenommen, wobei bei deren Positionierung auf eine möglichst gute Tageslichtversorgung geschaut wurde. Gleichzeitig wurde in «Option 2» die Grösse der Fassadenfenster um die Fläche der Oblichter reduziert (Verringerung der Fensterbreite). Jedes Oberlicht hat eine Grösse von 1.0 m x 1.0 m, mit einer Glasfläche von 0.7 m<sup>2</sup>. Für die Verglasung sowie den Rahmen wurden folgende Annahmen getroffen: U-Wert<sub>Glas</sub>: 0.7 W/m<sup>2</sup>K, g-Wert: 0.5, T<sub>vis</sub> = 0.69, U-Wert<sub>Rahmen</sub>: 1.4 W/m<sup>2</sup>K. Bei allen Oblichtern wurde ein aussenliegender Sonnenschutz vorgesehen (g<sub>total</sub> = 0.12), welcher ab einer Globalstrahlung von mehr als 150 W/m<sup>2</sup> auf dem Dach als zu 100 % geschlossen simuliert wurde. Für die Nachtauskühlung wurden die gleichen Bedingungen wie für die übrigen Fensterflächen angenommen (Abschnitt 4.2.2.5), jedoch wurden diese Elemente nur zu 20 % geöffnet. Die Annahmen für die Simulationen des Sonnenschutzes der Fassadenfenster sind in allen Optionen gleich wie in der «Referenz» (Abschnitt 4.2.2.4).

Der Einfluss von Oblichtern auf den Energiebedarf, die thermische Behaglichkeit sowie auf die Tageslichtversorgung wurde demnach anhand folgender Optionen untersucht:

**Referenz:** Keine Oblichter vorhanden.

**Option 1:** Fassadenfenster analog Referenzmodell, zusätzlich zwei Oblichter je Zimmer und vier Oblichter im Wohnbereich, aussenliegender Sonnenschutz: g<sub>total</sub> = 0.12 | T<sub>vis</sub> = 0.16.

**Option 2:** Fassadenfenstergrösse wurde in der Breite reduziert (1 m<sup>2</sup> je Zimmer, 2 m<sup>2</sup> im Wohnzimmer), zusätzlich ein Oblicht je Zimmer und zwei Oblichter im Wohnbereich, aussenliegender Sonnenschutz: g<sub>total</sub> = 0.12 | T<sub>vis</sub> = 0.16.



Abbildung 63: Parametervariationen für die Neigung des Fensters: Oblichter (Draufsicht Gebäude).

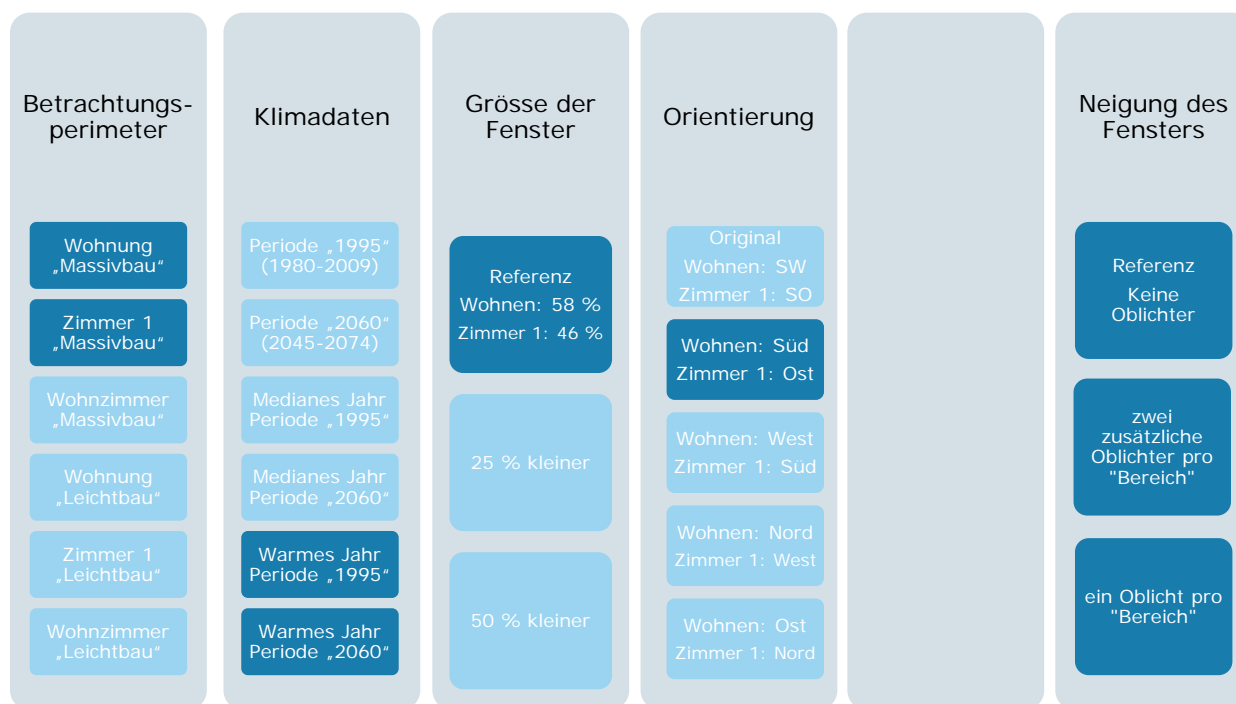


Abbildung 64: Übersichtsmatrix zu den kombinierten Simulationsparametern hinsichtlich der Neigung der Fenster: Oblichter.

## Energie und thermische Behaglichkeit

### Heutiges warmes Referenzjahr

- Heizwärmebedarf: Der Heizwärmebedarf steigt durch die zusätzlichen Oblichter an, insbesondere in «Option 1».
- Klimakältebedarf: Der Klimakältebedarf steigt durch die zusätzlichen Oblichter in «Option 1» an. In «Option 2», d.h. bei weniger Oblichtern und einer Reduzierung der Grösse der Fassadenfenstern um die Fläche der Oblichter, reduziert sich der Klimakältebedarf.
- Endenergieverbrauch: «Option 1» schneidet im heutigen Klimaszenario gesamtenergetisch leicht schlechter ab als die «Referenz». «Option 2» hingegen schneidet im heutigen Klimaszenario gesamtenergetisch leicht besser ab.
- Thermische Behaglichkeit: Bei beiden Optionen reduziert sich die Anzahl Überhitzungsstunden im Vergleich mit der «Referenz». Grund dafür ist die zusätzliche natürliche Lüftung durch die Oblichter, welche während den «belegten Stunden» (Abschnitt 4.2.2.7) eine leicht tiefere Temperatur in der Wohnung ermöglichen.

### Zukünftiges warmes Jahr

- Heizwärmebedarf: In beiden Optionen führen die Oblichter zukünftig zu einem Anstieg des Heizwärmebedarfs, wobei jedoch die Differenz in absoluten Zahlen betrachtet abnimmt.
- Klimakältebedarf: Der Klimakältebedarf wird in Zukunft in beiden Optionen kleiner sein. Die zusätzliche natürliche Lüftung am Abend vermag die solaren Wärmegewinne durch die Oblichter zu kompensieren. Aufgrund der automatischen Schliessung des Sonnenschutzes

der Oblichter zu 100 % sind die solaren Wärmegewinne durch die Oblichter im Sommer gering.

- Endenergieverbrauch: Die zusätzlichen Oblichter in «Option 1» führen in Zukunft zu einer Erhöhung des Endenergieverbrauchs. Bei einer guten Planung mit angemessener Positionierung der Oberlichter und einer Reduzierung der Grösse der Fassadenfenster wie in «Option 2», kann der Endenergieverbrauch jedoch reduziert werden, womit sich der Einsatz von Oblichtern empfiehlt.
- Thermische Behaglichkeit: Der Klimawandel führt dazu, dass sich die Überhitzungsstunden in allen Varianten reduzieren. «Option 1» und «Option 2» schneiden dabei besser ab als die «Referenz».



Eine detaillierte Zusammenstellung der Ergebnisse befindet sich im Anhang 9.6.7 «Neigung des Fensters: Oblicht».

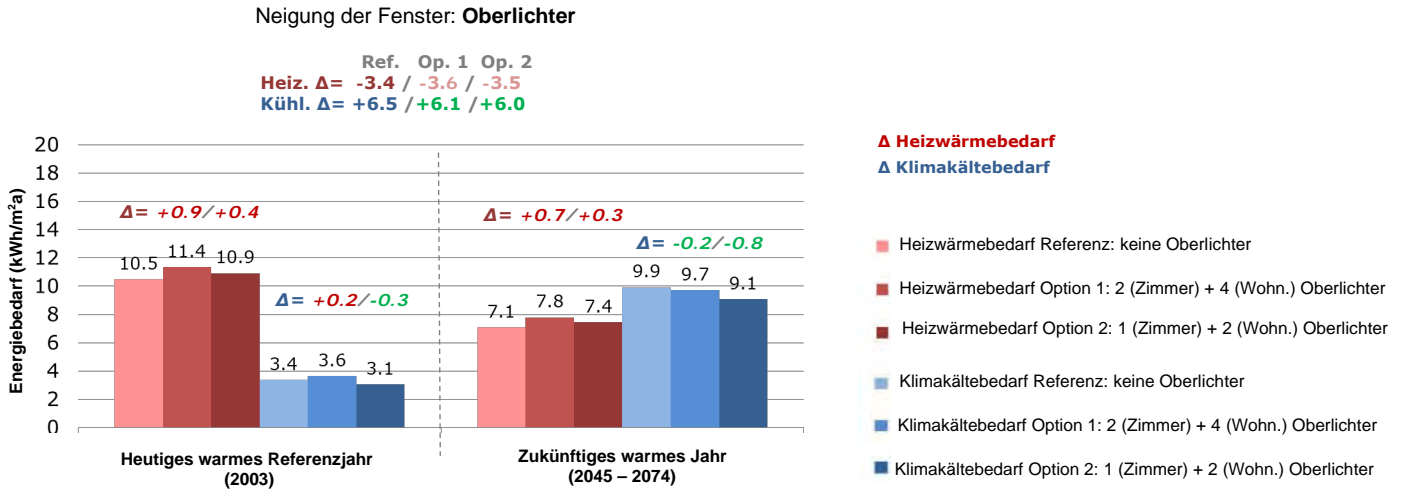


Abbildung 65: Heizwärme- und Klimakältebedarf in Abhängigkeit von der Neigung des Fensters.

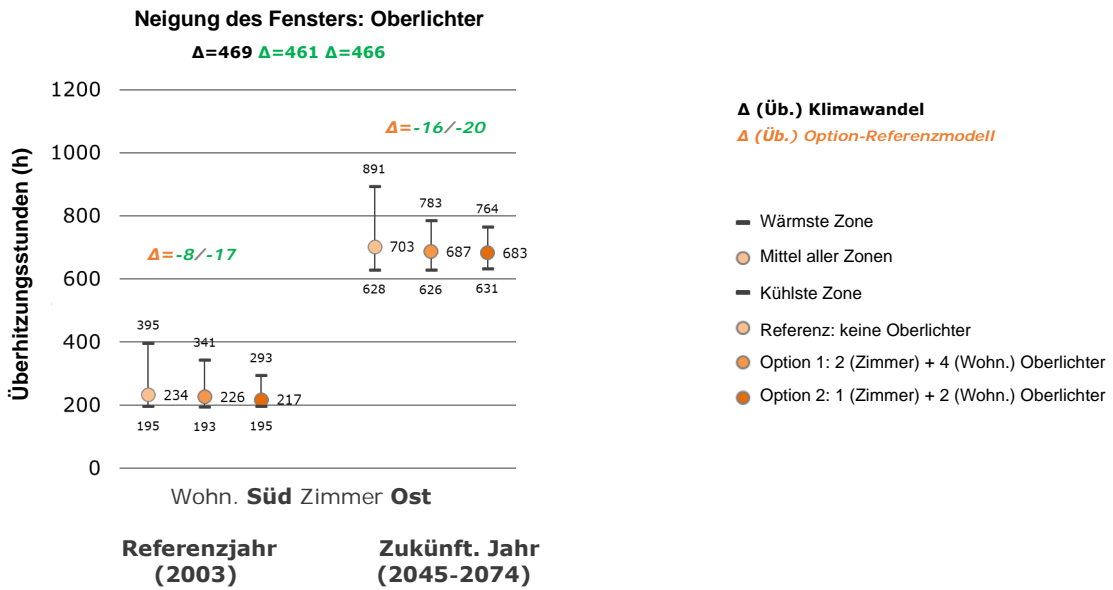


Abbildung 66: Anzahl Überheizungsstunden in Abhängigkeit von der Neigung des Fensters.

## Tageslicht

**Anmerkung:** Die Neigung des Fensters hat einen grossen Einfluss auf die Tageslichtversorgung im Gebäude. Über ein Oblicht (horizontal, 0° geneigt) gelangt dreimal so viel Tageslicht in die Innenräume verglichen mit einem Fassadenfenster gleicher Grösse. Der Ertrag von Schrägdachfenstern liegt dazwischen [19]. Zu beachten ist, dass gemäss SN EN 17037:2019 [3] die Anforderungen für Räume mit horizontalen Tageslichtöffnungen unterschiedlich sind von denen für Räume mit nur vertikalen Tageslichtöffnungen (Abschnitt 3.2.3). Wie in Abschnitt 4.2.4.6 erwähnt, kann AndrewMarsh keine horizontalen Tageslichtöffnungen simulieren, womit auf eine Analyse der Besonnungsdauer verzichtet wurde. Allgemein gilt aber Folgendes: Die Besonnung einer horizontalen Fläche ist stets gewährleistet. Wie viel Besonnung der Bezugspunkt eines Oblichts erhält, hängt wie in Abschnitt 4.2.4.6 erklärt von der Grösse der Öffnung, der Dicke des Dachaufbaus und der Höhe des auf dem Dach liegenden Rahmens des Oblichts ab.

Tabelle 26 gibt eine Übersicht über die Resultate der Tageslichtanalyse.

Auf die Tageslichtversorgung in Zimmer 1 haben die beiden zusätzlichen Oblichter von «Option 1» einen sehr grossen Einfluss: Ohne Oblichter wurde die Stufe «gering» erreicht, mit Oblichter die Stufe «mittel». Im Wohnbereich verbessert sich die Tageslichtversorgung durch die vier zusätzlichen Oblichter («Option 1»), jedoch bleibt sie auf der Stufe «gering». Bei «Option 2» verbessert sich in Zimmer 1 die Tageslichtversorgung, wobei neu die Stufe «mittel» erreicht wird. Im Wohnbereich bleibt die Tageslichtversorgung zwar auf Stufe «gering», doch aufgrund der aufs Tageslicht optimierten Positionierung der Oblichter ist diese sogar leicht besser als bei «Option 1».

Tabelle 26: Ergebnisse zum Tageslichtquotient gemäss SN EN 17037:2019 [3] in Zimmer 1 (oben) und im Wohnbereich (unten) im 3. OG mit unterschiedlichen Neigungen der Fenster unter Berücksichtigung der umliegenden Gebäude; grau hinterlegte Werte erfüllen die Anforderungen nicht.

			Tageslichtquotient		
			100%	50%	Stufe
Zimmer 1	<b>Referenz</b> Kein Oblicht	Zimmer 1 Ost	0.8	2.0	Gering
	<b>Option 1</b> zwei zusätzliche Oblichter / Referenz-Fassadenfenster	Zimmer 1 Ost	3.2	---	Mittel
	<b>Option 2</b> ein zusätzliches Oblicht / reduzierte Grösse der Fassadenfenster	Zimmer 1 Ost	2.9	---	Mittel
Wohnbereich	<b>Referenz</b> Kein Oblicht	Wohn. Süd	0.9	3.0	Gering
	<b>Option 1</b> vier zusätzliche Oblichter / Referenz-Fassadenfenster	Wohn. Süd	1.4	---	Gering
	<b>Option 2</b> zwei zusätzliche Oblichter / reduzierte Grösse der Fassadenfenster	Wohn. Süd	1.6	---	Gering

## Erkenntnisse

Durch die zusätzlichen Oblichter in «Option 1» steigen der Heizwärme- und der Klimakältebedarf im heutigen warmen Referenzjahr an. Im zukünftigen warmen Jahr steigt zwar der Heizwärmebedarf, der Klimakältebedarf reduziert sich jedoch aufgrund der besseren Nachtauskühlung über diese Elemente. Auch die Anzahl Überhitzungsstunden nimmt aufgrund der zusätzlichen natürlichen Lüftung durch die Oblichter leicht ab.

«Option 2» (zwei zusätzliche Oblichter, reduzierte Grösse der Fassadenfenster) führt im Vergleich zur Referenz heute und in Zukunft zu einem Anstieg des Heizwärmebedarfs, aber zu einer Reduzierung des Klimakältebedarfs und der Anzahl Überhitzungsstunden. Bezogen auf den Endenergieverbrauch schneidet «Option 2» im Vergleich zu den übrigen Variationen in Zukunft am besten ab.

Auf die Tageslichtversorgung wirken sich Oblichter immer positiv aus. Mittels entsprechender Positionierung können Oblichter in tiefen Räumen Tageslicht in Bereiche bringen, in welchen die Tageslichtversorgung durch ein Fassadenfenster nicht ausreichend ist. Aufgrund der strategischen Positionierung der Oblichter in «Option 2» schneidet diese trotz weniger Oblichter sogar leicht besser ab als «Option 1». Durch einen gezielten Einsatz von Oblichtern kann somit die Energieeffizienz, die thermische Behaglichkeit als auch die Tageslichtversorgung verbessert werden, weshalb diese Elemente durchaus empfohlen werden können.

Angesichts des Klimawandels könnten ebenso Konzepte zur Nachtauskühlung über Oblichter an Bedeutung gewinnen. Bspw. kann durch ein Oblicht in einem Treppenhaus die Nachtauskühlung des gesamten Gebäudes positiv beeinflusst werden (Kamineffekt, Achtung: Brandschutz berücksichtigen!). Auch in Dachgeschosswohnungen kann durch ein Oblicht die Nachtauskühlung in den Räumen verbessert werden. In einem Raum mit nur einem Fenster ist die Lufterneuerungsrate geringer als bei mehreren Fenstern, insbesondere, wenn diese nicht an derselben Fassade liegen. Zudem sammelt sich die «warme» Luft im oberen Teil des Raumes, sodass diese leichter über ein Oblicht abgeführt werden kann.

### 5.2.2.8 Vertikale Beschattungselemente: Fixer Sonnenschutz / Fensterlaibung

#### Fragestellung

Untersucht wurde, welche Auswirkungen vertikale Beschattungselemente heute und in Zukunft auf die Energieeffizienz, thermische Behaglichkeit sowie auf die Tageslichtversorgung im Gebäude haben. Können alternativ die gleichen Resultate durch eine höhere Laibungstiefe erzielt werden? Diese Parameter wurden unter Berücksichtigung der Orientierung untersucht.

#### Beschrieb

In der **Referenz** wurde die Situation gemäss realem Objekt angenommen, d.h. die Laibungstiefe von 36 cm bleibt bestehen und es gibt keine zusätzlichen vertikalen Beschattungselemente. In «Option 1» wurde die Laibungstiefe auf 70 cm erhöht. In «Option 2» wurden zusätzlich vertikale Elemente von 100 cm beidseitig an allen Fenstern simuliert. Diese vertikalen Elemente wurden über die ganze Höhe der Fassade angenommen. Die Fenster sind in allen Varianten mittig eingebaut (Abbildung 67).

**Anmerkung:** Bei den Simulationen der fixen Beschattungselemente blieb der bewegliche Sonnenschutz des Referenzgebäudes erhalten. Ein festes Element allein ist nicht in der Lage den notwendigen Sonnenschutz zu gewährleisten.

Der Einfluss vertikaler Beschattungselemente sowie der Laibungstiefe auf den Energiebedarf, die thermische Behaglichkeit sowie auf die Tageslichtversorgung wurde demnach anhand folgender Optionen untersucht:

- Referenz:** Fenster mit Laibungstiefe von 36 cm | keine vertikalen Verschattungselemente
- Option 1:** Fenster mit Laibungstiefe von 70 cm | keine vertikalen Verschattungselemente
- Option 2:** Fenster mit Laibungstiefe von 36 cm | zusätzlich vertikale Verschattungselemente an allen Fenstern: 100 cm tief, fassadenhoch, beidseitig

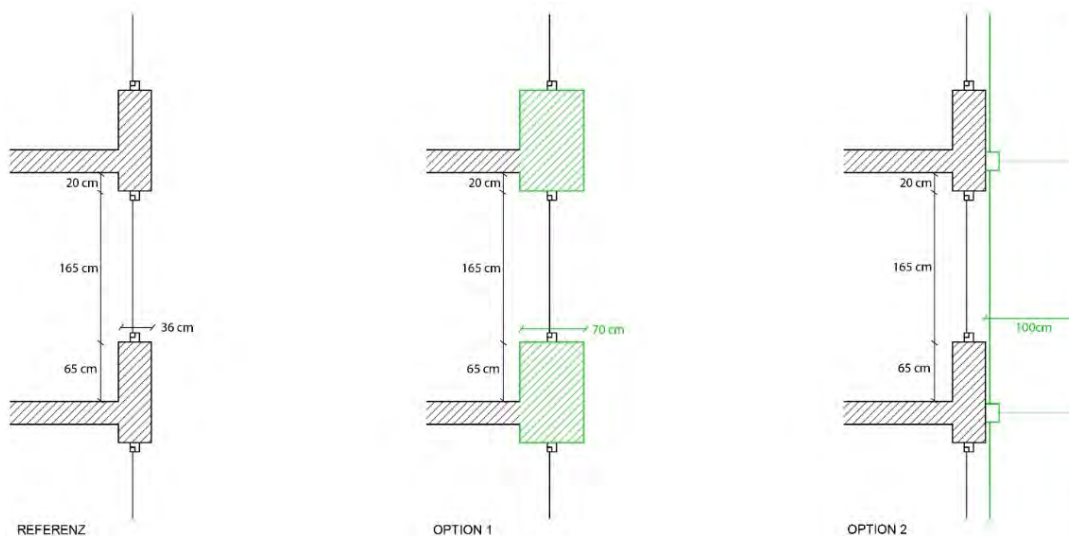


Abbildung 67: Parametervariationen für vertikale Beschattungselemente: Fixer Sonnenschutz / Fensterlaibung

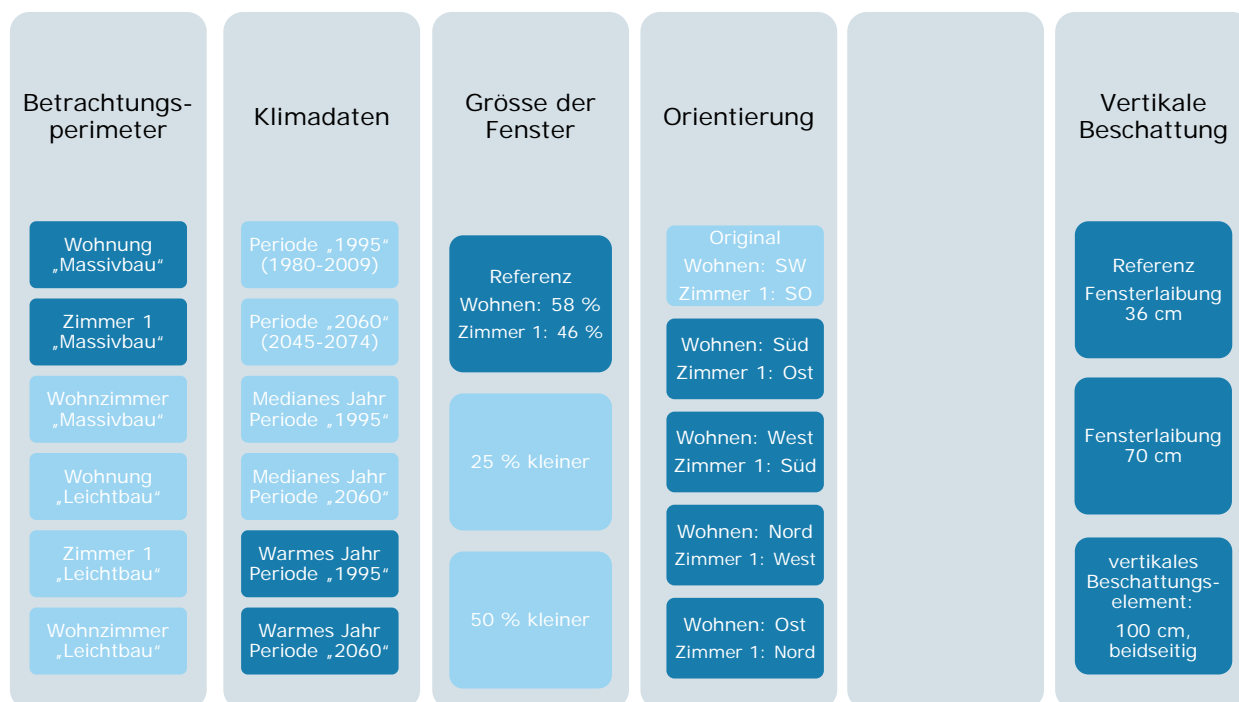


Abbildung 68: Übersichtsmatrix zu den kombinierten Simulationsparametern hinsichtlich vertikaler Beschattungselemente.

## Energie und thermische Behaglichkeit

### Heutiges warmes Referenzjahr

- **Heizwärmebedarf:** Eine grössere Laibungstiefe führt zu einem leichten Anstieg des Heizwärmebedarfs, insbesondere in Süd- und West-Ausrichtung. Der Einfluss der zusätzlichen vertikalen Beschattungselemente auf den Anstieg des Heizwärmebedarfs ist grösser, insbesondere in südlicher Orientierung.
- **Klimakältebedarf:** Eine tiefere Laibung verbessert den Klimakältebedarf geringfügig, insbesondere in Ost-, Süd- und West-Ausrichtung. Die zusätzlichen vertikalen Beschattungselemente erzielen die grössten Einsparungen hinsichtlich des Klimakältebedarfs, insbesondere in Ost- und West-Ausrichtung (aufgrund des tieferen Sonnenstandes in diesen Orientierungen).
- **Endenergieverbrauch:** Auf den Endenergieverbrauch bezogen liegen die «Referenz» sowie «Option 1» gleichauf: Eine grössere Laibungstiefe führt zwar zu einem höheren Heizwärmebedarf, gleichzeitig wird aber der Klimakältebedarf gesenkt - Dabei ist der Anstieg im Winter ungefähr gleich gross wie die Einsparung im Sommer. «Option 3» schneidet in der Bilanz schlechter ab als die anderen Varianten, insbesondere im Süden. Insgesamt sind die Unterschiede aber nicht allzu gross.
- **Thermische Behaglichkeit:** Eine grössere Laibungstiefe wirkt sich leicht positiv auf die Anzahl der Überhitzungsstunden aus, insbesondere im Osten. Am besten schneidet «Option 2» ab, ebenso insbesondere im Osten. Die Unterschiede sind jedoch insgesamt eher gering im heutigen Referenzjahr.

### Zukünftiges warmes Jahr

- Heizwärmebedarf: Der Anstieg des Heizwärmebedarfs durch «Option 1» und «Option 2» reduziert sich in absoluten Zahlen durch den Klimawandel.
- Klimakältebedarf: Analog steigen die Einsparungen hinsichtlich des Klimakältebedarfs durch «Option 1» und «Option 2» in absoluten Zahlen an. Vertikale Beschattungselemente könnten somit künftig an Bedeutung gewinnen, insbesondere in den Ausrichtungen Ost-, Süd- und West.
- Endenergieverbrauch: Während «Option 1» im heutigen Referenzjahr gleichauf lag, wie die «Referenz» und «Option 2» bezogen auf den Endenergieverbrauch schlechter abgeschnitten hat, ändert sich dies durch den Klimawandel. Die Einsparungen durch die beiden Variationen führen zu höheren Einsparungen beim Klimakältebedarf im Vergleich zum Anstieg des Heizwärmebedarfs. «Option 1» und «Option 2» schneiden hinsichtlich des Endenergieverbrauchs ähnlich ab und erzielen künftig leicht bessere Werte als die «Referenz».
- Thermische Behaglichkeit: Durch den Klimawandel steigt der Einfluss der Fensterlaibung nur geringfügig an, die vertikalen Beschattungselemente gewinnen hier aber zunehmend an Bedeutung. Insbesondere im Osten und Süden, wirken sich diese Elemente positiv auf die Behaglichkeit im Gebäude aus.

Eine detaillierte Zusammenstellung der Ergebnisse befindet sich im Anhang 9.6.8 «Vertikale Beschattungselemente: Fixer Sonnenschutz / Fensterlaibung / Einbausituation».

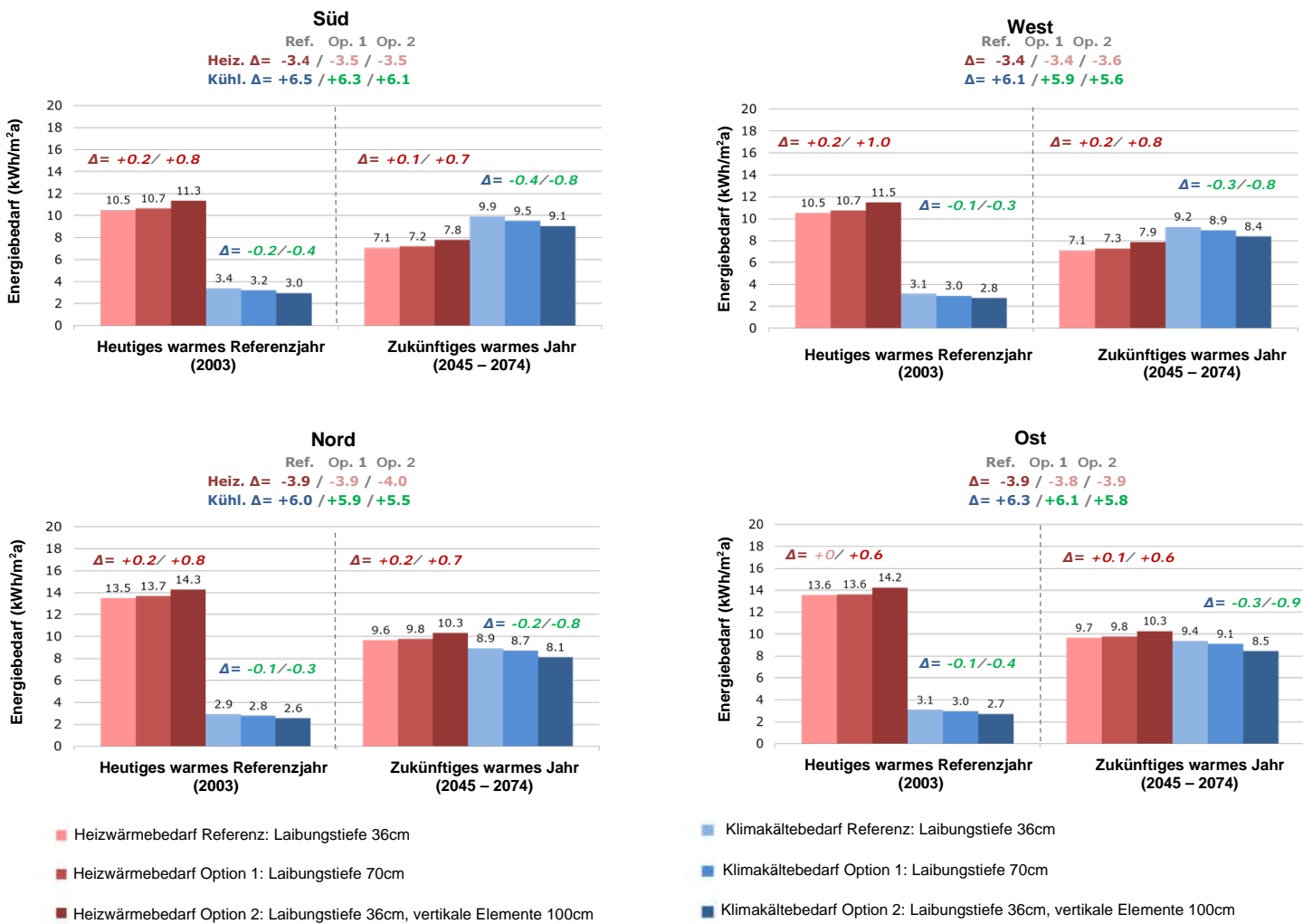


Abbildung 69: Heizwärme- und Klimakältebedarf in Abhängigkeit von vertikalen Beschattungselementen.

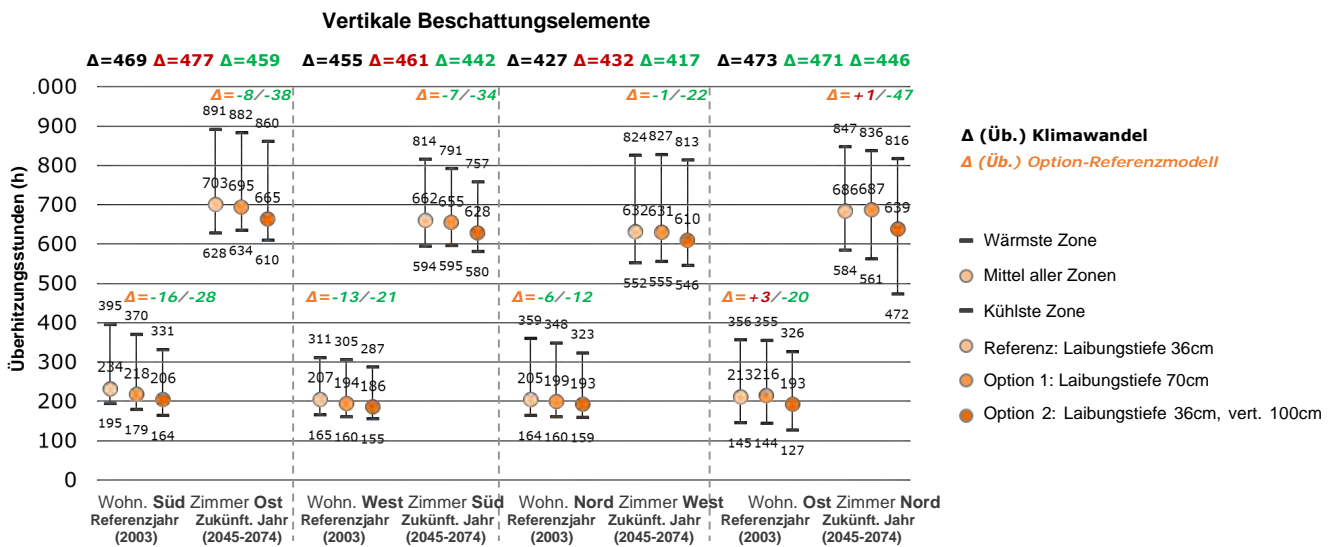


Abbildung 70: Anzahl Überheizungsstunden in Abhängigkeit von vertikalen Beschattungselementen.

## Tageslicht

Tabelle 27 gibt eine Übersicht über die Resultate der Tageslichtanalyse.

### Tageslichtversorgung

Sowohl «Option 1» als auch «Option 2» verschlechtern die Tageslichtversorgung in Zimmer 1, wobei die tiefere Fensterlaibung einen ähnlichen Einfluss wie die zusätzlichen vertikalen Beschattungselemente hat.

### Besonnungsdauer

Hinsichtlich der Besonnungsdauer schneiden die untersuchten Varianten schlechter ab als die «Referenz». Bei «Option 1» sind diese Unterschiede insbesondere bei der Ost- und West-Ausrichtung sichtbar, bei denen nur noch die Stufe «gering» erreicht wird. Bei einer Südausrichtung sind die Auswirkungen ebenso bemerkbar, allerdings wird weiterhin die Stufe «hoch» erreicht. Die vertikalen Beschattungselemente von 1 m («Option 2») haben auf die Besonnungsdauer einen grossen Einfluss. Auch hier betrifft dies insbesondere die Ausrichtungen Ost und West. In beiden Orientierungen wird nur noch die Stufe «gering» erreicht. Auch im Süden reduziert sich die Besonnungsdauer um ungefähr die Hälfte, trotzdem wird hier weiterhin die Stufe «hoch» erreicht.

### Aussicht

Der horizontale Sichtwinkel von Zimmer 1 mit einer Fensterlaibung von 36 cm («Referenz») entspricht gemäss Bild C.3 der Norm SN EN 17037:2019 [3] der Stufe «mittel», die Anzahl sichtbarer Ebenen jedoch der Stufe «gering». Eine Änderung in der Fensterlaibung ändert nichts am horizontalen Sichtwinkel, wenn bei der Raumtiefe die Wanddicke nicht mit eingerechnet wird. Allerdings wird sowohl die Ebene «Himmel» wie auch die Ebene «Boden» durch die tiefere Laibung erst etwas näher am Fenster sichtbar. Da mindestens eine Ebene immer sichtbar ist, entspricht «Option 1» der Stufe «gering». Es könnte argumentiert werden, dass die vertikalen Beschattungselemente von 1 m auf beiden Seiten («Option 2») quasi die Raumtiefe vergrössern. Unter diesen neuen Raumproportionen entspricht der horizontale Sichtwinkel gemäss Bild C.2 nur der Stufe «gering». Die Anzahl sichtbarer Ebenen ändert sich bei «Option 2» nicht (Stufe «gering»).

Tabelle 27: Ergebnisse zum Tageslichtquotient und zur Besonnungsdauer gemäss SN EN 17037:2019 [3] in Zimmer 1 im 2. OG mit unterschiedlichen vertikalen Beschattungselementen und Orientierungen unter Berücksichtigung der umliegenden Gebäude; grau hinterlegte Werte erfüllen die Anforderungen nicht.

			Tageslichtquotient			Besonnungsdauer	
			100%	50%	Stufe	Stunden	Stufe
Zimmer 1	Referenz Fensterlaibung 36 cm	Zimmer 1 Ost	0.4	1.5	Ungenügend	3 h	Mittel
		Zimmer 1 Süd				9 h	Hoch
		Zimmer 1 West				3 h	Mittel
		Zimmer 1 Nord				0 h	Ungenügend
	Option 1 Fensterlaibung 70 cm	Zimmer 1 Ost	0.3	1.1	Ungenügend	2.5 h	Gering
		Zimmer 1 Süd				7 h	Hoch
		Zimmer 1 West				2.5 h	Gering
		Zimmer 1 Nord				0 h	Ungenügend
	Option 2	Zimmer 1 Ost	0.3	1.0	Ungenügend	1.5 h	Gering
		Zimmer 1 Süd				4.5 h	Hoch
		Zimmer 1 West				1.5 h	Gering



	vertikales Beschattungs- elemente, 100 cm	Zimmer 1 Nord				0 h	Ungenügend
--	---	---------------	--	--	--	-----	------------

Eine detaillierte Zusammenstellung der Ergebnisse befindet sich im Anhang 9.6.8.3 «Vertikale Beschattungselemente: Fixer Sonnenschutz / Fensterlaibung / Einbausituation - Besonnungsdauer».

### Erkenntnisse

Angesichts des Klimawandels sind aus energetischer Sicht sowie hinsichtlich des thermischen Komforts sowohl «Option 1» als auch «Option 2» empfehlenswert. Dabei ist zu beachten, dass eine höhere Laibungstiefe nur geringfügig besser abschneidet als die «Referenz», wobei zu berücksichtigen ist, dass diese Ergebnisse vom Verhältnis zwischen Fensterbreite und der Tiefe des aussenliegenden Teils der Laibung abhängig sind. Zusätzliche vertikale Verschattungselemente sind im Hinblick auf den künftig zu erwartenden Temperaturanstieg jedoch durchaus empfehlenswert, insbesondere in den Orientierungen Ost, Süd und West. Vergleicht man diese vertikalen Elemente jedoch mit horizontalen Auskragungen (Abschnitt 5.2.2.5) kann gesagt werden, dass ein 1 m horizontaler Sonnenschutz ein besseres Ergebnis als ein 1 m vertikaler Sonnenschutz in allen Orientierungen erzielt und demnach eher zu empfehlen ist.

Auf die Tageslichtversorgung wirken sich die beiden untersuchten Optionen leicht negativ aus. Hinsichtlich der Besonnungsdauer wird durch die tiefere Fensterlaibung sowie die vertikalen Beschattungselemente zwar die Stufe reduziert, die Anforderungen der Norm können aber weiterhin eingehalten werden. Die Aussicht wird sowohl durch die tiefere Laibung wie auch durch die vertikalen Beschattungselemente beeinträchtigt, allerdings bei ersterer nur marginal. Die Empfehlung der Norm wird jedoch bei beiden Varianten eingehalten.

### 5.2.2.9 Qualität der Verglasung / technologischer Fortschritt

#### Fragestellung

Dass eine gute Qualität der Verglasung (U-Wert / g-Wert) einen entscheidenden Einfluss auf den Energiebedarf sowie den thermischen Komfort – insbesondere angesichts des Klimawandels – hat, ist bereits bekannt [2]. Nun sollen neue Technologien untersucht werden, wobei sich folgende Frage stellt: Welchen Beitrag können Fensterfolien und Spezialverglasungen bezüglich Energiebedarf, thermischen Komfort sowie der Tageslichtversorgung leisten – heute und in Zukunft?

#### Beschrieb

In der **Referenz** wurden die Fenster gemäss realem Gebäude abgebildet. Mit «Option 1» wurde der Einfluss von Fensterfolien untersucht. Diese haben einen besseren g-Wert und einen schlechteren Lichttransmissionsgrad als die «Referenz». Mit «Option 2» wurde ein elektrochromes Glas untersucht. In beiden Optionen wurde auf den aussenliegenden Sonnenschutz des Referenzgebäudes verzichtet.

Der Einfluss des technologischen Fortschritts im Fensterbereich auf den Energiebedarf, die thermische Behaglichkeit sowie auf die Tageslichtversorgung wurde demnach anhand folgender Optionen untersucht:

**Referenz:** Fenster mit einem U-Wert: 0.7 | g-Wert: 0.51 |  $T_{vis}$ : 0.71, ohne Berücksichtigung technologischer Neuerungen

**Option 1:** Qualität der Verglasung analog «Referenz», zusätzlich Einsatz von Fensterfolien (Typ: 3M Prestige 40): g-Wert: 0.2 |  $T_{vis}$ : 0.32

**Option 2:** Einsatz von elektrochromen Gläsern (Typ: SageGlass® Climatop Classic): U-Wert: 0.6 W/m<sup>2</sup>K

Die Gläser regulieren sich anhand der folgenden 4 Stufen:

Hell (Standard): g-Wert: 0.36 |  $T_{vis}$ : 0.54

Zwischenmodus 1: g-Wert: 0.09 |  $T_{vis}$ : 0.16

Zwischenmodus 2: g-Wert: 0.05 |  $T_{vis}$ : 0.05

Dunkel: g-Wert: 0.03 |  $T_{vis}$ : 0.01

Zwischenmodus 1 wurde implementiert, wenn die einfallende Sonneneinstrahlung auf die entsprechende Fassade grösser als 150 W/m<sup>2</sup> ist, der Zwischenmodus 2, wenn die einfallende Sonneneinstrahlung grösser als 250 W/m<sup>2</sup> ist und der Dunkelmodus ab 400 W/m<sup>2</sup>.

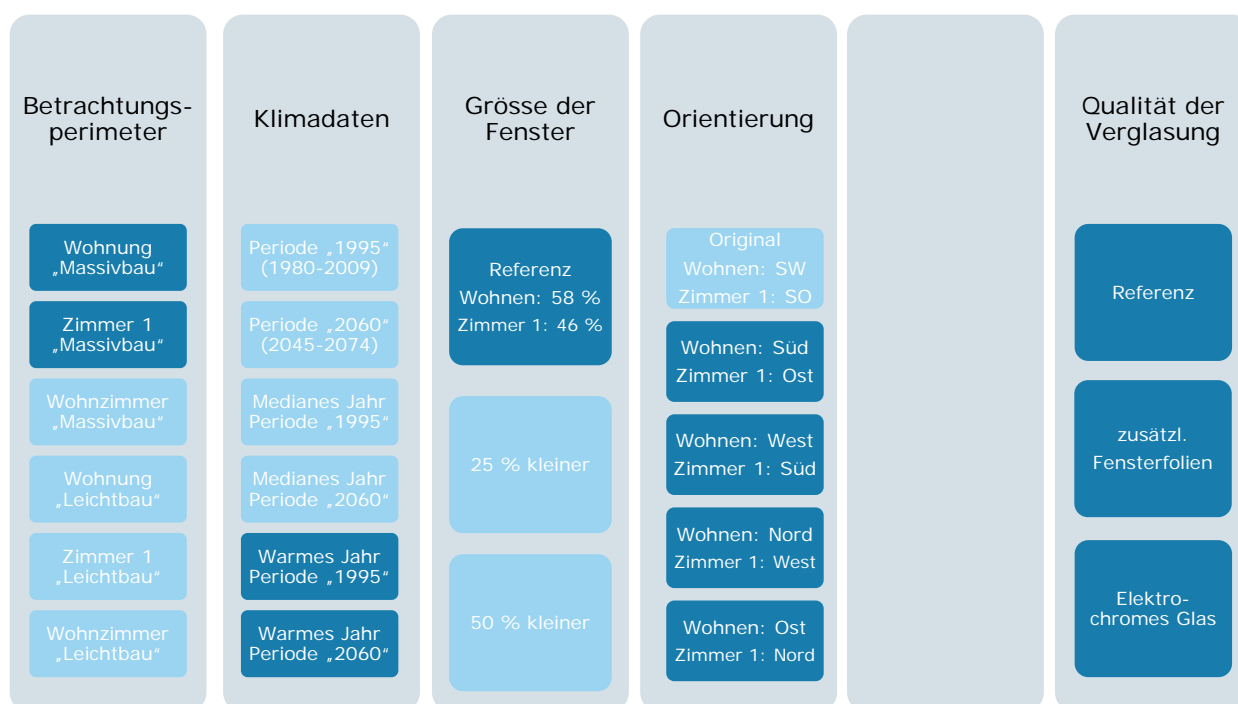


Abbildung 71: Übersichtsmatrix zu den kombinierten Simulationsparametern hinsichtlich der Qualität der Verglasung sowie dem technologischen Fortschritt.

## Energie und thermische Behaglichkeit

**Anmerkung:** Bei der Analyse hinsichtlich der Energieeffizienz ist zu berücksichtigen, dass ein elektrochromes Glas («Option 2») zur Aktivierung einen geringen Anteil an Strom benötigt. Dieser Strombedarf wurde in den nachfolgenden Simulationen nicht berücksichtigt.

### Heutiges warmes Referenzjahr

- Heizwärmebedarf: Die Fensterfolien reduzieren die solaren Wärmeerträge recht stark und schneiden somit im Vergleich zu den übrigen Varianten am schlechtesten ab. Das elektrochrome Glas weist in Ost-, Süd- und West-Ausrichtung ebenso einen höheren Heizwärmebedarf auf als die «Referenz», jedoch sind die Unterschiede geringer als bei «Option 1». In nördlicher Ausrichtung gibt es kaum einen Unterschied zwischen «Option 2» und der «Referenz».
- Klimakältebedarf: Beide Optionen führen zu einer Reduktion des Klimakältebedarfs in Ost-, West- und Süd-Ausrichtung (in dieser Reihenfolge), im Norden ist diese Reduktion weniger stark. Im Norden schneidet die Fensterfolie am besten ab, im Süden das elektrochrome Glas. In den Orientierungen Ost und West führen beide Optionen zu ähnlichen Ergebnissen.
- Endenergieverbrauch: Die Fensterfolien weisen den höchsten Endenergieverbrauch auf, verglichen mit den übrigen Varianten. Durch die Folien werden die solaren Wärmeerträge stark reduziert, wodurch zwar der Klimakältebedarf im Sommer sinkt, jedoch ist der Anstieg des Heizwärmebedarfs höher. Die elektrochromen Gläser führen in Nord-, Ost- und West-Ausrichtung zu einem leicht besseren Endenergieverbrauch, im Süden jedoch schneidet die «Referenz» am besten ab.

- Thermische Behaglichkeit: Durch die untersuchten Optionen kann die Anzahl Überhitzungsstunden in allen Orientierungen reduziert werden. Die Fensterfolien sind hinsichtlich der thermischen Behaglichkeit leicht effizienter als «Option 2», ausser in Zimmer 1 mit Südausrichtung führt das elektrochrome Glas zu den besten Ergebnissen.

#### Zukünftiges warmes Jahr

- Heizwärmebedarf: «Option 1» und «Option 2» führen weiterhin zu einem Anstieg des Heizwärmebedarfs, jedoch werden die Unterschiede (in absoluten Zahlen betrachtet) durch den Klimawandel geringer. Die Erhöhung des Heizwärmebedarfs bleibt weiterhin an der Südfassade am relevantesten. Die elektrochromen Gläser erreichen in nördlicher Orientierung fast die gleichen Werte wie die «Referenz».
- Klimakältebedarf: Gleichzeitig steigen die Einsparungen durch «Option 1» und «Option 2» hinsichtlich des Klimakältebedarfs zukünftig deutlich an. Diese Reduktion ist weiterhin in Ost-, West- und Süd-Ausrichtung (in dieser Reihenfolge) am grössten und im Norden weniger stark.
- Endenergieverbrauch: In Zukunft kann das elektrochrome Glas aus energetischer Sicht durchaus sinnvoll sein und weist in allen Orientierungen, insbesondere in Ost und West, den niedrigsten Endenergieverbrauch auf. Die Fensterfolien führen in Zimmer 1 in Ost-, Süd- und West-Ausrichtung ebenso zu Einsparungen, im Norden liegen diese gleichauf mit der «Referenz».
- Thermische Behaglichkeit: Angesichts des Klimawandels könnten durch «Option 1» und «Option 2» die Anzahl Überhitzungsstunden deutlich reduziert werden, im Vergleich zur «Referenz».

Eine detaillierte Zusammenstellung der Ergebnisse befindet sich im Anhang 9.6.9 «Qualität der Verglasung / technologischer Fortschritt».

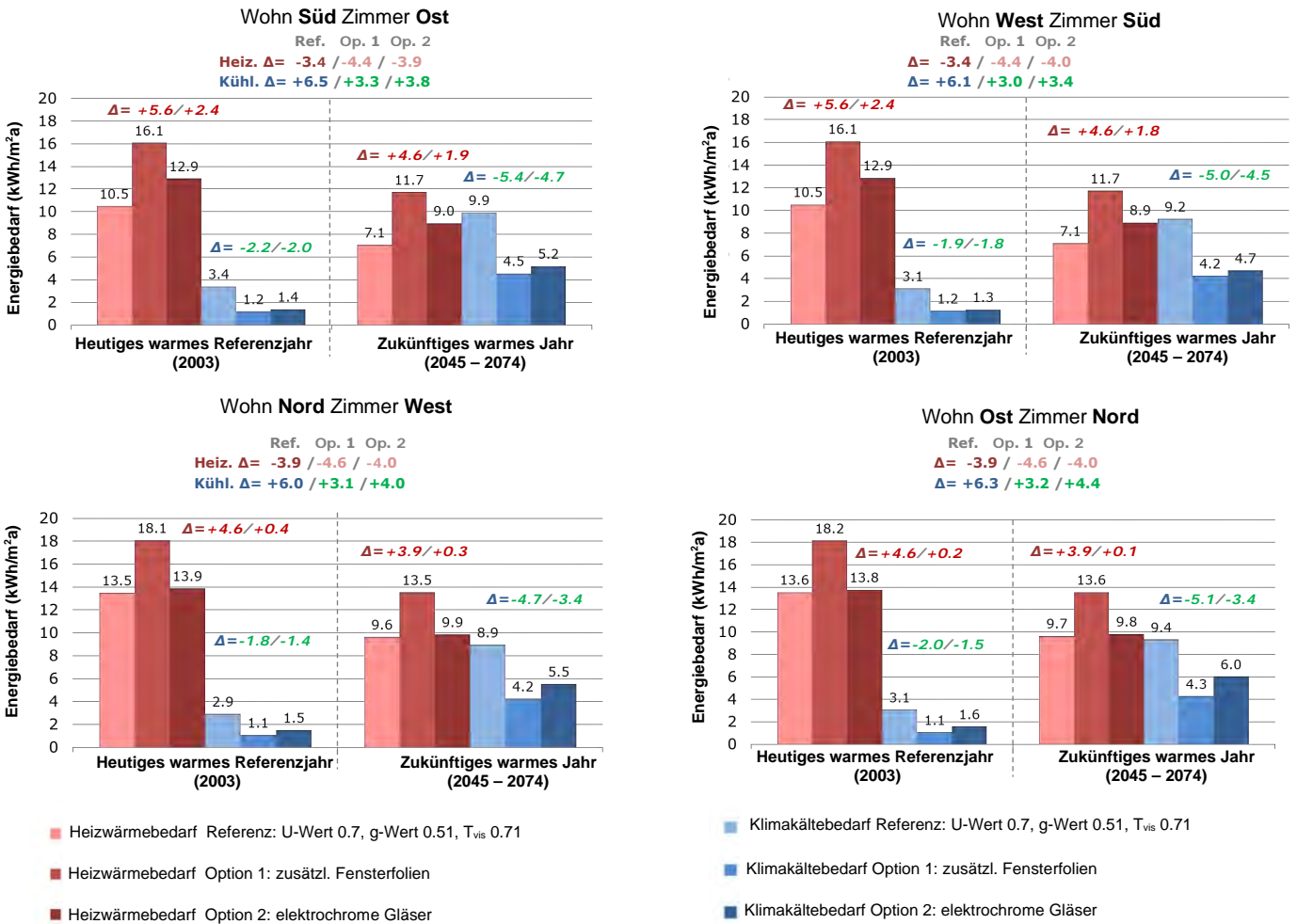


Abbildung 72: Heizwärme- und Klimakältebedarf in Abhängigkeit von der Qualität der Verglasung sowie dem technologischen Fortschritt.

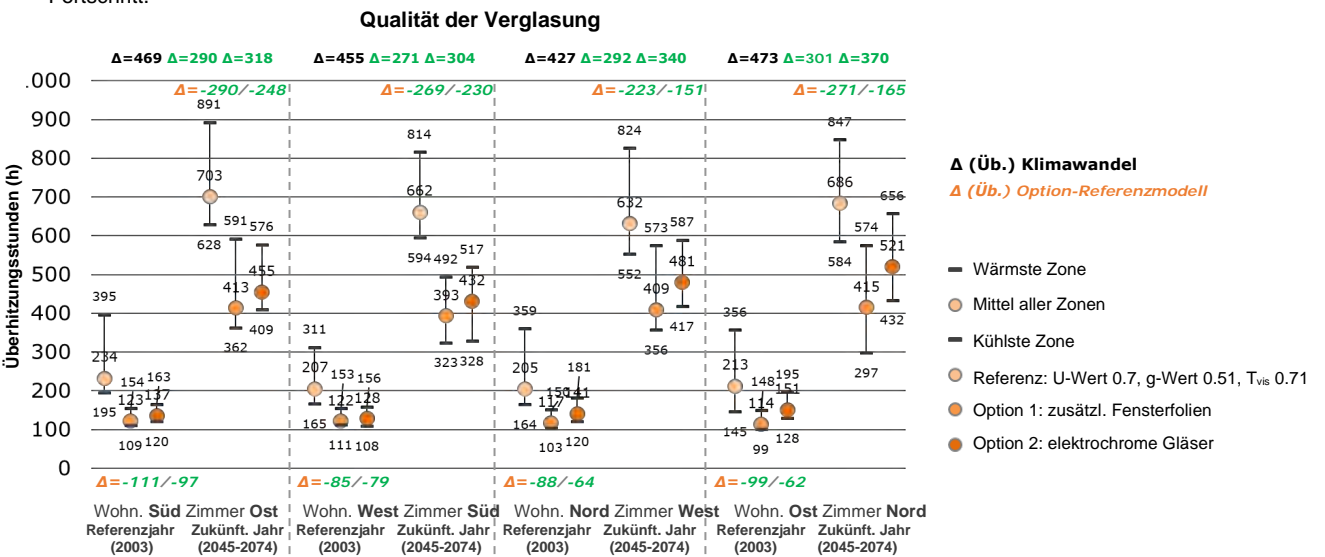


Abbildung 73: Anzahl Überheizungsstunden in Abhängigkeit von der Qualität der Verglasung sowie dem technologischen Fortschritt.

## Tageslicht

**Anmerkung:** Da sich die Lage des Bezugspunktes aufgrund von unterschiedlichen Verglasungen nicht ändert, wurde auf eine Analyse der Besonnungsdauer verzichtet. Tabelle 28 gibt eine Übersicht über die Resultate der Tageslichtanalyse.

### Tageslichtversorgung

Die Fensterfolien führen zu einer deutlichen Verschlechterung der Tageslichtversorgung in Zimmer 1 und sind folglich nicht empfehlenswert. Die elektrochromen Gläser führen ebenso dazu, dass die Tageslichtversorgung in den beiden Räumen reduziert wird. Das liegt daran, dass der Lichttransmissionsgrad bei einem inaktiven elektrochromen Glas geringer ist als derjenige der Originalverglasung (0.54 statt 0.71). Der Lichttransmissionsgrad reduziert sich zudem weiter, wenn das Glas im Zwischenmodus oder im dunklen Modus aktiviert ist.

### Aussicht

Eine Verglasung ändern keine relevanten Parameter für die Aussicht nach SN EN 17037:2019 [3], d.h. Aussensichtweite, horizontaler Sichtwinkel und Anzahl sichtbarer Ebenen. Im Gegensatz zu einem traditionellen Sonnenschutzsystem ist sowohl durch eine transparente Folie wie auch durch ein elektrochromes Glas die Aussicht immer gewährleistet. Allerdings erfüllt ein aktiviertes elektrochromes Glas aufgrund dessen Einfärbung die von der Norm geforderte klare, unverzerrte und neutral gefärbte Aussicht nicht. Unter Umständen kann dies auch für die Fensterfolien der Fall sein.

Tabelle 28: Ergebnisse zum Tageslichtquotient gemäss SN EN 17037:2019 [3] in Zimmer 1 im 2. OG mit unterschiedlicher Verglasung und Orientierungen unter Berücksichtigung der umliegenden Gebäude; grau hinterlegte Werte erfüllen die Anforderungen nicht.

			Tageslichtquotient		
			100%	50%	Stufe
Zimmer 1	Referenz Originalverglasung	Zimmer 1 Ost	0.4	1.5	Ungenügend
		Zimmer 1 Süd			
		Zimmer 1 West			
		Zimmer 1 Nord			
	Option 1 zusätzl. Fensterfolien	Zimmer 1 Ost	0.1	0.5	Ungenügend
		Zimmer 1 Süd			
		Zimmer 1 West			
		Zimmer 1 Nord			
	Option 2 Elektrochromes Glas	Zimmer 1 Ost	0.2	0.9	Ungenügend
		Zimmer 1 Süd			
		Zimmer 1 West			
		Zimmer 1 Nord			

## Erkenntnisse

Fensterfolien wirken sich sehr negativ auf die solaren Wärmegewinne aus, der Heizwärmebedarf ist im Vergleich zu den übrigen Varianten am grössten. Dafür ist der Klimakältebedarf am geringsten. Ebenso ist die Anzahl Überhitzungsstunden meist am niedrigsten – Dieser Einfluss verstärkt sich im Hinblick auf den Klimawandel. Würden diese Elemente jedoch nur im Sommer verwendet werden würden, könnte sich diese Option aus energetischer Sicht positiv auswirken: Dadurch würde sich der Klimakältebedarf verringern, ohne zu einem Anstieg des Heizwärmebedarfs zu führen.

Hinsichtlich der Tageslichtversorgung wirken sich Fensterfolien jedoch ebenso sehr negativ aus, weshalb diese Option nicht empfehlenswert ist.

Die elektrochromen Gläser könnten angesichts des Klimawandels an Bedeutung gewinnen: Der Heizwärmebedarf steigt leicht an, die Einsparungen hinsichtlich des Klimakältebedarfs werden aber künftig verstärkt, verglichen mit der «Referenz». Bezogen auf den Endenergieverbrauch schneiden die elektrochromen Gläser am besten ab von allen untersuchten Varianten. Gleichzeitig können durch die elektrochromen Gläser die Überhitzungsstunden im Vergleich zur «Referenz» – insbesondere in Zukunft – deutlich reduziert werden. Im Hinblick auf den Klimawandel können diese Technologien also an Relevanz gewinnen.

Das elektrochrome Glas führt zu einem Anstieg des Heizwärmebedarfs, da der g-Wert dieses Glases mit 0.36 im Vergleich zu 0.51 des ursprünglichen Glases viel niedriger ist, was zu geringeren solaren Gewinnen führt. Dieser Wert ist im Sommer vorteilhaft, ebenso ist bei Aktivierung von Modus 1 der erreichte g-Wert niedriger (gleichzeitig wird das elektrochrome Glas über die gesamte Glasfläche aktiviert und im Vergleich zu den beweglichen Sonnenschutzelementen nicht nur zu 2/3 geschlossen). Daher sind die thermischen Gewinne geringer. Wenn die einfallende Strahlung grösser als  $250 \text{ W/m}^2$  ist, lässt dieses Glas nur 5 % der einfallenden Gesamtstrahlung der Sonne durch.

Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass der Lichttransmissionsgrad bei inaktivem elektrochromen Glas geringer ist (0.54 im Vergleich zu 0.71 des ursprünglichen Glases) und weiter reduziert wird, wenn das Glas im Zwischenmodus 2 oder im dunklen Modus aktiviert ist. Dies wirkt sich ebenso negativ auf die Tageslichtversorgung in der Wohnung aus und in geringerer Masse auf den Stromverbrauch der Beleuchtung aus (da die Beleuchtung in einem Wohngebäude früh morgens oder abends genutzt wird, wenn die natürliche Beleuchtung bereits schwach ist).

Um die Wirkung von elektrochromen Gläsern auf den Menschen zu analysieren, könnte eine Nutzerbefragung durchaus nützliche Erkenntnisse bringen.

### 5.2.2.10 Bauliche Elemente: Wintergarten / verglaste Loggia

#### Fragestellung

Der Einfluss von Wintergärten und Loggiaverglasungen wird wegen der passiven solaren Gewinne heutzutage angepriesen. Angesichts des Klimawandels stellt sich hierbei jedoch folgende Frage: Kann es in Zukunft zu Überhitzung und somit zu Problemen der thermischen Behaglichkeit führen, wenn die Elemente in den Sommermonaten nicht entfernt werden? Bei der Analyse wurde dabei die Abhängigkeit von der Orientierung mitberücksichtigt.

#### Beschrieb

Die **Referenz** beschreibt die vorhandene Balkonsituation gemäss realem Objekt, d.h. eine Loggia mit massiver Brüstung und ohne Verglasung. In «Option 1» wurde die bestehende Loggia beibehalten und eine Totalverglasung hinzugefügt, wobei es je ein öffnenbares Element pro Seite gibt. Mit «Option 2» wurde ein Wintergarten mit Totalverglasung berücksichtigt, wobei es auch hier ein öffnenbares Element pro Seite gibt (Abbildung 74). Da in dieser Variante keine massive Brüstung vorhanden ist, wurde für die Absturzsicherung ein Geländer angenommen. Bei den untersuchten Optionen wurde ein aussenliegender Sonnenschutz berücksichtigt. In beiden Optionen wurde ein öffnenbares Element pro Seite (25 % der Verglasungsbreite) angenommen, welches während der Sommerperiode (vom 16. April bis 15. Oktober) durchgängig geöffnet bleibt.

Der Einfluss einer verglasten Loggia sowie eines Wintergartens auf den Energiebedarf, die thermische Behaglichkeit sowie auf die Tageslichtversorgung wurde demnach anhand folgender Optionen untersucht:

**Referenz:** Loggia mit massiver Brüstung | keine zusätzliche Verglasung

**Option 1:** Loggia inkl. Totalverglasung oberhalb der massiven Brüstung | je ein öffnenbares Element pro Seite (25 % der Verglasungsbreite) | Typ: Einfachverglasung

**Option 2:** Wintergarten: Totalverglasung ohne massive Brüstung | je ein öffnenbares Element pro Seite (25 % der Verglasungsbreite) | Typ: Einfachverglasung

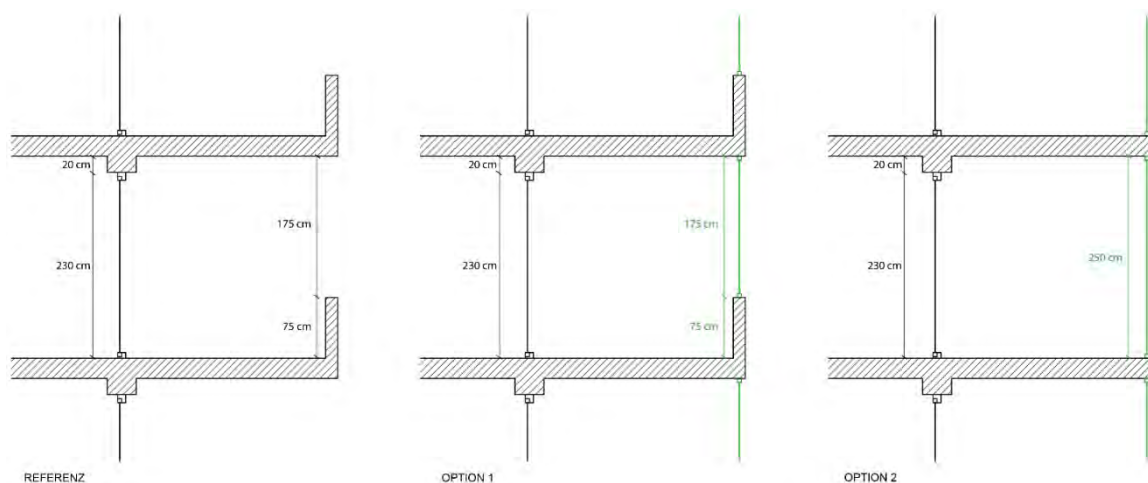


Abbildung 74: Parametervariationen für bauliche Elemente: Wintergarten / verglaste Loggia



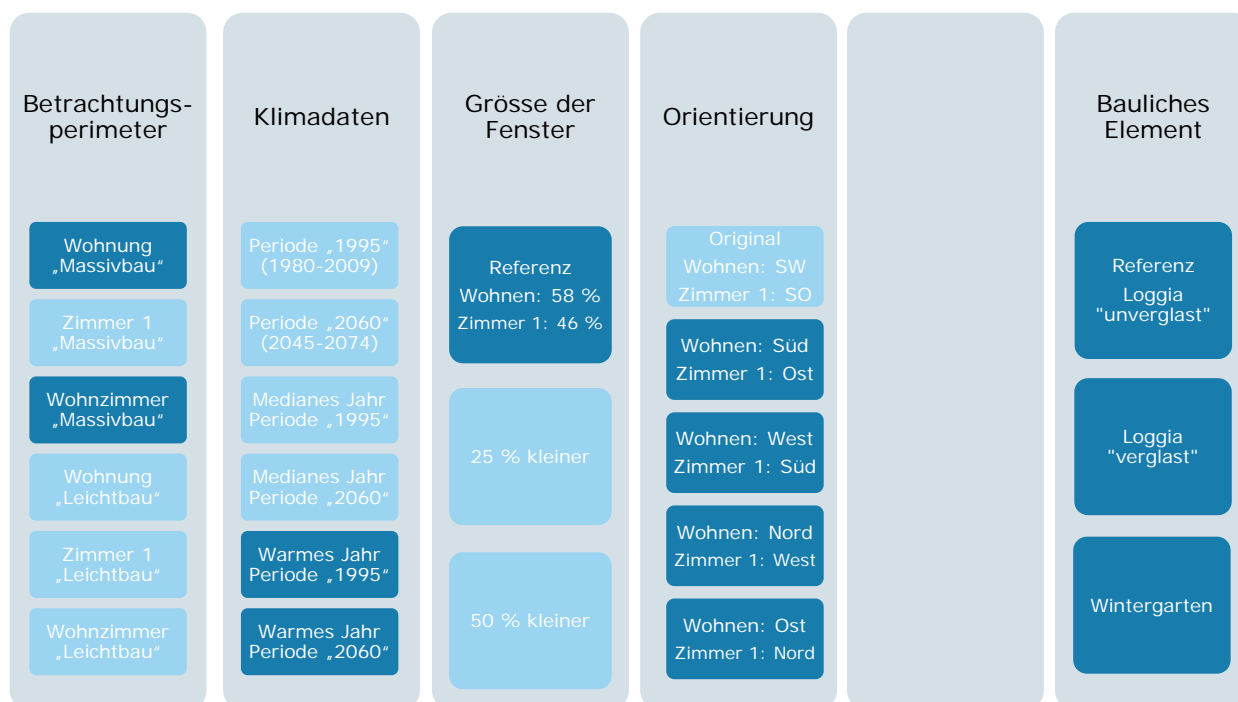


Abbildung 75: Übersichtsmatrix zu den kombinierten Simulationsparametern hinsichtlich baulichen Elementen: Wintergarten / verglaste Loggia.

### Energie und thermische Behaglichkeit

**Vorbemerkung:** Bei den untersuchten Optionen wurde ein aussenliegender Sonnenschutz berücksichtigt. Bei dem Referenzgebäude wurde der Sonnenschutz in diesem Bereich nur sehr wenig aktiviert, da aufgrund der Verschattung durch die Loggia die einfallende Strahlung auf die Glasflächen gering ist. Jedoch kann es zu unerwünschten solaren Gewinnen im Sommer kommen, welche im Falle der verglasten Loggia / Wintergarten geringer sind. Die zusätzliche Verglasung reduziert zudem die einfallende und diffuse Sonnenstrahlung. Würde der Sonnenschutz der Balkontüren an der Fassade positioniert sein, wäre die Reduzierung des Klimakältebedarfs durch «Option 1» und «Option 2» geringer bzw. würde es ggf. keinen Unterschied mehr geben.

#### Heutiges warmes Referenzjahr

- Heizwärmebedarf: Der Heizwärmebedarf kann durch «Option 1» sowie «Option 2» in allen Orientierungen deutlich gesenkt werden, insbesondere im Norden und Osten. Der Wintergarten weist im Vergleich zur verglasten Loggia im Süden, Westen und Norden nur einen leicht höheren Heizwärmebedarf auf, im Osten ist dieser Unterschied etwas grösser.
- Klimakältebedarf: «Option 1» und «Option 2» führen zu einer Reduzierung des Klimakältebedarfs in allen Orientierungen, insbesondere im Osten. Die verglaste Loggia schneidet dabei geringfügig besser ab als der Wintergarten. Dabei gilt zu berücksichtigen, dass die Öffnungsfläche (zur Belüftung) im Wintergarten grösser ist, sodass dies die solaren Gewinne - welche durch die zusätzliche Verglasung erzielt werden – ausgleicht. Wäre dies nicht der Fall, wäre der Klimakältebedarf in «Option 2» viel höher.

- Endenergieverbrauch: Die untersuchten Varianten führen zu einer ähnlichen Senkung des Endenergieverbrauchs, wobei die verglaste Loggia etwas besser abschneidet.
- Thermische Behaglichkeit: Auch die Anzahl Überhitzungsstunden kann durch «Option 1» und «Option 2» in allen Orientierungen reduziert werden. Dabei begünstigt insbesondere die verglaste Loggia die thermische Behaglichkeit im Gebäude.

#### Zukünftiges warmes Jahr

- Heizwärmebedarf: Der Heizwärmebedarf wird durch beide Optionen in allen Orientierungen gesenkt. Der Einfluss von «Option 1» und «Option 2» nimmt jedoch angesichts des Klimawandels in absoluten Zahlen betrachtet ab, da der Heizwärmebedarf generell geringer wird.
- Klimakältebedarf: Da der Klimakältebedarf künftig zunehmen wird, steigt auch die Bedeutung der verglasten Loggia und des Wintergartens an. Die Einsparungen werden grösser.
- Endenergieverbrauch: Zukünftig kann der Einfluss der verglasten Loggia sowie des Wintergartens weiter an Bedeutung gewinnen, wobei die verglaste Loggia insgesamt etwas besser abschneidet.
- Thermische Behaglichkeit: Der Einfluss der untersuchten Varianten steigt ebenso hinsichtlich der Anzahl Überhitzungsstunden in allen Orientierungen an: Im Norden und Westen schneiden «Option 1» und «Option 2» ähnlich gut ab, im Süden führt die verglaste Loggia und im Osten der Wintergarten zur grössten Reduktion.

Eine detaillierte Zusammenstellung der Ergebnisse befindet sich im Anhang 9.6.10 «Bauliche Elemente: Wintergarten / verglaste Loggia».

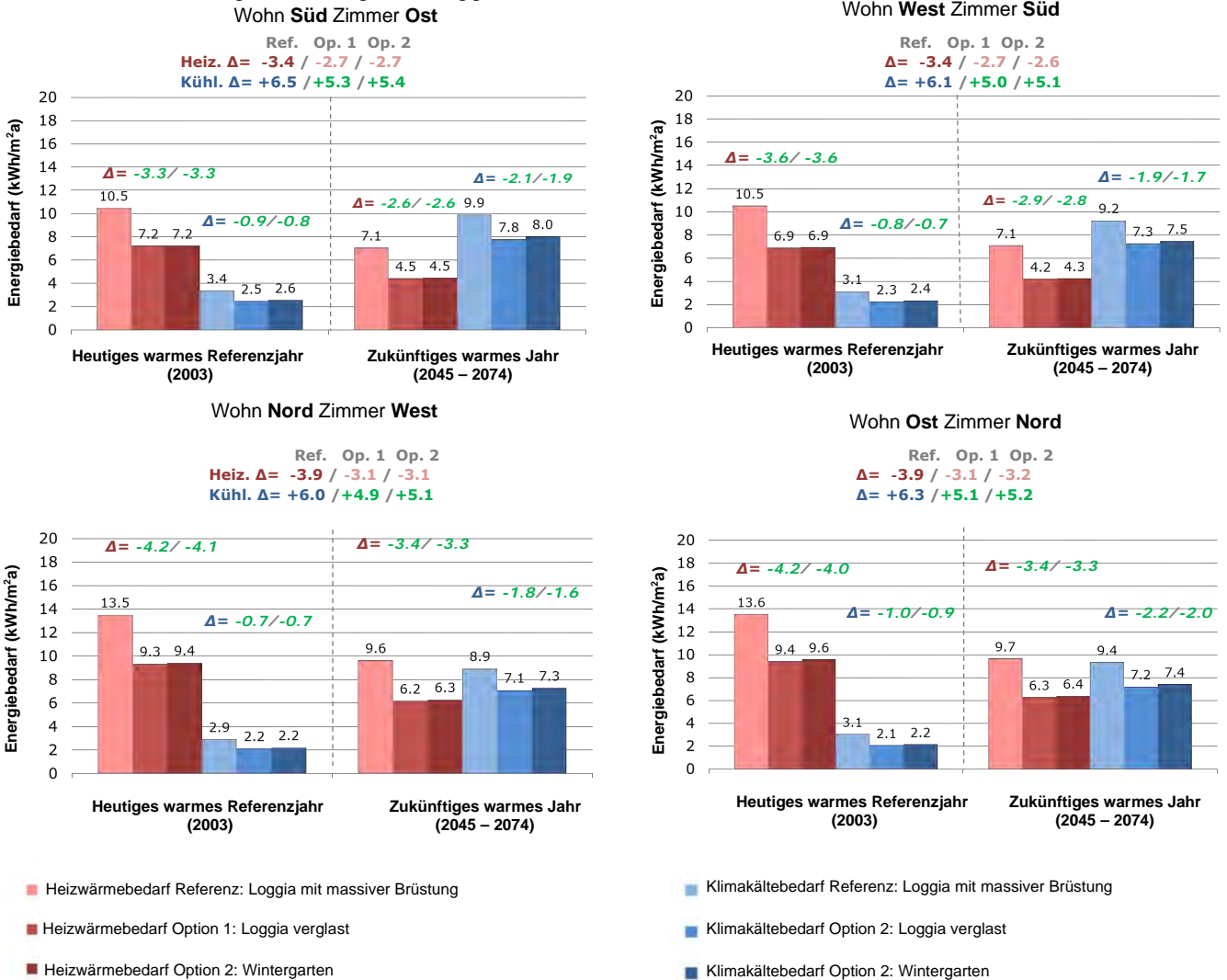


Abbildung 76: Heizwärme- und Klimakältebedarf in Abhängigkeit von baulichen Elementen: Wintergarten / verglaste Loggia.

**Bauliche Elemente: Wintergarten/Loggia**

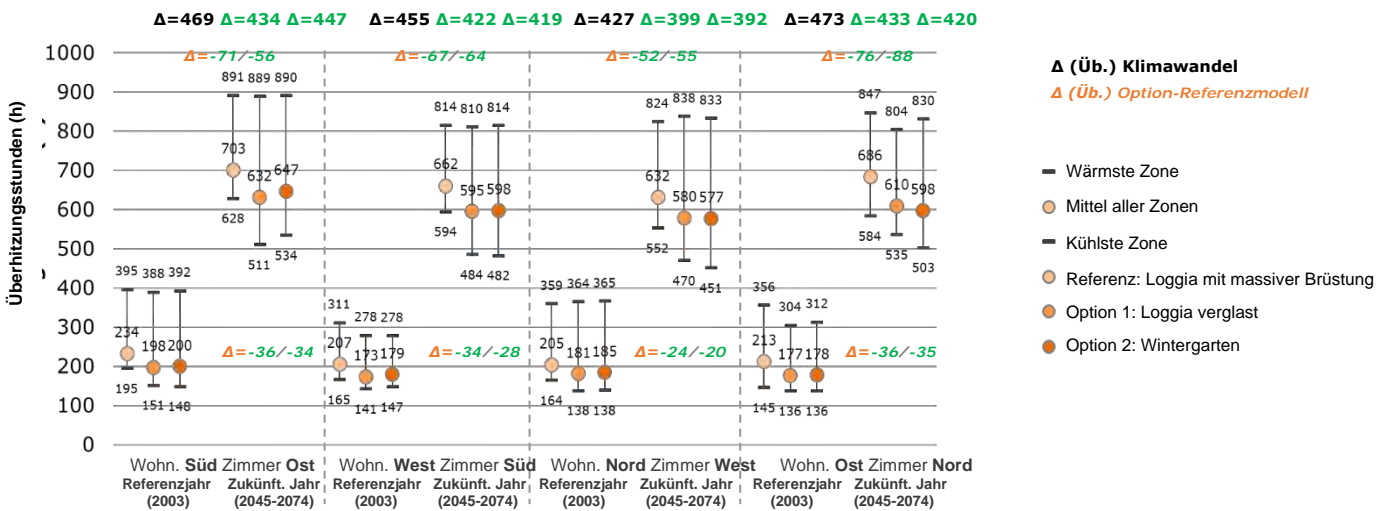


Abbildung 77: Anzahl Überhitzungsstunden in Abhängigkeit von baulichen Elementen: Wintergarten / verglaste Loggia.

## Tageslicht

Tabelle 29 gibt eine Übersicht über die Resultate der Tageslichtanalyse.

Hinsichtlich der Tageslichtversorgung haben die verglasten Elemente kaum einen Einfluss: Wie bei der «Referenz» erreicht der Wohnbereich mit einer verglasten Loggia und mit einem Wintergarten die Stufe «gering».

Die Aussicht kann durch «Option 2» verbessert werden, da die massive Brüstung durch Glaselemente ersetzt wird und somit mehr Ebenen sichtbar sind.

Tabelle 29: Ergebnisse zum Tageslichtquotient gemäss SN EN 17037:2019 im Wohnbereich im 2. OG mit unterschiedlichen baulichen Elementen unter Berücksichtigung der umliegenden Gebäude; grau hinterlegte Werte erfüllen die Anforderungen nicht.

			Tageslichtquotient		
			100%	50%	Stufe
Wohnbereich	Referenz Loggia "unverglast"	Wohn. Süd	0.6	2.3	Gering
		Wohn. West			
		Wohn. Nord			
		Wohn. Ost			
	Option 1 Loggia "verglast"	Wohn. Süd	0.6	2.1	Gering
		Wohn. West			
		Wohn. Nord			
		Wohn. Ost			
	Option 2 Wintergarten	Wohn. Süd	0.6	2.2	Gering
		Wohn. West			
		Wohn. Nord			
		Wohn. Ost			

## Erkenntnisse

Die Analyse zeigt deutlich, dass eine verglaste Loggia sowie ein Wintergarten hinsichtlich des Energiebedarfs sowie der thermischen Behaglichkeit im Gebäudeinneren heute und in Zukunft durchaus empfehlenswert sein können. Diese Aussage gilt es aber in Relation zu folgenden Faktoren zu betrachten:

- Die zusätzlichen Glasflächen haben insgesamt einen hohen Aufwand an Grauer Energie. Die erwarteten Einsparungen im Betrieb (Endenergieverbrauch) gilt es diesbezüglich etwas zu relativieren.
- In den Simulationen wurde angenommen, dass die verglaste Loggia und der Wintergarten an der Aussenseite über eine Stoffmarkise verfügen, welche wie die übrigen Sonnenschutzelemente reagieren (Abschnitt 4.2.2.4). Würde ein innenliegender Sonnenschutz an der Verglasung berücksichtigt werden, würden der Klimakältebedarf im Vergleich zur «Referenz» immer noch niedriger liegen. Ohne Sonnenschutz und bei geschlossener Verglasung würde die «Referenz» jedoch besser abschneiden.
- Werden die verglasten Elemente der Loggia und des Wintergartens im Sommer als nicht belüftet / geschlossen angenommen, wird es zu einer Überhitzung kommen, die sich negativ auf den Klimakältebedarf der Wohnung auswirkt.
- Thermische Behaglichkeit im Bereich der verglasten Loggia bzw. des Wintergartens: Die Simulationen haben gezeigt, dass die Lufttemperatur in diesem Bereich sehr nah an der

Aussenlufttemperatur liegt, da die Öffnungen der Verglasungselemente den ganzen Sommer als geöffnet angenommen werden.

- Des Weiteren gilt es zu berücksichtigen, dass bei den Simulationen der Bereich der verglasten Loggia bzw. des Wintergartens als nicht beheizt angenommen wurde. Soll diese Zone im Winter beheizt werden (ohne dies eingeplant zu haben, d.h. ohne die entsprechende Dämmung der Elementen der Loggia zu berücksichtigen), würde dies zu einem höheren Heizwärmebedarf führen.

Die verglaste Loggia schneidet bezogen auf den Endenergieverbrauch sowie hinsichtlich der thermischen Behaglichkeit insgesamt leicht besser ab als der Wintergarten – heute und in Zukunft. Gleichzeitig ist der Anteil der zusätzlichen Verglasung (Graue Energie) geringer als bei «Option 2». Dahingehend ist eine verglaste Loggia eher zu empfehlen. Allgemein gilt es aber zu beachten, dass eine gute Belüftung des verglasten Bereichs sichergestellt werden muss und ein aussenliegender Sonnenschutz berücksichtigt werden sollte. Hinsichtlich der Tageslichtversorgung hat die zusätzliche Verglasung kaum einen Einfluss.

### 5.2.2.11 Raumbooberflächen

#### Fragestellung

Untersucht wurde, ob durch die Materialisierung und Farbgebung der Raumbooberflächen heute und in Zukunft die thermische Behaglichkeit sowie der Energiebedarf beeinflusst werden können. Aus Sicht des Tageslichts sind helle Oberflächen empfehlenswert. Nun soll diese Empfehlung aber in Relation mit der energetischen Betrachtung analysiert werden. Dabei stellt sich u.a. die nachfolgende Frage: Steigt angesichts des Klimawandels die Bedeutung von hellen Oberflächen in Innenräumen an?

#### Beschrieb

In der **Referenz** wurden die Raumbooberflächen analog dem realen Objekt beibehalten: Parkettboden, Innenwand und Decke hell verputzt. In «Option 1» wurde der Parkettboden durch Schieferplatten ersetzt, wodurch sich der Reflexionsgrad leicht verschlechtert. In «Option 2» werden helle Keramikplatten (Boden) mit einem besseren Reflexionsgrad untersucht. In «Option 3» wurde der Reflexionsgrad der Innenwände geändert und ein farbiger Lehmputz angenommen.

**Anmerkung:** Bei den verschiedenen Materialien wurden nur die Eigenschaften der Oberflächen geändert, d.h. der Reflexionsgrad, jedoch nicht die Wärmeleitfähigkeit (Dichte, Wärmekapazität etc.), sodass die Simulationsergebnisse vergleichbar bleiben.

Der Einfluss der Materialisierung und Farbgebung der Raumbooberflächen (Reflexionsgrad) auf den Energiebedarf, die thermische Behaglichkeit sowie auf die Tageslichtversorgung wurde demnach anhand folgender Optionen untersucht:

- Referenz:**
- Boden: Parkett - Reflexionsgrad: 0.2
  - Innenwände: verputzt, beige - Reflexionsgrad: 0.5
  - Decke: verputzt, weiss - Reflexionsgrad: 0.7
- Option 1:**
- Boden: Schieferplatten - **Reflexionsgrad: 0.1**
  - Innenwände: verputzt, weiss - Reflexionsgrad: 0.5
  - Decke: verputzt, weiss - Reflexionsgrad: 0.7
- Option 2:**
- Boden: Keramik, hell - **Reflexionsgrad: 0.6**
  - Innenwände: verputzt, weiss - Reflexionsgrad: 0.5
  - Decke: verputzt, weiss - Reflexionsgrad: 0.7
- Option 3:**
- Boden: Parkett - Reflexionsgrad: 0.2
  - Innenwände: Lehmputz, farbig - **Reflexionsgrad: 0.25**
  - Decke: verputzt, weiss - Reflexionsgrad: 0.7

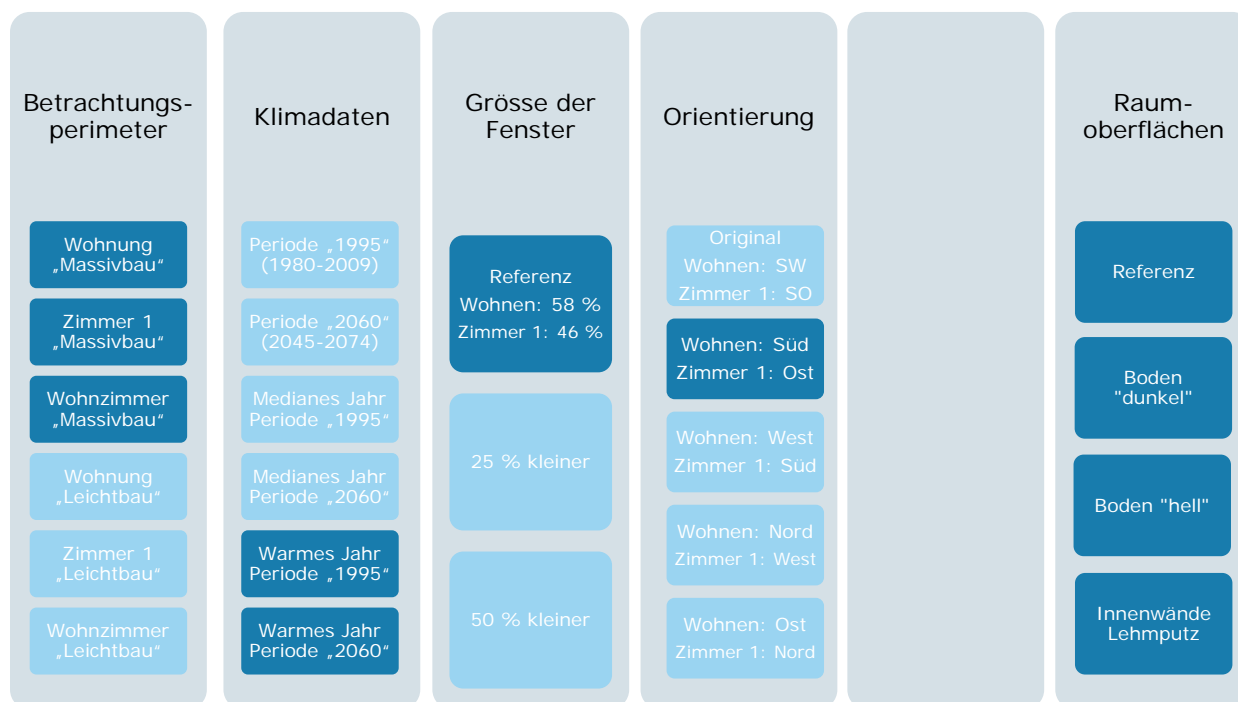


Abbildung 78: Übersichtsmatrix zu den kombinierten Simulationsparametern hinsichtlich Raumboflächen.

## Energie und thermische Behaglichkeit

### Heutiges warmes Referenzjahr

- Heizwärmebedarf: Hinsichtlich des Heizwärmebedarfs sind nur minimale Unterschiede zwischen den Varianten erkennbar. Bei «Option 2» mit einem hohen Reflexionsgrad des Keramikbodens liegt der Heizwärmebedarf leicht höher als bei der «Referenz», «Option 3» mit einem tieferen Reflexionsgrad der Innenwände hingegen etwas niedriger.
- Klimakältebedarf: Hinsichtlich des Klimakältebedarfs sind kaum Unterschiede feststellbar, einzig in «Option 3» liegen die Werte in Zimmer 1 und im Wohnbereich leicht höher als in den übrigen Varianten. In der Gesamtbilanz der Wohnung ist dieser Unterschied aber kaum spürbar.
- Endenergieverbrauch: Gesamtenergetisch liegen alle Varianten annähernd gleich auf.
- Thermische Behaglichkeit: Bezogen auf die Anzahl Überhitzungsstunden sind die Unterschiede auch sehr gering. «Option 2» liegt leicht tiefer, «Option 3» leicht höher als die «Referenz».

### Zukünftiges warmes Jahr

- Heizwärmebedarf: Die Aussagen zum Heizwärmebedarf verhalten sich analog denen vom heutigen Klimaszenario.
- Klimakältebedarf: Der Klimawandel führt zu geringfügigen Unterschieden zwischen den Varianten: «Option 2» schneidet leicht besser, «Option 3» leicht schlechter ab als die «Referenz».
- Endenergieverbrauch: Bezogen auf den künftigen Endenergieverbrauch liegen alle Varianten weiterhin annähernd gleichauf.

- Thermische Behaglichkeit: Bei der «Referenz» sowie «Option 1» und «Option 3» sind künftig die gleiche Anzahl Überhitzungsstunden zu erwarten. «Option 2» mit einem höheren Reflexionsgrad schneidet hier im Mittel leicht besser ab als die übrigen Varianten.

Eine detaillierte Zusammenstellung der Ergebnisse befindet sich im Anhang 9.6.11 «Raumoberflächen».

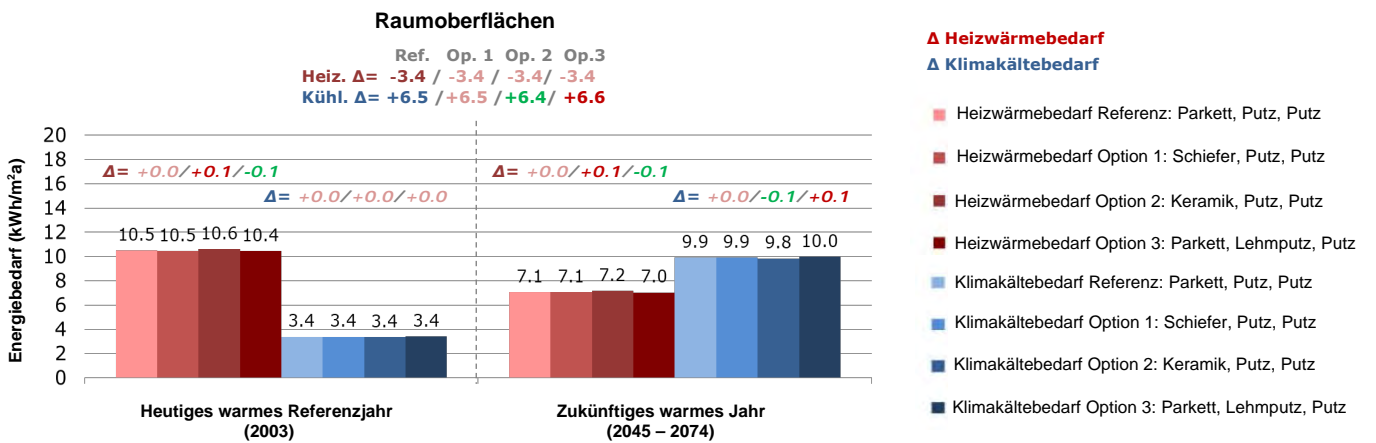


Abbildung 79: Heizwärme- und Klimakältebedarf in Abhängigkeit von Raumoberflächen.

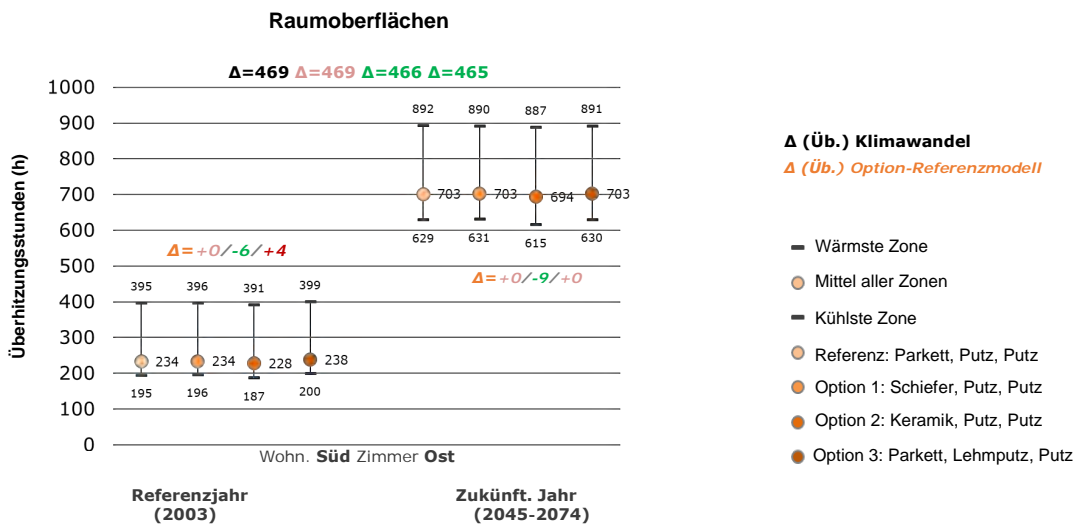


Abbildung 80: Anzahl Überhitzungsstunden in Abhängigkeit von Raumoberflächen.



## Tageslicht

**Anmerkung:** Da sich die Lage des Bezugspunkts aufgrund von unterschiedlichen Raumboflächen nicht ändert, wurde auf eine Analyse der Besonnungsdauer verzichtet. Tabelle 30 gibt eine Übersicht über die Resultate der Tageslichtanalyse.

Bei «Option 1» (dunkler Boden) und «Option 3» (Lehmputz) verschlechtert sich die Tageslichtversorgung sowohl in Zimmer 1 wie auch im Wohnbereich gegenüber der «Referenz». «Option 2» führt zu einer Verbesserung, wobei in Zimmer 1 die Stufe «gering» nur knapp verfehlt wird. Generell gilt: Je höher der Reflexionsgrad der Raumboflächen, desto mehr Tageslicht wird tiefer in den Raum reflektiert und folglich desto besser ist die Tageslichtversorgung.

Tabelle 30: Ergebnisse zum Tageslichtquotient gemäss SN EN 17037:2019 in Zimmer 1 (oben) und im Wohnbereich (unten) im 2. OG mit unterschiedlichen Raumboflächen unter Berücksichtigung der umliegenden Gebäude; grau hinterlegte Werte erfüllen die Anforderungen nicht.

			Tageslichtquotient		
			100%	50%	Stufe
Zimmer 1	Referenz	Zimmer 1 Ost	0.4	1.5	Ungenügend
	Option 1 Boden "dunkel"	Zimmer 1 Ost	0.3	1.3	Ungenügend
	Option 2 Boden "hell"	Zimmer 1 Ost	0.7	1.8	Ungenügend
	Option 3 Innenwände Lehmputz	Zimmer 1 Ost	0.2	1.2	Ungenügend
Wohnbereich	Referenz	Wohn. Süd	0.6	2.3	Gering
	Option 1 Boden "dunkel"	Wohn. Süd	0.5	2.1	Ungenügend
	Option 2 Boden "hell"	Wohn. Süd	1.1	3.1	Gering
	Option 3 Innenwände Lehmputz	Wohn. Süd	0.4	2.1	Ungenügend

**Erkenntnisse**

Die Materialisierung und die Farbgebung der Raumboflächen (Reflexionsgrad) hat heute und in Zukunft nur einen minimalen Einfluss auf den Energiebedarf sowie die thermische Behaglichkeit im Gebäude.

Hinsichtlich der Tageslichtversorgung haben diese Parameter aber einen höheren Einfluss. Generell gilt: Je höher der Reflexionsgrad der Oberflächen, desto besser die Tageslichtversorgung im Raum. Oberflächen mit hohen Reflexionsgraden könnten somit insbesondere angesichts des Klimawandels an Bedeutung gewinnen. Würde sich künftig aus energetischen sowie thermischen Gründen der Fensteranteil reduzieren, könnte der daraus folgenden Verschlechterung der Tageslichtversorgung durch Oberflächen mit hohen Lichtreflexionsgraden entgegengewirkt werden. Dabei gilt es jedoch zu beachten, dass diese Wirkung gleichzeitig auch von der Raumgeometrie abhängig ist: Bei tiefen Räumen können allein die Raumboflächen die Tageslichtversorgung nur in begrenztem Ausmass verbessern.

### 5.2.3 Potentialanalyse einer klimawandelgerechten Planung

Um das Potenzial einer klimagerechten Planung hinsichtlich der drei Themenfelder Energie, thermische Behaglichkeit und Tageslicht abschätzen zu können, wurden einige der in Abschnitt 5.2.25.2 analysierten Parameter des Referenzgebäudes verändert und ein neues Gebäudemodell simuliert (Abbildung 81). Dabei wurden die nachfolgenden fünf Parameter geändert:

#### 1. Reduktion des Fensteranteils und Einsatz von Oblichtern

Unter Berücksichtigung der Erkenntnisse aus den Simulationen, wurden die Fensterflächen des Referenzgebäudes geändert. Für die Wohnung im EG, 1. OG und 2. OG wurden die gleichen Annahmen getroffen, im Dachgeschoss wurden weitere Veränderungen vorgenommen. In der Wohnung im Dachgeschoss wurden zudem Oberlichter eingesetzt. Tabelle 31 gibt eine Übersicht über die getroffenen Annahmen.

Tabelle 31: Reduktion des Fensteranteils und Einsatz von Oblichtern – Annahmen für die Potentialanalyse

	Raum	Variation des Fensteranteils	
Wohnung im EG / 1. OG / 2. OG	Zimmer 1	Das Fenster wurde nicht weiter reduziert, da aufgrund der hohen Raamtiefe bereits bei der aktuellen Fenstergröße keine ausreichende Tageslichtversorgung sichergestellt werden kann.	Fenster: 2.6 x 1.65 m (4.29 m <sup>2</sup> )
	Zimmer 2	Reduktion der Fenstergröße um 25% (Verringerung der Fensterbreite).	Fenster: 1.95 x 1.65 m (3.22 m <sup>2</sup> )
	Wohnbereich	Reduktion der Fenstergrößen um 25% (Verringerung der Fensterbreite).	Fenster 1: 2.88 x 1.65 m (4.75 m <sup>2</sup> ) Balkontür 1: 1.80 x 2.30 m (4.14 m <sup>2</sup> ) Balkontür 2: 3.57 x 2.30 m (8.22 m <sup>2</sup> ) Fenster 2: 3.41 x 1.65 m (5.62 m <sup>2</sup> )
Wohnung Dachgeschoss	Zimmer 1	Die Fläche des Fassadenfensters wurde um 2 m <sup>2</sup> reduziert (Verringerung der Fensterbreite). 1 Oblicht wurde hinzugefügt. Dadurch konnte ein mittleres Niveau für die Tageslichtversorgung erreicht werden.	Fenster: 1.39 x 1.65 m (2.29 m <sup>2</sup> ) 1 Oblicht: je 1.20 x 1.20 m (1.44 m <sup>2</sup> , Glasfläche: 1.07 m <sup>2</sup> ) inkl. ausenliegendem Sonnenschutz mit 100 % Aktivierung ( $g_{\text{total}} = 0.12 \mid T_{\text{vis}} = 0.16$ ), Öffnungsanteil für Lüftung 50 %
	Zimmer 2	Die Fläche des Fassadenfensters wurde um 2 m <sup>2</sup> reduziert (Verringerung der Fensterbreite). 1 Oblicht wurde hinzugefügt. Dadurch konnte ein mittleres Niveau für die Tageslichtversorgung erreicht werden.	Fenster: 1.39 x 1.65 m (2.29 m <sup>2</sup> ) 1 Oblichter: je 1.20 x 1.20 m (1.44 m <sup>2</sup> , Glasfläche: 1.07 m <sup>2</sup> ) inkl. ausenliegendem Sonnenschutz mit 100 % Aktivierung ( $g_{\text{total}} = 0.12 \mid T_{\text{vis}} = 0.16$ ), Öffnungsanteil für Lüftung 50 %
	Wohnbereich	Der Fensteranteil wurde weiter reduziert (4.0 m <sup>2</sup> im Vergleich zu den Annahmen für den	Fenster 1: 2.27 x 1.65 m (3.75 m <sup>2</sup> ) Balkontür 1: 1.37 x 2.30 m (3.14 m <sup>2</sup> )

		<p>Wohnbereich im 1. OG, Verringerung der Fensterbreite). Dafür wurden 3 Oblichter hinzugefügt, wodurch auch in diesem Raum ein mittleres Niveau für die Tageslichtversorgung erzielt werden konnte.</p>	<p>Balkontür 2: 3.14 x 2.30 m (7.22 m<sup>2</sup>)  Fenster 2: 2.80 x 1.65 m (4.62 m<sup>2</sup>)  3 Oblichter: je 1.20 x 1.20 m (4.32 m<sup>2</sup>,  Glasfläche: 3.21 m<sup>2</sup>) inkl.  ausserliegendem Sonnenschutz mit  100 % Aktivierung (<math>g_{\text{total}} = 0.12</math>   <math>T_{\text{vis}} = 0.16</math>), Öffnungsanteil für Lüftung 50 %</p>
--	--	--	--

## 2. Fenstersturz und Fensterbrüstung

Im neuen Gebäudemodell wurden die Fenster ohne Sturz (ausser bei den Balkontüren) und dafür mit einer Fensterbrüstung von 0.85 m simuliert («Option 1» in Abschnitt 5.2.2.3).

## 3. Beweglicher Sonnenschutz

Für die beweglichen Sonnenschutzelemente wurden Lamellenstoren «silber» gewählt («Option 2» in Abschnitt 5.2.2.6). Der Winkel der Lamellen wurde zu 66° gekippt angenommen.

## 4. Bauliche Elemente: verglaste Loggia

Die vorhandene Loggia wurde oberhalb der massiven Brüstung komplett verglast. Es gab je ein Element pro Seite, welches geöffnet werden konnte (25 % der gesamten Breite der Verglasung, Typ: Einfachverglasung; «Option 1» in Abschnitt 5.2.2.10).

## 5. Raumboberflächen

Für die Innenräume wurde ein heller Keramikboden (Reflexionsgrad: 0.6) sowie weiss verputzte Innenwände (Reflexionsgrad: 0.5) und Decken (Reflexionsgrad: 0.7) angenommen («Option 2» in Abschnitt 5.2.2.11)

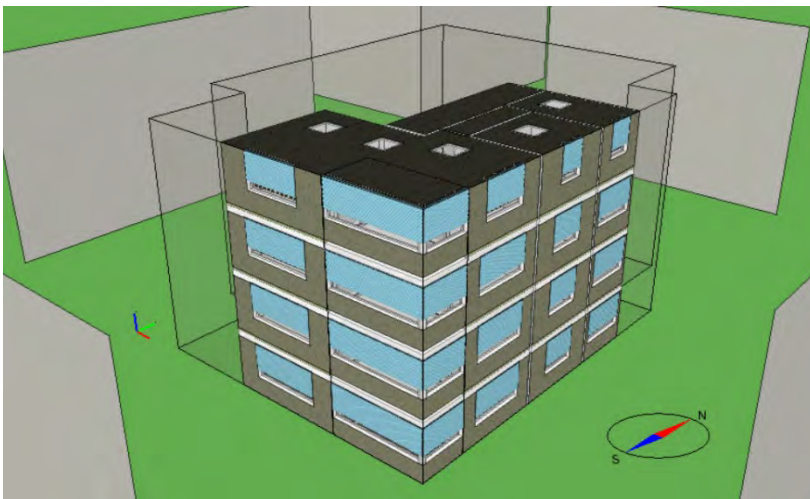


Abbildung 81: 3D-Ansicht des neuen Gebäudemodells aufgebaut in IDA-ICE.

Des Weiteren wurden zwei Orientierungen der Wohnungen analysiert: Eine Wohnung mit einer Süd-Ost-Orientierung, wobei der Wohnbereich nach Süden (Hauptorientierung, ein Fenster nach Osten) und die Zimmer nach Osten ausgerichtet sind. Ebenso wurde eine Wohnung mit einer Nord-

West-Orientierung simuliert, wobei der Wohnbereich nach Norden (Hauptorientierung, ein Fenster nach Westen) und die Zimmer nach Westen ausgerichtet sind.

Auf Grundlage dieser zwei Orientierungen der Wohnungen sowie dem 1. OG (dreifach gewertet) und dem DG (einfach gewertet) konnten Mittelwerte für die Energie und die thermische Behaglichkeit im neuen Gebäudemodell ermittelt werden. Für die Analyse des Tageslichts wurden alle Geschosse einzeln untersucht.

## Ergebnisse: Energie und thermische Behaglichkeit

### Heutiges warmes Referenzjahr (2003)

- Heizwärmebedarf: Der Heizwärmebedarf des neuen Gebäudemodells **sinkt um 30 %**.
- Klimakältebedarf: Der Klimakältebedarf des neuen Gebäudemodells **sinkt um 45 %**.
- Endenergieverbrauch: Das neue Gebäudemodell hat einen **um 25 % tieferen Endenergieverbrauch** als das Referenzgebäude.
- Thermische Behaglichkeit: Die Anzahl der Überhitzungsstunden kann im neuen Gebäudemodell um **etwa 30 % reduziert** werden.

### Zukünftiges warmes Jahr (2045 – 2074)

- Heizwärmebedarf: Die Aussagen zum Heizwärmebedarf verhalten sich analog zu denen vom heutigen Klimaszenario, aber mit einer weniger ausgeprägten absoluten Reduktion aufgrund des geringeren Heizwärmebedarfs in Zukunft.
- Klimakältebedarf: Angesichts des Klimawandels kann der Klimakältebedarf in absoluten Zahlen **weiter reduziert werden**, im Vergleich zum heutigen Klimaszenario.
- Endenergieverbrauch: Auch der Endenergieverbrauch kann künftig weiter gesenkt werden. Durch das neue Gebäudemodell kann dieser Wert **um 28 % reduziert** werden, im Vergleich zum Referenzmodell.
- Thermische Behaglichkeit: Angesichts des künftig zu erwartenden Temperaturanstiegs könnte durch das neue Gebäudemodell sowohl die maximal empfundene Temperatur im Innenraum als auch die Anzahl Überhitzungsstunden **deutlich reduziert** werden, im Vergleich zur «Referenz».

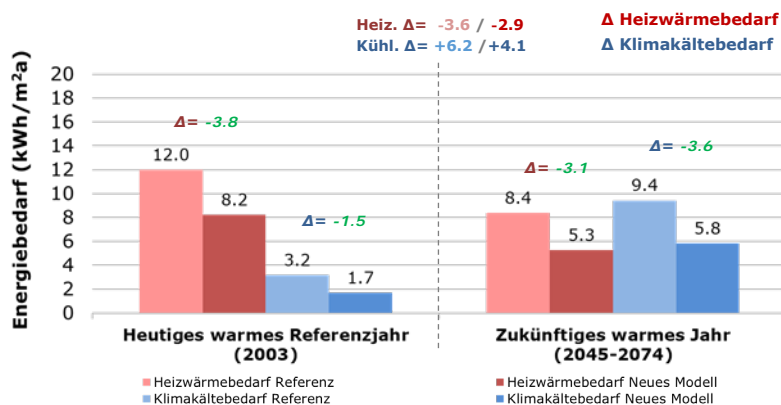


Abbildung 82: Heizwärme- und Klimakältebedarf für das Referenzgebäude und das neue Gebäudemodell.

Tabelle 32: Heizwärme-, Klimakälte-, und Elektrizitätsbedarf und –leistung (ungefärbte Zellen) für Beleuchtung und Endenergieverbrauch für das Referenzgebäude und das neue Gebäudemodell.

	Heutiges warmes Referenzjahr (2003)				Zukünftiges warmes Jahr (Periode 2045-2074)			
	Heizwärmebedarf (kWh/m <sup>2</sup> a) Heizwärmeleistung (W/m <sup>2</sup> )	Klimakältebedarf (kWh/m <sup>2</sup> a) Klimakälteleistung (W/m <sup>2</sup> )	Elektrizit. Beleucht. (kWh/m <sup>2</sup> a) Elektrizität- leistung Beleucht. (W/m <sup>2</sup> )	Endenergieverbrauch (kWh/m <sup>2</sup> a)	Heizwärmebedarf (kWh/m <sup>2</sup> a) Heizwärmeleistung (W/m <sup>2</sup> )	Klimakältebedarf (kWh/m <sup>2</sup> a) Klimakälteleistung (W/m <sup>2</sup> )	Elektrizit. Beleucht. (kWh/m <sup>2</sup> a) Elektrizität- leistung Beleucht. (W/m <sup>2</sup> )	Endenergieverbrauch (kWh/m <sup>2</sup> a)
Referenz	12.0	3.2	1.7	6.2	8.4	9.4	1.7	7.3
	15.8	19.0	1.5		13.1	21.5	1.5	
Neues Modell	8.2	1.7	1.8	4.7	5.3	5.8	1.8	5.3
	13.9	14.5	1.5		10.1	15.8	1.5	

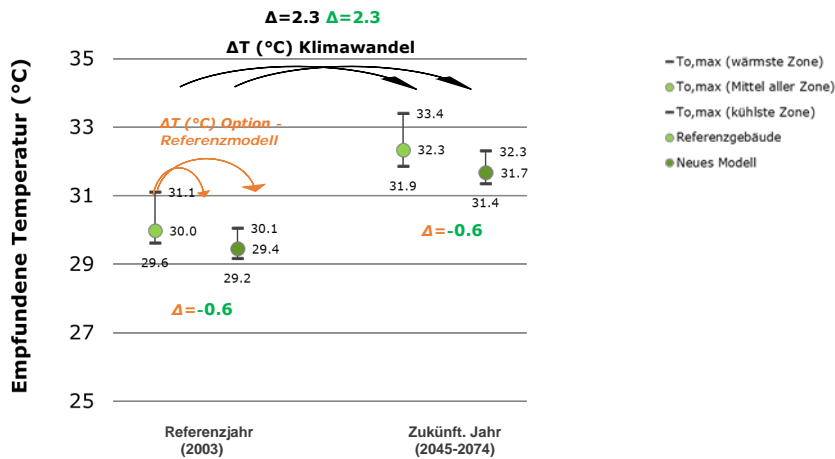


Abbildung 83: Maximale empfundene Temperatur für das Referenzgebäude und das neue Gebäudemodell, Mittelwert der Wohnungen. Die Temperaturdifferenzen im oberen Bereich der Abbildung (schwarze Pfeile) sind primär auf den Klimawandel zurückzuführen, die in der Mitte (orange Pfeile) auf die Parametervariation bei denselben klimatischen Bedingungen.

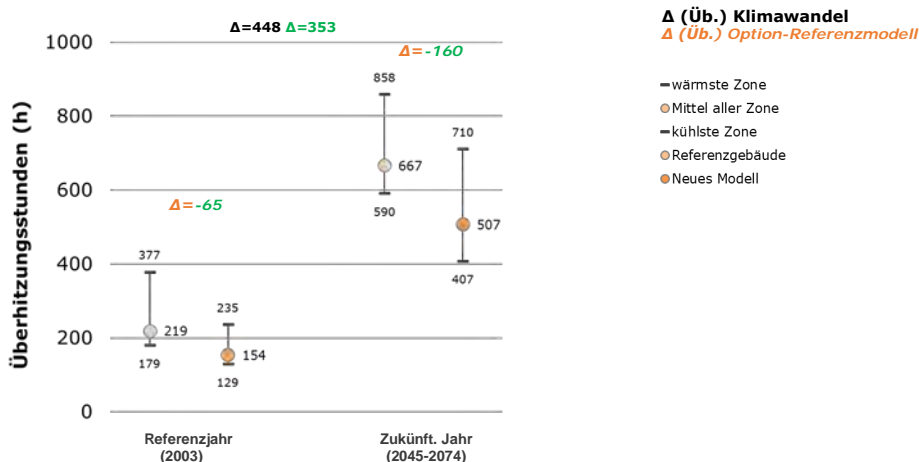


Abbildung 84: Anzahl Überhitzungsstunden für das Referenzgebäude und das neue Gebäudemodell.

## Ergebnisse: Tageslicht

Tabelle 33, Abbildung 85, Abbildung 86 und Tabelle 34 enthalten die Resultate der Tageslichtanalyse.

### Tageslichtversorgung

- Zimmer 1: Das «Neue Modell» schneidet gegenüber der «Referenz» auf allen Geschossen besser ab. Im EG und 1. OG werden die Anforderungen der Norm SN EN 17037:2019 [3] weiterhin nicht erfüllt, doch im **2. OG** erreicht die Tageslichtversorgung **neu die Stufe «gering»**. Aufgrund der Oblichter erreicht das «Neue Modell» **im Dachgeschoss die Stufe «hoch»**.<sup>12</sup> Im Referenzmodell, wo nur Fassadenfenster und keine Oblichter vorhanden sind, konnte nur die Stufe «gering» erreicht werden.
- Zimmer 2: In diesem Raum sehen die Verbesserungen vom «Neuen Modell» gegenüber der «Referenz» ähnlich wie in Zimmer 1 aus. Im Dachgeschoss wird jedoch durch die getroffenen Annahmen lediglich die Stufe «mittel» erreicht. Neu erreicht die Tageslichtversorgung im EG über 100 % der Bezugsebene die Stufe «gering», diejenige über 50 % der Bezugsebene erfüllt die Anforderungen jedoch nicht.
- Wohnbereich: Die Tageslichtversorgung beim «Neuen Modell» verbessert sich im Vergleich zur «Referenz». In der Dachwohnung wird mit den Oblichtern die Stufe «mittel» erreicht. Im 1. OG sowie im EG erreicht die Tageslichtversorgung über 100 % der Bezugsebene neu die Stufe «gering», doch die Anforderungen über 50 % der Bezugsebene werden auf beiden Geschossen (knapp) nicht erfüllt.

### Besonnungsdauer<sup>13</sup>

- Im EG, 1. OG und 2. OG ist die Besonnungsdauer im «Neuen Modell» in Zimmer 1 mit Ostausrichtung höher als in der «Referenz» (allerdings bei gleichbleibender Stufe). Im Westen gibt es auf diesen Geschossen keinen Unterschied zwischen der «Referenz» und dem «Neuen Modell».
- Die Besonnungsdauer von Zimmer 1 im Dachgeschoss ist im «Neuen Modell» kürzer als in der «Referenz», was auf den in der Breite reduzierten Fensteranteil zurückgeführt werden kann. Zimmer 1 im Dachgeschoss mit Ostausrichtung erreicht sowohl in der «Referenz» als auch im «Neuen Modell» die Stufe «mittel». Bei einer Westausrichtung des Raumes hingegen erreicht die «Referenz» die Stufe «hoch», das «Neue Modell» jedoch lediglich die Stufe «mittel». Die Besonnungsdauer der Oblichter wurde nicht analysiert. Grundsätzlich lässt sich aber sagen, dass eine horizontale Fläche ohne umliegende Verschattung stets mit Sonnenlicht versorgt ist. Allerdings liegt der Bezugspunkt eines Oblichts bei der Analyse der Besonnungsdauer – wie in Abschnitt 4.2.4.6 erklärt – nicht auf

---

<sup>12</sup> Wie in Abschnitt **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** erklärt gibt es in der SN EN 17037:2019 für die Tageslichtversorgung durch horizontale Tageslichtöffnungen nur einen Zielwert (95 % der Bezugsebene) statt zwei Zielwerte wie bei der Tageslichtversorgung durch Tageslichtöffnungen in vertikalen und geneigten Flächen.

<sup>13</sup> Wie auch in der Parameterstudie wurde die Besonnungsdauer hier nur in Zimmer 1 analysiert, da dieses Kriterium nur in einem Wohnraum einer Wohnung erfüllt sein muss.

dem Dach, sondern im Rauminnen und ist somit von der Grösse der Öffnung, der Dicke des Dachaufbaus und der Höhe des auf dem Dach liegenden Rahmens des Oblichts abhängig.

Tabelle 33: Ergebnisse zum Tageslichtquotient und zur Besonnungsdauer gemäss SN EN 17037:2019 in den verschiedenen Räumen und Geschosse für das Referenzgebäude und das neue Gebäudemodell unter Berücksichtigung der umliegenden Gebäude; grau hinterlegte Werte erfüllen die Anforderungen nicht.

			Tageslichtquotient			Besonnungsdauer Zimmer 1 Ost		Besonnungsdauer Zimmer 1 West	
			100%	50%	Stufe	Stunden	Stufe	Stunden	Stufe
Zimmer 1	Referenz	DG	0.8	2.0	Gering	3.5 h	Mittel	4 h	Hoch
		2. OG	0.4	1.5	Ungenügend	3 h	Mittel	3 h	Mittel
		1. OG	0.3	0.8	Ungenügend	2 h	Gering	2.5 h	Gering
		EG	0.3	0.7	Ungenügend	1.5 h	Gering	2 h	Gering
	Neues Modell	DG	4.2	---	Hoch	3 h	Mittel	3 h	Mittel
		2. OG	0.7	2.2	Gering	3.5 h	Mittel	3 h	Mittel
		1. OG	0.5	1.2	Ungenügend	2.5 h	Gering	2.5 h	Gering
		EG	0.5	1.0	Ungenügend	2 h	Gering	2 h	Gering
Zimmer 2	Referenz	DG	1.4	3.0	Gering	---	---	---	---
		2. OG	0.9	2.4	Gering	---	---	---	---
		1. OG	0.6	1.5	Ungenügend	---	---	---	---
		EG	0.5	0.9	Ungenügend	---	---	---	---
	Neues Modell	DG	2.5	---	Mittel	---	---	---	---
		2. OG	1.1	2.4	Gering	---	---	---	---
		1. OG	0.7	1.8	Ungenügend	---	---	---	---
		EG	0.6	1.0	Ungenügend	---	---	---	---
Wohnbereich	Referenz	DG	0.9	3.0	Gering	---	---	---	---
		2. OG	0.6	2.3	Gering	---	---	---	---
		1. OG	0.5	1.5	Ungenügend	---	---	---	---
		EG	0.5	1.3	Ungenügend	---	---	---	---
	Neues Modell	DG	2.3	---	Mittel	---	---	---	---
		2. OG	0.8	2.6	Gering	---	---	---	---
		1. OG	0.6	1.8	Ungenügend	---	---	---	---
		EG	0.6	1.5	Ungenügend	---	---	---	---

### Aussicht

- Wie in Abschnitt 5.2.2.2 / Tageslicht beschrieben ändert sich der horizontale Sichtwinkel u.a. bei einer Änderung der Fensterbreite. Alle Fenster von Zimmer 1 auf allen Geschossen und in beiden Modellen («Neues Modell» und «Referenz») sind identisch in der Breite mit der Ausnahme vom Fenster im Dachgeschoss vom «Neuen Modell». Somit entspricht der horizontale Sichtwinkel von Zimmer 1 in der «Referenz» auf allen Geschossen und im «Neuen Modell» im EG, 1. OG und 2. OG gemäss Bild C.3 der Norm SN EN 17037:2019 [3] der Stufe «mittel». Im «Neuen Modell» entspricht der horizontale Sichtwinkel von Zimmer 1 im Dachgeschoss gemäss Bild C.2 der Norm SN EN 17037:2019 [3] der Stufe «gering».
- Wie in Abschnitt 5.2.2.3 / Tageslicht beschrieben, ändert sich die Anzahl sichtbarer Ebenen mit einer Reduzierung der Sturzhöhe und entsprechender Erhöhung der Brüstungshöhe, sodass die Ebene «Himmel» von weiter hinten im Raum und die Ebene «Boden» erst näher am Fenster sichtbar ist. Wie bei der «Referenz» (Abschnitt 5.2.1.6) schneidet Zimmer 1 im «Neuen Modell» im Dachgeschoss sowie im EG auf Stufe «mittel» und im 1. OG auf Stufe





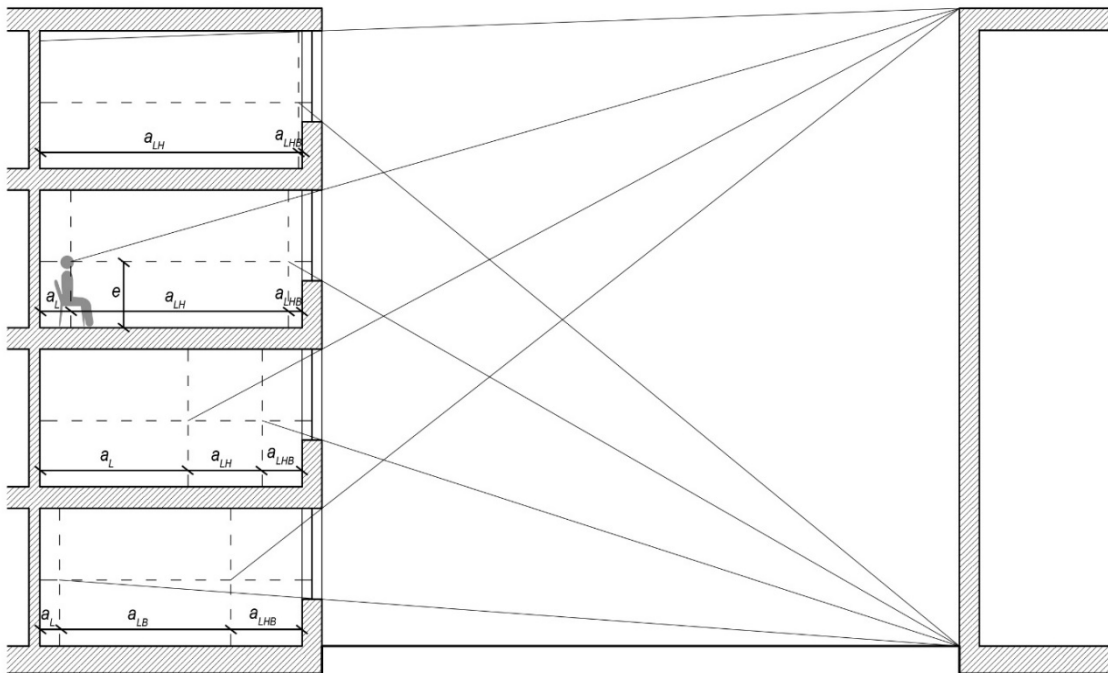


Abbildung 86: Grafische Darstellung der Aussicht in Zimmer 1 ohne Fenstersturz («Neues Modell») in unterschiedlichen Geschossen anhand des «No-Sky-Line- und No-Ground-Line-Konzepts»

Tabelle 34: Unterschiedliche Bereiche der Aussicht in Zimmer 1 ohne Fenstersturz («Neues Modell») in unterschiedlichen Geschossen anhand des «No-Sky-Line- und No-Ground-Line-Konzepts»

Geschoss	Bereich mit nur Ebene «Landschaft»		Bereich mit zwei Ebenen, d.h. «Landschaft» und «Himmel» oder «Boden»		Bereich mit drei Ebenen, d.h. «Landschaft» und «Himmel» und «Boden»		Stufe gemäss SN EN 17037
	in m	Anteil des Raums	in m	Anteil des Raums	in m	Anteil des Raums	
DW	0	0%	4,70	99%	0,06	1%	Mittel
2. OG	0,56	12%	3,95	83%	0,25	5%	Mittel
1. OG	2,69	57%	1,35	28%	0,72	15%	Gering
EG	0,35	7%	3,11	66%	1,30	27%	Mittel

**Fazit der Tageslichtanalyse:** Der Tageslichtquotient konnte durch die Oblichter im Dachgeschoss und die verringerte Sturzhöhe der Fassadenfenster auf allen Geschossen verbessert werden. Die Besonnungsdauer verbesserte sich aufgrund der verringerten Sturzhöhe der Fassadenfenster im EG, 1. OG und 2. OG. Im Dachgeschoss verschlechterte sich diese aufgrund der reduzierten Fensterbreite.<sup>14</sup> Auch die Aussicht verschlechterte sich durch die geringere Fensterbreite im

<sup>14</sup> Die Besonnungsdauer für die Oblichter wurde nicht analysiert. Es könnte sein, dass diese besser ausfallen würden als diejenige des in der Breite reduzierten Fassadenfensters.

Dachgeschoss leicht, wenn man den horizontalen Sichtwinkel betrachtet. Bei der Beurteilung der Aussicht anhand der Anzahl sichtbarer Ebenen kam es im 2. OG zu einer Verbesserung. Bis auf die Tageslichtversorgung in den unteren Geschossen, konnten die Anforderungen der neuen Norm SN EN 17037:2019 [3] erfüllt werden.

### Fazit der Potentialanalyse

Aus energetischer Sicht sowie hinsichtlich der thermischen Behaglichkeit konnte durch das neue Gebäudemodell eine **deutliche Verbesserung der Ergebnisse** erzielt werden. Die Reduzierung des Heizwärmebedarfs konnte dabei insbesondere durch den geringeren Fensteranteil sowie die verglaste Loggia erreicht werden. Die Einsparungen beim Klimakältebedarf basieren insbesondere auf der Reduzierung des Fensteranteils, sind aber gleichzeitig auch auf die Lamellenstoren und die zusätzlichen Verschattungselementen der verglasten Loggia zurückzuführen.

Die Reduzierung der Fensterflächen sowie die zusätzliche Verglasung der Loggia führen jedoch zu einer Verschlechterung der Tageslichtversorgung in den Räumen. Um dem entgegen zu wirken wurde der Reflexionsgrad des Bodens erhöht und der Fenstersturz eliminiert. Auch wurde die Fenstergrösse nur selektiv und mit Blick auf die Tageslichtversorgung reduziert: Im Dachgeschoss wurde die Fenstergrösse in allen Räumen verkleinert. In den übrigen Geschossen erfolgte ebenso eine Reduktion des Fensteranteils um 25 %, ausser in Zimmer 1, wo durch die ursprüngliche Fenstergrösse die Anforderungen der Norm hinsichtlich der Tageslichtversorgung bereits nicht erfüllt werden konnten.

Im Dachgeschoss des neuen Gebäudemodells konnte trotz der Reduzierung der Fassadenfenster eine bessere Tageslichtversorgung erreicht werden, da durch die hinzugefügten Oblichter das Tageslicht nun auch in die hinteren Teile der Räume (Raumtiefe) gelangt. Die Reduzierung des Fensteranteils in der Breite bewirkte jedoch, dass sich die Besonnungsdauer sowie die Aussicht geringfügig verschlechterten. Dies war jedoch vertretbar, da die Anforderungen der Norm weiterhin eingehalten wurden.

Deutlich wurde, dass bereits durch wenige Veränderungen und eine gezielte Anpassung der Parameter sowohl die Energieeffizienz, die thermische Behaglichkeit als auch die Tageslichtversorgung deutlich verbessert werden konnte. Dies zeigt das hohe Potential einer klimagerechten Planung. Dabei sollte immer die Balancefindung zwischen den drei Themenfeldern im Vordergrund stehen. Die Anpassungen der Parameter wurden so gewählt, dass die Anforderungen an das Tageslicht weiterhin erfüllt oder zumindest nicht weiter verschlechtert wurden. Zudem zeigte sich, dass jeder Raum, jedes Geschoss sowie jede Orientierung andere Anforderungen stellen: Eine klimawandelgerechte Planung sollte somit auf den vorhandenen Kontext (Standort, Umgebung etc.) eingehen, um eine hohe Energieeffizienz sowie einen hohen thermischen als auch visuellen Komfort über den gesamten Lebenszyklus zu garantieren.

## 6 Schlussfolgerungen und Diskussion

### 6.1 Handlungsempfehlungen für Bauherrschaften

**Sind Bauherrschaften bereit für den Klimawandel?** – Die Umfrage hat gezeigt, dass bei den Bauherrschaften das Thema «Klimawandel» und der damit verbundene Temperaturanstieg bereits einen hohen Stellenwert einnimmt (Abschnitt 5.1.1.2). Zudem wurde deutlich, dass schon ein guter Wissensstand in Bezug auf mögliche Massnahmen zur Vermeidung von Überhitzung bei den Befragten vorhanden ist. An dieser Stelle muss jedoch festgehalten werden, dass i.d.R. vor allem an der Thematik interessierte Personen an Umfragen teilnehmen. Jedoch ist eine Lücke zwischen Wissen und Handeln auszumachen: Die Massnahmen sind z.T. bekannt und werden als besonders zielführend eingestuft, werden allerdings bisher nur von wenigen umgesetzt (Abschnitt 5.1.1.3). Daher sollten bereits sensibilisierte Bauherrschaften motiviert werden, die Massnahmen auszuführen, und weniger sensibilisierte Bauherrschaften sollten zeitnah dazu bewegt werden, sich mit der Thematik auseinanderzusetzen.

Die Umfrage hat gezeigt, dass Bauherrschaften schneller bereit sind, Massnahmen zur Vermeidung von Überhitzung im Gebäudeinneren umzusetzen, wenn die dafür nötigen Mehrkosten tief und der bauliche Mehraufwand klein sind (Abschnitt 5.1.1.4 / Hinderungsgründe). Massnahmen, welche dies erfüllen, sind beispielsweise solche, die bei einem Neubau in die frühen Phasen der Bauplanung fallen. Wenn die Mehrkosten von Massnahmen eine gewisse Schwelle übersteigen, wirkt eine (finanzielle) Förderung durch Bund / Kanton / Gemeinde positiv auf deren Umsetzung, da dadurch die für die Bauherrschaften anfallenden Kosten gemindert werden (Abschnitt 5.1.1.4 / Motivationsgründe).

Idealerweise wird den Bauherrschaften der Nutzen aufgezeigt, welcher die Berücksichtigung des Klimawandels bei Bauvorhaben mit sich bringt. Grundsätzlich hat jede Entscheidung einen Einfluss auf die Sicherung der Investition und deren Rendite. Ein Gebäude, welches frühzeitig als klimawandelkompatibel konzipiert wurde, wird sich langfristig auch wirtschaftlich bewähren. Nur klimagerecht geplante Gebäude garantieren dauerhaft einen hohen Komfort und eine Vermietbarkeit bei gleichzeitig geringen Betriebskosten. Ansonsten sind Anpassungen an den Klimawandel im Rahmen einer späteren Sanierung, gewissermassen «Korrekturmassnahmen», wahrscheinlich unumgänglich.

Um Bauherrschaften für ihre Rolle in der klimagerechten Planung von künftigen Sanierungs- und Neubauprojekten weiter zu sensibilisieren, muss je nach Zielgruppe mit unterschiedlichen Inhalten und Kanälen gearbeitet werden. Die Potentialanalyse (Abschnitt 5.1.3) hat gezeigt, dass der Bestand an Mietwohnungen in der Schweiz hauptsächlich im Besitz von Privatpersonen (fast 50 %) und Genossenschaften/AGs/GmbHs (> 30 %) liegt. Im Neubaubereich sind Bau- und Immobilienunternehmen (> 40 %) sowie Privatpersonen (fast 30 %) HauptauftraggeberInnen für neu erstellte Wohnungen. Neben dem Sanierungs- und Neubaupotential der Zielgruppen spielt aber auch die Erreichbarkeit eine wichtige Rolle: Bei Wohnbaugenossenschaften, Immobilienunternehmen sowie institutionellen Anlegern müssen effektiv weniger Personen erreicht werden, da Entscheidungen zu ganzen Gebäudeportfolios getroffen werden. Privatpersonen

hingegen besitzen meist nur einzelne Objekte. Die Erreichbarkeit dieser Zielgruppe ist demnach viel schwieriger, da sehr viele Einzelpersonen angesprochen werden müssen und dies im besten Fall noch vor deren Bauvorhaben. Für die Kommunikation sollten bei dieser Zielgruppe Multiplikatoren genutzt werden: Eine Möglichkeit wäre bspw. die Verbreitung der Empfehlungen über den Hauseigentümerverband (HEV).

Bei den Handlungsempfehlungen für Bauherrschaften stehen Massnahmen zur Vermeidung von aufgrund des Klimawandels häufiger auftretender Überhitzung im Zentrum. Sie tragen dazu bei, angenehme Innenraumtemperaturen und somit einen hohen Wohnkomfort über das ganze Jahr sicherzustellen. Gleichzeitig leisten diese Massnahmen einen Beitrag zur Senkung des Energiebedarfs und somit auch der Treibhausgasemissionen im Schweizer Gebäudesektor, was positiv für die Umwelt ist und den Klimawandel verlangsamen kann.

Im Hinblick auf den Klimawandel und dem damit verbundenen künftigen Temperaturanstieg werden zwei Strategien empfohlen, welche Bauherrschaften bei Planungsentscheidungen von Neubau- und Sanierungsprojekten berücksichtigen sollten:

Bei **Strategie 1** geht es um Massnahmen, welche **verhindern, dass es zu einer Überhitzung im Innenraum kommt**. So sollten bspw. solare und interne Wärmelasten in den Sommermonaten heute und vor allem in Zukunft möglichst geringgehalten werden und ein guter Gebäudestandard dafür sorgen, dass der Wärmeeintritt von aussen möglichst klein ist. Weitere Massnahmen sind in Tabelle 35 aufgeführt. Können aus diversen Gründen die Massnahmen von Strategie 1 nicht bzw. nur teilweise berücksichtigt werden oder treten trotzdem unangenehm hohe Innenraumtemperaturen auf, können die Massnahmen von **Strategie 2** helfen, die **ungewollte Hitze wieder abzuführen** (Tabelle 36). Hierbei sollte beachtet werden, dass sich technische Lösungen, wie bspw. eine aktive Kühlung, negativ auf die Energieeffizienz und somit auch auf die Treibhausgasemissionen auswirken können. Die Massnahmen dieser zwei Strategien können mit weiteren ergänzt werden. Das Nutzerverhalten spielt beispielsweise eine zentrale Rolle bei der Vermeidung von Überhitzung: so haben ein korrekter Umgang mit beweglichen Sonnenschutzelementen sowie eine effiziente Nachtauskühlung sowohl heute als auch in Zukunft einen entscheidenden Einfluss auf den Wohnkomfort. Tabelle 37 erläutert zwei mögliche **ergänzende Massnahmen**.

Vor diesem Hintergrund sollten Bauherrschaften besonders in den frühen Phasen der SIA 112:2014 – Modell Bauplanung [20], in welchen es um grundlegende, strategische Entscheide geht (bspw. Wahl des Standortes) und in der letzten Phase, der Bewirtschaftung, Einfluss nehmen. Während Abbildung 87 einen Überblick über alle sechs Phasen der SIA 112:2014 gibt, sind nachfolgend für jede Phase Empfehlungen für die Bauherrschaften beschrieben.

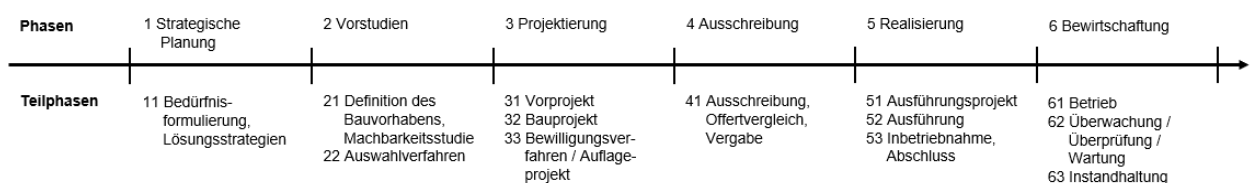


Abbildung 87: Phasen und Teilphasen gemäss SIA 112:2014 [20]

### Phase «1 Strategische Planung»

Eine Bauherrschaft soll das **wirtschaftliche Potential und die Vorteile von Massnahmen** zur Vermeidung von klimawandelbedingter Überhitzung in Betracht ziehen. Beispielsweise kann eine gesteigerte Wohnqualität für die BewohnerInnen zu weniger Mieterwechsel und folglich weniger Leerstand führen.

Zu Beginn eines Projekts soll die Bauherrschaft ihre **Erwartungen** bezüglich der einzuhaltenden Standards formulieren. Dabei könnten sie sich beispielsweise an Labels orientieren, welche Massnahmen zum Bauen im Klimawandel thematisieren (z.B. [2000-Watt-Areal](#)). Hier soll noch einmal erwähnt werden, dass Labelvorgaben bei einer zukunftsvisierten Planung eine wichtige Rolle spielen, da Labels oft die «Vordenker» späterer Gesetze sind. Ausserdem ist bei allen zukünftigen Projekten zu empfehlen, eine **Beurteilung des Tageslichts** einzufordern, Dies kann bspw. gemäss der 2019 in Kraft getretenen Norm SN EN 17037:2019 – Tageslicht in Gebäuden [3] erfolgen.

Bei der Standortwahl eines Neubaus soll die Bauherrschaft sicherstellen, dass eine **Analyse des Standorts** bezüglich der Nutzung von bestehenden natürlichen Ressourcen stattfindet. Beispielsweise sollte abgeklärt werden, ob es in der Umgebung Möglichkeiten der Kühlung (z.B. Wasserflächen, Erdreich) gibt, welche passiv oder aktiv genutzt werden könnten. Auch soll die Bauherrschaft sicherstellen, dass **in den Planungsaufträgen «klimarelevante» Vorgaben klar formuliert** sind, einschliesslich wie diese eingehalten werden sollen (z.B. Norm, Methoden). Diese Vorgaben sind auch Bestandteile der Verträge. Dies ist besonders wichtig für Massnahmen, die sich widersprechende Konsequenzen haben: Beispielsweise kann eine Verkleinerung der Fensterfläche aus Sicht von Energie und thermischem Komfort und dem zukünftig erhöhten Überhitzungsrisiko Sinn machen, geht aber auf Kosten einer guten Tageslichtversorgung über das ganze Jahr.

Die Bauherrschaft kann in dieser Phase auch Empfehlungen zum Raumprogramm einbringen, z.B. das Andenken von gekühlten Gemeinschaftsräumen. Sie sollte im Planungsteam eine **Ansprechperson** für «klimagerechtes» Planen haben. Ausserdem sollte sie ein **Monitoringkonzept** verlangen, um für eine spätere Optimierung auf Daten zurückgreifen zu können.

### Phase «2 Vorstudien»

Als Besteller muss sich die Bauherrschaft bewusst sein, dass sie einen grossen Einfluss hat, wenn das Ziel ein klimawandelkompatibles Gebäude sein soll. Mit dem Auftrag kann die Bauherrschaft das Aufzeigen von Lösungen beim Planenden abfragen. So soll sie darauf bestehen, dass **Elemente**, die im weiteren Projektverlauf **nur noch schwer oder nicht mehr korrigierbar** sind, analysiert werden und ins Konzept einfliessen. Beispiele hierfür sind bei einem Neubau die Kubatur und Ausrichtung eines Gebäudes einschliesslich der vorhandenen Verschattungselemente in der Umgebung (Nachbargebäude, Berge etc.), die Fassadengestaltung einschliesslich der Positionierung und Dimensionierung von Fenstern und die thermische Speichermasse.

Damit sie aktiv auf Planungsentscheidungen Einfluss nehmen kann, soll die Bauherrschaft in ihrer Rolle als Besteller **mit einer breiten Palette von Themen vertraut** sein: Zusätzlich zu den oben erwähnten Elementen, sind ein guter Dämmstandard der thermischen Gebäudehülle und ein gutes Sonnenschutzkonzept weitere Beispiele für Neubau- und Sanierungsprojekte. Eine besonders geeignete Massnahme ist bei einer Sanierung bspw. die Dämmung des Dachgeschosses.

Auch trifft die Bauherrschaft bei der Definition des Bauvorhabens sowohl bei einem Neubau als auch bei einer Sanierung weitere **strategische Entscheide**. Dazu gehören bspw. der Einsatz von technischen Lösungen, wie energieeffiziente Geräte, Gebäudeautomation etc., aber auch nicht-technische Ansätze, wie Begrünungsmassnahmen etc., welche Einfluss auf die Klimawandelkompatibilität eines Gebäudes haben.

### **Phase «3 Projektierung»**

In dieser Phase soll ein laufender Austausch zwischen der Bauherrschaft und den Planenden zur Überprüfung des vorgängig Definierten und Bestellten stattfinden. Sie ist besonders wichtig bei Sanierungen, weil bei solchen Projekten die strategische Planung und die Vorstudien weniger zum Zug kommen.

### **Phase «4 Ausschreibung»**

Die Bauherrschaft sollte dafür sorgen, dass spezifische Ziele zum klimawandelgerechten Bauen in den allgemeinen Bedingungen von Ausschreibungen formuliert und festgehalten werden. Bei dem Vergleich von Offerten sind die Leistungen und Produkte bzgl. der geforderten Eigenschaften in Bezug auf klimawandelrelevante Aspekte zu prüfen und zu bestätigen. Bei Anpassungen (z.B. aus Kostengründen) sind deren Auswirkungen zu prüfen.

### **Phase «5 Realisierung»**

Projekte werden während der Realisierung oft noch angepasst, beispielsweise aufgrund von Sparmassnahmen. Um zu verhindern, dass Entscheide getroffen werden, die sich langfristig nicht auszahlen bzw. um eine zukünftig nötige Nachrüstung zu verhindern, soll die Bauherrschaft oder deren Vertretung während dieser Phase neben den üblichen Aufgaben ein **besonderes Augenmerk auf klimawandelrelevante Aspekte** haben. Dies schliesst auch die Kontrolle vor Ort bei wesentlichen Arbeiten und Produkten ein.

Die **Inbetriebnahme** ist besonders wichtig: Es ist zwingend, dass zu diesem Zeitpunkt Instruktionen (im Sinne einer vollständigen Dokumentation) für die BetreiberInnen, Hauswarte etc. vorhanden sind, damit ein angemessener Betrieb und Unterhalt von Anfang an und langfristig gewährleistet ist (v.a. wenn eine Gebäudeautomation verwendet wird). Auch beginnen die Messungen zum Monitoring in dieser Phase.

Die Bauherrschaft sollte vom Planenden **Empfehlungen für die zukünftigen Nutzenden** in der Form von Merkblättern bestellen. So kann die Bauherrschaft in ihrer Rolle als Besitzer eines Gebäudes frühzeitig mit der Sensibilisierung von künftigen Nutzenden beginnen.

### **Phase «6 Bewirtschaftung»**

Informationen zum Gebäudekonzept hinsichtlich dessen Klimawandelrobustheit sollen bereits vor dem Bezug des Gebäudes verfügbar sein. Nach einem Bezug sollen MieterInnen noch vor dem ersten Sommer vom Bewirtschafter **Empfehlungen zum Nutzerverhalten**, bspw. zur richtigen Bedienung des beweglichen Sonnenschutzes (z.B. Storen, Fensterläden), zum korrekten Lüftungsverhalten (Nachtauskühlung), zum richtigen Umgang mit Kühlgeräten oder zur flexiblen Nutzung von Räumlichkeiten, erhalten. Dies gilt auch bei einem Mieterwechsel.

In dieser Phase findet die Optimierung des Monitorings statt. Hierfür können auch Nutzerbefragungen durchgeführt werden. Falls von der Bauherrschaft gewünscht, kann eine Begleitung durch den Planenden stattfinden.



Tabelle 35: Details zur Strategie 1 «Verhinderung einer Überhitzung im Innenraum» der Handlungsempfehlungen für Bauherrschaften

Strategie 1 Massnahmen	Bauvorhaben	Verantwort- lichkeit	Relevanz (für Energie und Komfort)	Zusätzliche Kosten	Zusätzlicher baulicher Aufwand	Allgemeine Hinweise zu Planung und Betrieb	Wirtschaftliches Potential	Empfehlung	Weitere Informationen
Optimale Ausrichtung des Gebäudes	Neubau	Bauherrschaft als Besteller, Planer	Mittel	Keine	Keiner	Die optimale Ausrichtung eines Gebäudes, z.B. in Bezug auf die Windrichtung, Stellung zu Wasserflächen oder Wäldern, kann einen grossen Einfluss auf den städtischen Wärmeineffekt haben und somit auch auf die Energieeffizienz und den Wohnkomfort im Gebäude. Auch um eine gute Versorgung der Räume mit Tageslicht zu garantieren, lohnt sich eine Analyse der Stellung des Gebäudes, da bspw. eine Nordfassade nur wenig Besonnung erhält.	Eine vorausschauende, klimagerechte Planung ist für einen hohen Wohnkomfort heute und in Zukunft unabdingbar.	Bauherrschaften sollten im Entwurfsprozess aktiv Einfluss nehmen, ihre Anforderungen klar definieren und nicht die gesamte Verantwortung an die/den Planenden abgeben. Entscheidungen sollten über bewertbare Kriterien herbeigeführt werden.	Abschnitt 6.2 «Handlungsempfehlungen für Planende»; Studie « <a href="#">ClimaBau</a> »; Norm SN EN 17037:2019 [3] zur Bewertung des Tageslichts
Optimale Ausrichtung der Fensterflächen	Neubau	Bauherrschaft als Besteller, Planer	Sehr hoch	Keine	Keiner	Die Ausrichtung der Fensterflächen haben einen sehr hohen Einfluss auf die Energieeffizienz sowie den Wohnkomfort im Gebäude. Insbesondere nach Süd, Ost und West ausgerichtete Fenster erhalten einen hohen Eintrag an solaren Wärmelasten im Sommer, was zu Überhitzung in den Innenräumen führen kann. Allerdings tragen solaren Gewinne im Winter dazu bei, dass der Heizwärmebedarf reduziert wird. Ausserdem sind sie auch für eine gute Versorgung der Innenräume mit Tageslicht zuständig.	Eine hohe Wohnqualität kann sich zudem positiv auf die Zufriedenheit der MieterInnen auswirken und somit zu weniger Mieterwechsel sowie weniger Leerstandzeiten der Immobilie führen.		
Bewusster Umgang mit Fensterflächen	Neubau	Bauherrschaft als Besteller, Planer	Sehr hoch	Keine	Keiner	Glasflächen haben einen grossen Einfluss auf die solaren Wärmelasten im Sommer. Die Fenstergrösse sollte entsprechend der Raumnutzung, des Geschosses (v.a. im innerstädtischen Kontext) und der Orientierung gewählt werden. Je grösser der Glasanteil an der Fassade, desto grösser ist die Gefahr einer Überhitzung der Räume in den Sommermonaten. Allerdings tragen Glasflächen auch zur Nutzung von solaren Gewinnen im Winter und zu einer guten Tageslichtversorgung bei. Für eine gute Tageslichtversorgung im Dachgeschoss können ebenso Oblichter wertvolle Elemente darstellen.			
Guter Dämmstandard der thermischen Gebäudehülle (opake und transparente Bauteile)	Neubau und Sanierung	Bauherrschaft als Besteller, Planer	Mittel (z.B. Keller) – Sehr hoch (Dach)	Neubau: Niedrig / Sanierung: Mittel bis hoch	Neubau: Mittel / Sanierung: Hoch	Ein guter Dämmstandard, d.h. ein tiefer U-Wert der thermischen Gebäudehülle, bietet einen guten Schutz vor Überhitzung in den Sommermonaten. Gleichzeitig werden im Winter die Transmissionswärmeverluste reduziert (geringerer Heizwärmebedarf und Betriebskosten) sowie kalte Oberflächentemperaturen vermieden. Somit kann über das gesamte Jahr ein hoher Wohnkomfort und ein effizienter Betrieb des Gebäudes bereitgestellt werden.	Bei einer energetischen Verbesserung der Gebäudehülle (Sanierung) kann i.d.R. ein Teil der Investitionskosten auf den Mieter übertragen werden. Zudem gibt es diverse Förderprogramme (Neubau & Sanierung) durch Bund, Kanton und Gemeinden, welche finanzielle Unterstützungen bei der Verbesserung des Gebäudestandards anbieten.	Bei Bestandsgebäuden sollte bei ohnehin anfallenden Instandsetzungen an Bauteilen der thermischen Hülle gleichzeitig die Energieeffizienz verbessert werden. Dadurch kann die Amortisationszeit der Massnahme weiter verkürzt werden.	Eine Übersicht zu den Fördermöglichkeiten für die Verbesserung des Gebäudestandards an unterschiedlichen Standorten findet man <a href="#">hier</a> .
Beweglicher Sonnenschutz (z.B. Storen, Fensterläden etc.)	Neubau und Sanierung	Bauherrschaft als Besteller, Planer / Nutzer	Sehr hoch	Gering	Gering	Bewegliche Sonnenschutzelemente bieten eine hohe Flexibilität: Zum einen kann durch den korrekten Einsatz dieser Elemente ein effizienter Schutz vor Überhitzung im Sommer sichergestellt werden. Zum anderen können solare Wärmegewinne im Winter genutzt werden (geringerer Heizwärmebedarf). Diesbezüglich sollte neben einem aussenliegenden Sonnenschutz immer auch ein Blendschutz vorgesehen werden. Bei korrektem Einsatz kann durch ein beweglicher Sonnenschutz ein hoher Wohnkomfort und eine gute Tageslichtversorgung über das ganze Jahr gewährleistet werden. Die Wirkung eines beweglichen Sonnenschutzes kann	Ein beweglicher Sonnenschutz stellt eine kostengünstige und einfach realisierbare Massnahme zur Vermeidung von Überhitzung dar (kurze Amortisationszeit bei gleichzeitig sehr hohem, positivem Einfluss auf den Wohnkomfort, welcher wiederum zu weniger Mieterwechseln und Leerstandzeiten der Immobilie führen kann.	Bewegliche Sonnenschutzelemente sind in der Planung immer zu berücksichtigen. Zusätzlich sollte immer auch ein innenliegender Blendschutz eingeplant werden. Die korrekte Bedienung ist zentral. Aus Sicht des Tageslichts sind bewegliche Sonnenschutzelemente fixen baulichen Elementen vorzuziehen.	Abschnitt 6.2 «Handlungsempfehlungen für Planende»; Studie « <a href="#">ClimaBau</a> »; Gebäudehülle Schweiz -Merkblatt « <a href="#">Sommerlicher Wärmeschutz</a> » «Projekt SADLESS»

						durch eine einfache bzw. automatisierte Bedienung zusätzlich verbessert werden			
Thermische Speichermasse	Neubau	Bauherrschaft als Besteller, Planer	Hoch	Keine	Keiner	Laut «ClimaBau» [2] führt eine höhere Wärmespeicherfähigkeit zu kleineren thermischen Oszillationen und somit zu komfortableren Temperaturen im Gebäudeinneren. Das hängt damit zusammen, dass sich eine hohe Speichermasse weniger schnell aufheizt (höhere Trägheit) und somit einen besseren Schutz vor Überhitzung im Sommer bietet.	Ein hoher Wohnkomfort kann dazu führen, dass weniger Mieterwechsel und Leerstandzeiten auftreten. Zudem handelt es sich um einen Entwurfsparameter, welcher keine zusätzlichen Kosten und keinen zusätzlichen baulichen Aufwand bedarf.	Die Wärmespeicherfähigkeit des Gebäudes hat einen entscheidenden Einfluss auf den Wohnkomfort im Gebäude. Bauherrschaften sollten bei der Planung ihrer Gebäude - im Hinblick auf den Klimawandel – auf eine hohe thermische Speichermasse achten.	Studie « <a href="#">ClimaBau</a> »
Fixe Sonnenschutzelemente (z.B. Balkone, Vordächer etc.)	Neubau und Sanierung	Bauherrschaft als Besteller, Planer	Hoch	Neubau: Gering bis mittel / Sanierung: Mittel bis hoch	Neubau: Keine / Sanierung: Mittel bis hoch	Fixe bauliche Elemente können einen positiven Beitrag zur Reduzierung der solaren Wärmelasten leisten. Dabei gibt es verschiedene Möglichkeiten, wie bspw. den bewussten Einsatz von Auskragungen / Balkonen oder feste horizontale bzw. vertikale Beschattungselemente, welche gleichzeitig einen gestalterischen Wert haben. Jedoch reduzieren fixe bauliche Elemente die Tageslichtversorgung sehr stark und dies das ganze Jahr über. Kann der gleiche Effekt mit beweglichen Sonnenschutzelementen erzielt werden, sind diese Elemente zu priorisieren.	Sind ohnehin bauliche Elemente, wie bspw. Balkone, Vordächer etc., geplant, können diese gleichzeitig zum Schutz vor Überhitzung eingesetzt werden (keine zusätzlichen Kosten, kein zusätzlicher baulicher Aufwand).	Beim Einsatz von horizontalen Auskragungen sollte insbesondere auf die Umgebungssituation eingegangen werden, um die Balance zwischen Energie, thermischer Behaglichkeit und Tageslicht zu finden.	Abschnitt 6.2 «Handlungsempfehlungen für Planende»
Begrünungsmassnahmen (z.B. Verschattung durch Bäume, Dachbegrünung etc.)	Neubau und Sanierung	Bauherrschaft, ggf. Nutzer	Mittel	Mittel	Neubau: Gering / Sanierung: Gering bis hoch	Ist ein entsprechender Aussenbereich vorhanden, können Bäume und Pflanzen als Verschattungselemente im Sommer dienen und somit die solaren Wärmelasten reduzieren. Ausserdem verringern sie den Wärmeinseleffekt. Das Begrünen von Fassaden und Dächern ist eine weitere effiziente Massnahme, um das Innenraumklima sowohl im Sommer als auch im Winter positiv zu beeinflussen. Temperaturschwankungen werden ganzjährig reduziert und begünstigen einen hohen Wohnkomfort. Bäume können eine Fassade im Winter zudem vor kalten Winden schützen. Laubbäume funktionieren wie ein natürlicher dynamischer Sonnenschutz, da sie im Sommer Schatten spenden, im Winter aber durch den Verlust der Blätter die solaren Wärmeerträge kaum einschränken.	Durch den bewussten Einsatz von Begrünungsmassnahmen kann gleichzeitig die Aufenthaltsqualität der Aussenbereiche erhöht werden, wodurch ein weiterer Mehrwert für die BewohnerInnen geschaffen werden kann.	Im Hinblick auf den Klimawandel wird das Thema "Begrünung" künftig an Bedeutung gewinnen und sollte bereits heute schon bei der Gebäude- bzw. Aussenraumplanung berücksichtigt werden.	Projekt « <a href="#">ITC Begrünung und Stadtklima</a> »
Reduzierung der internen Wärmegewinne (z.B. Einsatz von effizienten Geräten etc. )	Neubau und Sanierung	Bauherrschaft und Nutzer	Mittel	Gering	Keiner	Durch den Einsatz effizienter Geräte, können die internen Wärmelasten minimiert werden. Insbesondere in den Sommermonaten kann dies einen wichtigen Beitrag für ein angenehmes Innenraumklima leisten.	Anfängliche Kosten amortisieren sich durch die höhere Effizienz (geringerer Stromverbrauch) der Geräte i.d.R. bereits nach kurzer Zeit.	Die durch die Bauherrschaft zur Verfügung gestellten Geräte sowie Leuchten sollten einen hohen Effizienzstandard haben, um den Wohnkomfort im Sommer nicht zu reduzieren.  Da immer auch ein Teil der Geräte durch BewohnerInnen selbst angeschafft wird, sollten Bauherrschaften Ihren MieterInnen die Vorteile von effizienten Geräten aufzeigen und diese entsprechend informieren.	Broschüre energieschweiz « <a href="#">Besser Wohnen – Tipps und Tricks für mehr Komfort</a> »

Einsatz von Spezialverglasungen	Neubau und Sanierung	Bauherrschaft	Mittel	Hoch	Gering bis Mittel	Durch den Einsatz von Spezialverglasungen kann die Gefahr einer Überhitzung der Räume in den Sommermonaten reduziert werden, während die solaren Gewinne in den Wintermonaten genutzt werden können. Ein aussenliegender beweglicher Sonnenschutz ist nicht nötig. Allerdings kann es bei der Abdunklung von gewissen Spezialverglasungen zu Veränderungen in der Farbwahrnehmungen kommen. Ausserdem liegt deren Lichttransmissionsgrad im transparenten Zustand tiefer als derjenige einer traditionellen Verglasung, was die Tageslichtversorgung über das ganze Jahr beeinträchtigt.	Höhere Beschaffungs- und Installationskosten werden i.d.R. durch tiefere laufende Kosten zumindest teilweise kompensiert. Gleichzeitig wird der Wert der Immobilie gesteigert. Da diese Massnahme die Verantwortung des Nutzenden übernimmt. Dies kann sich positiv auf die Vermietbarkeit der Immobilie auswirken.	Vor allem bei Hochhäusern (aufgrund der Windbeständigkeit) und denkmalgeschützten Gebäuden ist der Einsatz von Spezialverglasungen als Ersatz einer Standard-Verglasung mit aussenliegendem beweglichem Sonnenschutz zu prüfen.	BFE «Elektrochromes Glas – Eine Literaturstudie» (in Bearbeitung)
---------------------------------	----------------------	---------------	--------	------	-------------------	--	---	---	---

Tabelle 36: Details zur Strategie 2 «Hitze wieder abführen» der Handlungsempfehlungen für Bauherrschaften

Strategie 2 Massnahmen	Bauvorhaben	Verantwortlichkeit	Relevanz (für Energie und Komfort)	Zusätzliche Kosten	Zusätzlicher baulicher Aufwand	Allgemeine Hinweise zu Planung und Betrieb	Wirtschaftliches Potential	Empfehlung	Weitere Informationen
Passive Kühlung (bspw. Nachtauskühlung)	Neubau und Bestand	Bauherrschaft als Besteller, Planer, Nutzer	Sehr hoch	Keine	Keiner	Passive Kühlung kann manuell (Verantwortung des Nutzenden) oder automatisiert erfolgen und stellt einen zentralen Faktor zur Vermeidung von Überhitzungen dar. Interne Wärmelasten können so effizient nach aussen abgeführt werden.  Konzepte für eine effiziente Nachtauskühlung sind durch den Planenden zu berücksichtigen, dazu gehört u.a. eine effiziente Querlüftung in der Wohnung, eine natürliche Lüftung über Innenhöfe (Lärmschutz) oder auch über Treppenhäuser (Kamineffekt, Achtung: Brandschutz). Generell gilt ebenso: Bei gleicher Fensterfläche sind hohe Fensterflügel wirksamer als breite.	Eine effiziente Nachtauskühlung ist essenziell für ein gutes Wohnraumklima. Zudem ist diese Massnahme mit keinen bzw. geringen Kosten verbunden (geringe Stromkosten können bei einer Automatisierung anfallen). Eine Automatisierung kann dabei den Nutzenden von seiner Verantwortung befreien, somit den Wohnkomfort erhöhen und langfristig zu weniger Mieterwechseln und Leerstandzeiten führen.	Die Bauherrschaft sollte vom Planenden Konzepte einfordern, welche eine effiziente natürliche Lüftung sicherstellen. Diese Konzepte müssen Angaben zu Wetterschutz, Einbruchschutz, Lärmschutz etc. beinhalten und sollten bereits in der strategischen Planung berücksichtigt werden.  Im Betrieb sollten Bauherrschaften ihre BewohnerInnen über eine effiziente Nachtauskühlung informieren und hinsichtlich der Vorteile dieser Massnahmen sensibilisieren (bspw. in Form von Merkblättern etc.).	Studie « <a href="#">ClimaBau</a> »; Gebäudehülle Schweiz -Merkblatt « <a href="#">Sommerlicher Wärmeschutz</a> »; Broschüre energieschweiz « <a href="#">Besser Wohnen – Tipps und Tricks für mehr Komfort</a> »
Freecooling / Geocooling	Neubau und Sanierung	Bauherrschaft	Sehr hoch	Neubau: Gering bis mittel (wenn z.B. WP / Erdsonden inkl. Fussbodenheizung bereits geplant sind) bzw. hoch / Sanierung: Keine (wenn z.B. WP / Erdsonden inkl. Fussbodenheizung bereits vorhanden sind) bzw. hoch	Neubau: Hoch / Sanierung: Keiner (wenn z.B. WP / Erdsonden inkl. Fussbodenheizung bereits vorhanden sind) bzw. hoch	Beim Freecooling bzw. Geocooling kann u.a. die Bodenheizung gleichzeitig zum Kühlen der Räume verwendet werden, indem die Wärme über eine reversible Wärmepumpe an den Aussenbereich (bspw. über Erdsonden) abgegeben werden kann.  Eine weitere Möglichkeit ist der Anschluss an ein thermisches Netz, welches ebenso zu Kühlzwecken genutzt werden kann (bspw. über Seewasser).	Freecooling / Geocooling Massnahmen können heute und in Zukunft zu einem hohen Wohnkomfort beitragen. Durch diese Investition kann der Wert der Immobilie sowie die Attraktivität für MieterInnen gesteigert werden, was sich positiv auf die Vermietbarkeit auswirken kann.	Ist ohnehin ein Anschluss an ein geeignetes thermisches Netz oder der Einsatz einer Wärmepumpe (reversible WP) geplant, könnten diese Massnahmen gleichzeitig zur Kühlung der Räume verwendet werden. Diese Massnahmen stellen zudem einen umweltfreundlicheren Ansatz dar, im Vergleich zur aktiven Kühlung (bspw. mit mobilen Klimageräten), welche sehr ineffizient und nicht ökologisch sinnvoll sind.	Infos zu Fördermöglichkeiten von WP in der Schweiz findet man <a href="#">hier</a> .
Solare Kühlung (z.B. Kombination von Kühlgerät und PV)	Neubau und Sanierung	Bauherrschaft	Mittel	Neubau: Hoch / Sanierung: Mittel (PV-Anlage bereits vorhanden) bis hoch	Neubau: Mittel / Sanierung: Mittel (PV-Anlage bereits vorhanden) bis mittel	Die «Solare Kühlung» stellt eine umweltfreundliche Option zur Kühlung von Innenräumen dar. Im Gegensatz zur sehr ineffizienten aktiven Kühlung (u.a. mobile Klimageräte etc.), wird bei diesem Kühlkonzept der Strombedarf durch eine PV-Anlage gedeckt. Diese Kombination ergänzt sich besonders gut, da die Überhitzung in den Innenräumen dann auftritt, wenn ebenso die solaren Erträge am grössten sind.	Eine «solare Kühlung» kann heute und in Zukunft zu einem hohen Wohnkomfort beitragen. Durch diese Investition kann der Wert der Immobilie sowie die Attraktivität für MieterInnen gesteigert werden, was sich positiv auf die Vermietbarkeit auswirkt.	Da der Kühlbedarf in den Sommermonaten künftig stark ansteigen wird, sollte der Einsatz von Kühlkonzepten bereits bei der Planung von Gebäuden berücksichtigt werden. Zudem ist bei dieser Massnahme zu prüfen, ob die Dachfläche eine ausreichende Grösse bietet, um den Energiebedarf der Kühlung decken zu können. Generell sollten alternative Massnahmen, wie Freecooling und Geocooling, bevorzugt werden.	Projekt « <a href="#">Klimageräte im Kontext des Klimawandels</a> »; Informationen zu Fördermöglichkeiten für PV-Anlagen findet man <a href="#">hier</a> sowie unter <a href="https://pronovo.ch/">https://pronovo.ch/</a> .

Tabelle 37: Ergänzende Strategien der Handlungsempfehlungen für Bauherrschaften

Weitere Massnahmen	Bauvorhaben	Verantwortlichkeit	Relevanz (für Energie und Komfort)	Zusätzliche Kosten	Zusätzlicher baulicher Aufwand	Allgemeine Hinweise zu Planung und Betrieb	Wirtschaftliches Potential	Empfehlung	Weitere Informationen
Informationen für Bewohner/innen für ein optimales Nutzerverhalten	Neubau und Bestand	Bauherrschaft als Bewirtschafter, Nutzer	Sehr hoch	Gering	Keiner	Das Nutzerverhalten hat einen entscheidenden Einfluss auf den Wohnkomfort im Gebäudeinneren: Die korrekte Verwendung des beweglichen Sonnenschutzes sowie eine effiziente Nachtauskühlung sind zentrale Faktoren, um die Überhitzung in Gebäuden heute und in Zukunft zu reduzieren. Die entsprechenden baulichen Voraussetzungen (z.B. bewegliche Sonnenschutzelemente) sind durch die Bauherrschaft bereitzustellen.	Das Informieren der BewohnerInnen ist mit einem gewissen zeitlichen Aufwand, dafür aber ohne bzw. mit nur sehr geringen Mehrkosten (z.B. Bereitstellen von Merkblättern etc.) verbunden. Durch den geförderten Austausch kann zudem ggf. ein besseres Vermieter-Mieter-Verhältnis entstehen, was wiederum zu weniger Mieterwechsel und Leerstandzeiten führen kann.	Die Bauherrschaft sollte ihren BewohnerInnen die Möglichkeiten zum Informationsaustausch bieten. Dies kann bspw. im Rahmen von Infoanlässen oder mittels Informationsmaterial (bspw. der Broschüre « <a href="#">Besser Wohnen</a> ») erfolgen.	Studie « <a href="#">ClimaBau</a> », Broschüre energieschweiz « <a href="#">Besser Wohnen – Tipps und Tricks für mehr Komfort</a> »
Gebäudeautomation zur Vermeidung von Überhitzung (z.B. automatische Fensteröffnung und Sonnenschutz)	Neubau und Sanierung	Bauherrschaft	Hoch	Mittel	Mittel	Die Automatisierung von Sonnenschutz und Fensteröffnung kann einen entscheidenden Beitrag zum Wohnkomfort leisten. Eine automatische Steuerung hat gegenüber der manuellen Steuerung den Vorteil, dass sie auch während der Abwesenheit von Gebäudenutzern im Einsatz ist.	Diese Massnahme kann den Wert der Immobilie steigern und sich positiv auf die Vermietbarkeit auswirken, da die Aufgaben des Nutzers abgenommen werden.	Eine Gebäudeautomation im Wohnungsbau ist insbesondere angesichts des Klimawandels empfehlenswert, da dadurch das Thema des thermischen Komforts immer mehr an Bedeutung gewinnen wird.	Minergie « <a href="#">Sommerlicher Wärmeschutz</a> »

## 6.2 Handlungsempfehlungen für Planende

Beim Gebäudeentwurf werden ArchitektInnen und Planende immer wieder vor neue Aufgaben gestellt. Neben den Wünschen der Bauherrschaften, den eigenen gestalterischen Ansprüchen und den gesetzlichen Anforderungen, gilt es ebenso den Aspekt eines hohen Wohnkomforts zu erfüllen. Der Fokus dieser Studie lag auf der Balancefindung der drei Themenfelder: solare Gewinne, Überhitzungsproblematik und Tageslichtversorgung. Um Planende bei der Entscheidungsfindung in der frühen Entwurfsphase zu unterstützen, wurden Handlungsempfehlungen für eine klimawandelgerechte Gebäudeplanung formuliert.

Dazu wurden im Rahmen dieser Studie verschiedene Entwurfparameter evaluiert und hinsichtlich deren Einfluss auf die Energieeffizienz sowie dem thermischen und visuellen Komfort im Gebäude analysiert. Dabei hat sich gezeigt, dass die Balancefindung zwischen diesen drei Themenfeldern meist anspruchsvoll ist. Parameter, welche einen positiven Einfluss auf die Energiebilanz sowie die thermische Behaglichkeit im Gebäude haben, beeinflussen meist die Tageslichtversorgung negativ – oder umgekehrt. Um zielführende Empfehlungen geben zu können, wurde mit Hilfe von Simulationen der Einfluss verschiedener Entwurfparameter hinsichtlich der nachfolgenden Kriterien bewertet: Heizwärme- und Klimakältebedarf, Endenergieverbrauch, Anzahl Überhitzungsstunden sowie den drei Beurteilungskriterien der neuen Norm SN EN 17037:2019 [3] – Tageslichtversorgung, Besonnungsdauer sowie der Aussicht. Auf das Kriterium «Schutz vor Blendung» wurde verzichtet, da die Norm diesbezüglich keine Anforderungen an Wohngebäude stellt. Die Auswirkungen verschiedener Parametervariationen wurden unter heutigen und künftigen Klimabedingungen analysiert, denn um eine hohe Energieeffizienz und einen hohen Komfort über den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes zu garantieren, ist eine vorausschauende Planung und integrale Betrachtung unabdingbar.

Die Parameterstudie erfolgte auf Grundlage eines realen Gebäudes und unter den in den Abschnitten 4.2.2 und 5.2.1 festgelegten Rahmenbedingungen. Das Referenzgebäude wurde am Standort Basel, in einer städtischen Umgebung und ohne Berücksichtigung des städtischen Wärmeinseleffekts betrachtet. In Abschnitt 5.2.2 wurden die Ergebnisse der Parameterstudie ausführlich dokumentiert. Tabelle 38 fasst die wichtigsten Erkenntnisse der Simulationen zusammen. Analysiert wurden die nachfolgenden Parameter:

- Orientierung der Fensterflächen
- Fensteranteil
- Fenstersturz und Fensterbrüstung
- Fassadengestaltung: Anzahl der Fenster / Fensterform
- Bauliche Elemente: Auskragungen (horizontal)
- Beweglicher Sonnenschutz
- Neigung des Fensters: Oblichter
- Vertikale Beschattungselemente: Fixer Sonnenschutz / Fensterlaibung
- Qualität der Verglasung / technologischer Fortschritt
- Bauliche Elemente: Wintergarten / verglaste Loggia
- Raumboflächen



Tabelle 38: Zusammenfassung der Erkenntnisse der Parameterstudie

Entwurfsparameter	Energie	Thermische Behaglichkeit	Tageslicht	Empfehlungen	Kombinierte Massnahmen
<b>Orientierung der Fensterflächen</b> Referenz: Wohn.: S / Schlaf.: O Option 1: Wohn.: W / Schlaf.: S Option 2: Wohn.: N / Schlaf.: W Option 3: Wohn.: O / Schlaf.: N	Die ideale Orientierung für die Wintermonate ist eine Südausrichtung, für die Sommermonate eine Nordausrichtung der Räume – heute und in Zukunft. Dabei hat die Orientierung in einem Klima, welches repräsentativ für das Schweizer Mittelland ist, insgesamt einen grösseren Einfluss auf den Heizwärmebedarf als auf den Klimakältebedarf. Dementsprechend ist aus energetischer Sicht <b>eine Orientierung der Fensterflächen nach Süden, Westen und Osten weiterhin zu empfehlen (in dieser Reihenfolge)</b> , da hierbei die solaren Wärmeerträge optimal genutzt werden können. Die Differenz zwischen den Orientierungen Süd und Nord wird aber angesichts des Klimawandels abnehmen.	Hinsichtlich des thermischen Komforts (sowie für die Energie) ist das <b>Nutzerverhalten ausschlaggebend</b> . Durch eine adäquate Bedienung des Sonnenschutzes und eine natürliche Lüftung (Nachtauskühlung) kann ein angenehmes Raumklima unter heutigen Klimabedingungen in allen Orientierungen sichergestellt werden. In Zukunft hingegen könnte ebenso <b>ein nach Norden ausgerichteter Raum vorteilhaft sein</b> , da es trotz einem guten Nutzerverhalten nicht nur zu Überhitzungsstunden kommen kann, sondern sich auch die max. empfundene Temperatur in den Räumen deutlich erhöhen könnte. Eine Orientierung nach Norden kann also insbesondere im Hinblick auf den Klimawandel an Bedeutung gewinnen.	<b>Auf den Tageslichtquotienten im Raum hat die Orientierung keinen Einfluss.</b> Hinsichtlich der Besonnungsdauer ist dieser Parameter entscheidend: Ein nach Norden orientierter Raum erhält i.d.R. kein direktes Sonnenlicht und kann die Anforderungen an dieses Kriterium nicht erfüllen. Laut Norm muss dieses Kriterium in mindestens <b>einem</b> Wohnraum einer Wohnung sichergestellt werden. Mindestens ein Wohnraum muss somit eine andere Ausrichtung als Norden haben. <b>In den Orientierungen Ost, Süd und West können die Anforderungen an die Besonnungsdauer eingehalten werden.</b>	<b>Eine Wohnung sollte mindestens auf zwei Orientierungen ausgerichtet werden</b> , insbesondere wenn eine Nordfassade involviert ist. Besonders wichtig ist eine <b>gezielte Planung bei der Anordnung der Räume</b> . Ebenso könnten <b>flexible Wohnungsgrundrisse</b> in Zukunft sinnvoll sein: So könnte beispielsweise im Sommer das Nordzimmer und im Winter das Südzimmer als Homeoffice genutzt werden.	
<b>Fensteranteil</b> Referenz: Fensteranteil der Wohnung 52.4 % Option 1: Reduzierung um 25 % Option 2: Reduzierung um 50 % (Verringerung in der Fensterbreite)	<b>Ein reduzierter Fensteranteil wirkt sich positiv auf die Energieeffizienz sowie die thermische Behaglichkeit im Gebäude aus.</b> Diese Aussage gilt in allen Orientierungen.		Eine Reduzierung des Fensteranteils hat einen erheblichen negativen Einfluss auf die Tageslichtversorgung. <b>Hier gilt: Eine Reduzierung des Fensteranteils darf nur soweit gehen, dass die Mindestanforderungen der Norm weiterhin erfüllt werden.</b> Hierbei ist anzumerken, dass die Anforderungen der Norm insbesondere im städtischen Kontext sehr anspruchsvoll sind. Bei einer Reduzierung des Fensters in der Breite verschlechtert sich die Tageslichtversorgung und die Aussicht analog, die Auswirkungen hinsichtlich der Besonnungsdauer sind vergleichsweise gering.	<b>Ein bewusster Umgang mit Fensterflächen ist für die Planung von Gebäuden sehr wichtig, insbesondere unter künftigen Klimaszenarien.</b>  <b>Bei der Planung sollten die umliegenden Gebäude und geografische Gegebenheiten (Berge etc.) berücksichtigt werden:</b> Werden bspw. das Dachgeschoss - oder auch andere Geschosse - nicht verschattet, sollte geprüft werden, ob der Fensteranteil reduziert werden kann.	<b>Fenstersturz und Fensterbrüstung:</b> Die Reduzierung der Fensterflächen sollte zuerst im Bereich der Brüstung erfolgen, danach in der Breite der Fenster. Der Fenstersturz sollte aufgrund der positiven Auswirkung auf die Tageslichtversorgung im Gebäude möglichst geringgehalten werden.  <b>Raumoberflächen:</b> Wird der Fensteranteil reduziert, könnten helle Raumoberflächen die Tageslichtversorgung im Gebäude positiv beeinflussen.  <b>Oblichter/Dachfenster:</b> Im Dachgeschoss sollte geprüft werden, ob durch den Einsatz von Oblichtern/Dachfenstern der Fensteranteil der Fassade reduziert werden kann. Insbesondere bei tiefen Räumen verbessert

					diese Variation die Tageslichtversorgung massgeblich.
<b>Fenstersturz und Fensterbrüstung</b> Referenz: Sturz 20 cm / Brüstung 65 cm Option 1: Kein Sturz / Brüstung 85 cm Option 2: Sturz 40 cm / Brüstung 45 cm Option 3: Sturz 85 cm / keine Brüstung	<b>Fenstersturz und Fensterbrüstung haben keinen bedeutenden Einfluss auf den Energiebedarf und die thermische Behaglichkeit im Gebäude</b> - heute und in Zukunft.		Das Kriterium <b>Fenstersturz</b> ist für die Tageslichtversorgung von <b>zentraler Bedeutung. Je kleiner dieser ausfällt, je weiter kann das Tageslicht in die Raumtiefe dringen.</b> Die Fensterbrüstung spielt eine untergeordnete Rolle,  <b>Eine geringe Sturzhöhe hat den Vorteil, dass diese bei Räumen mit Ost- und West-Ausrichtung die Besonnungsdauer über den Mittag verlängert.</b>  Die Höhe des Fenstersturzes und der Fensterbrüstung beeinflussen den horizontalen Sichtwinkel nicht, die Anzahl sichtbarer Ebene gegebenenfalls schon. In den oberen Geschossen kann eine Reduzierung des Sturzes und in den unteren Geschossen eine Reduzierung der Brüstung zu einer Verbesserung der Erreichung der Normvorgaben führen.	Ein <b>Fenster ohne Brüstung</b> ist – insbesondere angesichts des Klimawandels – <b>nicht zu empfehlen.</b> Die <b>Sturzhöhe</b> sollte <b>möglichst gering</b> sein, um die Tageslichtversorgung zu maximieren.	<b>Fensteranteil</b> Eine Reduzierung der Fenstergrösse sollte im Brüstungsbereich und nicht im Sturzbereich erfolgen. Dadurch wird die Tageslichtversorgung im Gebäude nicht bzw. nur in geringem Masse negativ beeinflusst.
<b>Fassadengestaltung: Anzahl der Fenster / Fensterform</b> Referenz: ein Fensterelement Option 1: Bandfenster Option 2: Drei vertikale Fensterelemente	Das <b>Bandfenster</b> wirkt sich sowohl hinsichtlich Heizwärme- als auch Klimakältebedarf <b>leicht negativ aus</b> und schneidet dementsprechend aus energetischer Sicht <b>etwas schlechter ab als die «Referenz».</b>  Die <b>drei vertikalen Fensterelemente</b> führen zu einem <b>Anstieg des Heizwärmebedarfs</b> in allen Orientierungen, während gleichzeitig der <b>Klimakältebedarf gesenkt</b> wird. Da durch den Klimawandel der Klimakältebedarf zukünftig an Bedeutung gewinnen wird, könnte der Einsatz von vertikalen Fensterelementen – <b>insbesondere in den Orientierungen Ost und West, aber auch im Süden</b> – interessant werden.	Das <b>Bandfenster</b> führt auch hinsichtlich des thermischen Komforts im Gebäude heute und in Zukunft zu <b>einer leichten Verschlechterung.</b> Im Vergleich zur «Referenz» bewirkt dieses Element einem geringen Anstieg der Anzahl Überhitzungsstunden.  Die <b>drei vertikalen Fensterelemente</b> haben einen <b>positiven Einfluss</b> auf den thermischen Komfort im Gebäude – <b>insbesondere in Südausrichtung, aber auch in Ost- und Westausrichtung.</b> Diese Elemente könnten angesichts des Klimawandels künftig an Bedeutung gewinnen.	Durch das <b>Bandfenster</b> können die Tageslichtversorgung, die Besonnungsdauer und die Aussicht im Vergleich zum Referenzfenster <b>leicht verbessert</b> werden.  Die <b>drei vertikalen Fensterelemente</b> führen zu einer <b>erheblichen Reduktion der Tageslichtversorgung</b> im Gebäude und sind dahingehend <b>weniger empfehlenswert.</b> Auf die <b>Aussicht</b> haben diese drei Elemente <b>keinen bedeutenden Einfluss</b> , da deren Breite gemäss SN EN 17037:2019 [3] addiert werden dürfen. Die <b>Besonnungsdauer verschlechtert sich</b> , da gemäss Norm nur bei mehreren Öffnungen in verschiedenen Fassaden die Dauer der Sonnenlichtverfügbarkeit kumuliert werden darf, wenn diese nicht gleichzeitig auftritt.	Das <b>Bandfenster</b> führt zu einer leichten Verbesserung der Kriterien des Tageslichts, gleichzeitig wirken sich diese Elemente leicht negativ auf die Energiebilanz und den thermischen Komfort aus.  Die <b>drei vertikale Fensterelemente</b> führen zwar zu einem Anstieg des Heizwärmebedarfs, jedoch kann gleichzeitig der Klimakältebedarf sowie die Anzahl Überhitzungsstunden reduziert werden. <b>Dies kann insbesondere angesichts des Klimawandels oder auch in anderen Umgebungssituationen (freistehendes Gebäude, keine Verschattung) an Bedeutung gewinnen.</b> Der Einsatz dieser Elemente kann – insbesondere in Zukunft – in Einzelfällen sinnvoll sein. Dabei ist aber ein besonderes Augenmerk auf eine	<b>Fenstersturz und Fensterbrüstung</b> Werden drei vertikale Fensterelemente geplant, sollten dabei folgende Punkte beachtet werden: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Elemente sollten immer mit Brüstung ausgeführt werden.</li> <li>• Die Sturzhöhe sollte möglichst gering sein.</li> <li>• Eine Vergrösserung der Elemente in der Breite führt zu einer besseren Tageslichtversorgung, Aussicht und Besonnungsdauer.</li> </ul>

				ausreichende Tageslichtversorgung zu legen.	
<p><b>Bauliche Elemente: horizontale Auskragung</b></p> <p>Referenz: Keine zusätzlichen horizontalen Elemente</p> <p>Option 1: Horizontale Auskragung von 1 m</p> <p>Option 2: Horizontale Auskragung von 2 m</p>	<p><b>Horizontale Auskragungen können sich positiv auf die Energieeffizienz auswirken</b> – heute und in Zukunft. Im Süden ist insbesondere eine 1 m tiefe Auskragung zu empfehlen, im Osten und Westen erzielt eine 2 m tiefe Auskragung im analysierten Kontext die besten Ergebnisse.</p> <p><b>Anmerkung:</b> Bei einer Auskragung von bis zu 1 m Tiefe sollte entschieden werden, ob dieses bauliche Element als Nutzbalkon geplant wird oder nur einen gestalterischen Wert einnimmt. Werden diese horizontalen Elemente als nicht begehbar ausgeführt, kann dadurch Material sowie Graue Energie eingespart werden.</p>	<p>Hinsichtlich des <b>thermischen Komforts</b> können horizontale Auskragungen <b>in allen Orientierungen empfohlen werden</b>, auch im Norden kann die Anzahl Überhitzungsstunden in Zukunft deutlich reduziert werden.</p>	<p>Auf die <b>Tageslichtversorgung und die Besonnungsdauer im Gebäude wirken sich horizontale Auskragungen negativ aus</b>, insbesondere eine Auskragung von 2 m Tiefe ist nicht empfehlenswert. <b>Diesbezüglich sollte auf fixe horizontale Sonnenschutzelemente verzichtet werden.</b> Kann der gleiche Effekt mit beweglichen Elementen oder durch die Landschaftsgestaltung (Begrünung) erzielt werden, sind diese Massnahmen zu bevorzugen.</p> <p>Eine Auskragung hat keinen Einfluss auf den horizontalen Sichtwinkel, auf die Anzahl sichtbarer Ebenen jedoch schon. <b>Je tiefer die horizontale Auskragung desto näher am Fenster werden die Ebenen «Himmel» und «Boden» erst sichtbar.</b></p>	<p>Beim Einsatz von horizontalen Auskragungen sollte insbesondere auf die <b>Umgebungssituation</b> eingegangen werden, <b>um die Balance zwischen Energie, thermischer Behaglichkeit und Tageslicht zu finden.</b></p> <p>In einem <b>städtischen Kontext</b> (Referenz) kommt es ohnehin zu Verschattungen durch umliegende Gebäude, was es schwer macht die Anforderungen an die Tageslichtversorgung – insbesondere in den unteren Geschossen – zu erfüllen. Horizontale Auskragungen würden die Tageslichtversorgung noch weiter reduzieren.</p> <p>Bei einem <b>freistehenden Gebäude</b> (ohne Verschattung durch Nachbargebäude, Berge, Bäume etc.) hingegen, können die Anforderungen an das Tageslicht einfacher erfüllt werden. Gleichzeitig sind auch die solaren Wärmeerträge deutlich höher. Dadurch können der Klimakältebedarf und der thermische Komfort in den Vordergrund rücken. In diesem Kontext können horizontale Sonnenschutzelemente an Bedeutung gewinnen. Eine gezielte Planung unter Berücksichtigung der Anforderungen der Norm SN EN 17037:2019 [3] ist entscheidend.</p>	<p><b>Beweglicher Sonnenschutz</b></p> <p>Bewegliche Sonnenschutzelemente sind aufgrund ihrer Flexibilität zu priorisieren. Im Gegensatz zu fixen horizontalen Sonnenschutzelementen kommen diese nur dann zum Einsatz, wenn sie benötigt werden. Dabei ist eine korrekte Nutzung durch die BewohnerInnen entscheidend oder eine Automatisierung erforderlich. Feste Sonnenschutzelemente sollten nur als zusätzliche Massnahme verwendet werden, wobei diese auch einige Vorteile mit sich bringen: Witterungsbeständigkeit, Schutz der Fassade, Lebensdauer oder auch zu gestalterischen Zwecken.</p>
<p><b>Beweglicher Sonnenschutz (Typ, Farbe, Durchlassgrad)</b></p> <p>Referenz: Stoffmarkise «hell»</p> <p>Option 1: Stoffmarkise «dunkel»</p> <p>Option 2: Lamellenstore «silber»</p>	<p><b>Aus energetischer Sicht und hinsichtlich der thermischen Behaglichkeit schneidet die Lamellenstoren insgesamt am besten ab</b>, die Stoffmarkise «hell» hingegen am schlechtesten. Entscheidend für die solaren Wärmeerträge ist dabei der Gesamtenergiedurchlassgrad der untersuchten Systeme, welcher zum einen durch die Materialität sowie zum anderen durch die Farbgebung mitbestimmt wird. <b>Generell gilt: Je höher der Durchlassgrad, desto höher die solaren Wärmeerträge im Gebäudeinneren.</b></p>	<p>Hinsichtlich der Tageslichtversorgung sind bewegliche Sonnenschutzelemente aufgrund ihrer hohen Flexibilität immer empfehlenswert. Sie kommen nur zum Einsatz, wenn sie auch benötigt werden. <b>Auch beim Tageslicht bietet die Lamellenstore zusätzliche Vorteile:</b> Durch eine horizontale Lamellenstellung kann trotz</p>	<p><b>Generell gilt: Bewegliche Sonnenschutzelemente sind in der Planung immer zu berücksichtigen.</b></p> <p><b>Lamellenstoren sind aufgrund der grossen Flexibilität dieser Elemente besonders empfehlenswert</b>, sowohl aus energetischer Sicht als auch für die thermische und visuelle Behaglichkeit.</p>	<p><b>Bauliche Elemente: Horizontale Auskragungen und vertikale Beschattungselemente</b></p> <p>Generell ist ein beweglicher Sonnenschutz festen Sonnenschutzelementen vorzuziehen. Werden bauliche Sonnenschutzelemente eingesetzt, ist trotzdem immer ein beweglicher Sonnenschutz zu berücksichtigen, denn</p>	



	<p><b>Die geringen Unterschiede zwischen den untersuchten Systemen</b> ist damit zu begründen, dass diese bereits sehr gute Sonnenschutzsysteme sind und höchstens 12 % der Strahlung durchlassen. Die Differenz würde jedoch zunehmen, wenn diese Systeme zu 100 % geschlossen angenommen werden würden.</p>		<p>einem gewissen Sonnenschutz der Bezug nach aussen hergestellt werden.</p> <p>Für die Tageslichtversorgung wäre zudem empfehlenswert, wenn die Sonnenschutzelemente von unten nach oben schliessen würden. Durch den Lichteinfall im oberen Teil des Fensters, kann das Tageslicht weiter in die Raumtiefe gelangen.</p>	<p>Auch wenn der Schutz vor Blendung im Wohnungsbau nicht direkt gefordert wird, sollte zusätzlich zum aussenliegenden Sonnenschutz immer auch ein <b>innenliegender Blendschutz</b> (im besten Fall auch von unten nach oben schliessend) in Betracht gezogen werden.</p>	<p>bauliche Elemente allein können die Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz in den meisten Fällen nicht garantieren.</p>
<p><b>Neigung des Fensters: Oblichter</b></p> <p>Referenz: Kein Oblicht</p> <p>Option 1: Zusätzlich sechs Oblichter mit aussenliegendem Sonnenschutz, keine Reduktion der Grösse der Fassadenfenster</p> <p>Option 2: Zusätzlich vier Oblichter mit aussenliegendem Sonnenschutz, die Grösse der Fassadenfenster wurden um die Fläche der Oblichter reduziert (Verringerung der Fensterbreite)</p>	<p>Werden zu den vorhandenen Fassadenfenstern <b>zusätzliche Oblichter</b> eingesetzt, kann sich dies <b>negativ auf die Energieeffizienz</b> auswirken, obwohl sich gleichzeitig die <b>thermische Behaglichkeit verbessert</b>.</p> <p><b>Bei einer guten Planung</b> bezüglich der Anzahl und Positionierung der Oblichter und einer Reduzierung des Anteils der Fassadenfenster um die Fläche der Oblichter, <b>verbessert</b> sich nicht nur die <b>thermische Behaglichkeit</b>, sondern auch die <b>Energieeffizienz</b>. Insbesondere angesichts des Klimawandels können Oblichter an Bedeutung gewinnen, da sich der Fokus vom Heizwärmebedarf (leicht erhöht) auf den Klimakältebedarf (reduziert aufgrund der besseren Nachtauskühlung über diese Elemente) verschiebt.</p>		<p>Durch ein Oblicht gelangt im Vergleich zu einem Fassadenfenster dreimal mehr Licht ins Gebäudeinnere. <b>Hinsichtlich der Tageslichtversorgung im Gebäude wirken sich Oblichter immer positiv aus.</b></p> <p>Oblichter führen somit zu einem deutlich besseren Tageslichtquotienten, auch wenn der Fensterflächenanteil der Fassade analog reduziert wird.</p>	<p>Aus Sicht des Tageslichts sind Oblichter <b>empfehlenswert</b>. Insbesondere <b>bei tiefen Räumen</b> können die Anforderungen an den Tageslichtquotienten meist nicht eingehalten werden. Durch den gezielten Einsatz von Oblichtern wird die visuelle Behaglichkeit in solchen Räumen verbessert.</p> <p><b>Mit guter Planung empfiehlt sich</b> der Einsatz von Oblichtern auch <b>aus energetischer und thermischer Sicht</b>. Ein <b>guter Sonnenschutz</b> und eine <b>gezielte Nachtauskühlung sind dabei unerlässlich</b>.</p> <p>Bei der Planung von Oblichtern sollte zudem immer auch der Einbruchschutz sowie Witterungsschutz berücksichtigt werden.</p>	<p><b>Fensterflächenanteil</b></p> <p>Der Ansatz, dass der Fensteranteil der Fassade reduziert wird und dafür Oblichter zum Einsatz kommen, ist für die Tageslichtversorgung vorteilhaft.</p> <p><b>Konzepte zur Nachtauskühlung</b></p> <p>Des Weiteren könnten angesichts des Klimawandels Konzepte zur Nachtauskühlung über Oblichter durchaus interessant werden: Bspw. in Treppenhäusern könnte die Nachtauskühlung des gesamten Gebäudes durch ein Oblicht mittels Kamineffekt positiv beeinflusst werden (Achtung: Brandschutz berücksichtigen!). Aber auch in den Dachgeschosswohnungen kann durch ein Oblicht die Nachtauskühlung durchaus verbessert werden: Da sich die «warme» Luft im oberen Teil des Raumes sammelt, kann diese leichter über ein Oblicht abgeführt werden als über ein Fassadenfenster.</p>
<p><b>Vertikale Beschattungselemente: Fixer Sonnenschutz / Fensterlaibung</b></p> <p>Referenz: Laibungstiefe 36 cm / Keine vertikalen Beschattungselemente</p> <p>Option 1: Laibungstiefe 70 cm</p> <p>Option 2: Vertikale Beschattungselemente von 1 m beidseitig der Fenster</p>	<p>Eine <b>tieferer Fensterlaibung und vertikale Beschattungselemente</b> können sich im Hinblick auf den künftig zu erwartenden Temperaturanstieg durchaus <b>positiv</b> auf den Energiebedarf auswirken, insbesondere in den Orientierungen <b>Ost, Süd und West</b>.</p>	<p>Auch die thermische Behaglichkeit im Gebäude kann durch <b>beide Optionen verbessert</b> werden.</p>	<p>Auf die <b>Tageslichtversorgung</b> wirken sich die beiden untersuchten Optionen <b>leicht negativ</b> aus. Ebenso wird die <b>Besonnungsdauer reduziert</b>, jedoch können die Anforderungen der Norm weiterhin eingehalten werden. Die <b>tieferer Fensterlaibung hat keinen Einfluss</b> auf die <b>Aussicht</b>, wenn bei der Raumtiefe die Wanddicke nicht mit eingerechnet wird. Allerdings wird sowohl die Ebene «Himmel» wie auch die Ebene «Boden» durch die</p>	<p>Eine <b>grössere Laibungstiefe</b> der Fenster führt nur zu einer geringfügigen Verbesserung der Endenergie und der thermischen Behaglichkeit. Auf die Tageslichtversorgung wirken sich diese Elemente geringfügig negativ aus.</p> <p>Die <b>vertikalen Beschattungselemente</b> wirken sich positiv auf die Energiebilanz sowie auf die thermische Behaglichkeit aus. Mit Blick auf das Tageslicht sind</p>	<p><b>Bauliche Elemente: Horizontale Auskragungen</b></p> <p>Vergleicht man die vertikalen Elemente mit horizontalen Auskragungen kann gesagt werden, dass ein 1 m horizontaler Sonnenschutz ein besseres Ergebnis als ein 1 m vertikaler Sonnenschutz in allen Orientierungen erzielt und demnach eher zu empfehlen ist.</p>

			<p>tieferer Laibung erst etwas näher am Fenster sichtbar. Wenn angenommen wird, dass die <b>vertikalen Elemente die Raumtiefe vergrößern, verschlechtern diese die</b> Aussicht. Bei beiden Optionen werden die Anforderungen der Norm aber weiterhin erfüllt.</p>	<p>diese Elemente negativ. <b>Angesichts des Klimawandels könnten diesen Elementen jedoch an Bedeutung gewinnen.</b> Wichtig ist ein gezielter Einsatz von vertikalen Beschattungselementen unter Berücksichtigung der Anforderungen der Norm SN EN 17037:2019 [3].</p>	<p>Diese Aussage kann sich jedoch bei anderen Fensterproportion ändern: Bei schmalen, vertikalen Fensterelementen kann die seitliche Verschattung durchaus entscheidender sein als die Verschattung von oben, insbesondere in den Orientierungen Ost und West.</p> <p>Für feste Beschattungselemente gilt aber generell, dass diese sich immer negativ auf die Tageslichtversorgung auswirken und somit nur dann eingesetzt werden sollten, wenn die Anforderungen der Norm weiterhin erfüllt werden.</p> <p><b>Fensterform / Anzahl der Fenster</b> Die positive Wirkung einer tieferen Fensterlaibung im Hinblick auf Energie und thermische Behaglichkeit hängt dabei ebenso von der Fensterform und der Anzahl der Fenster ab. Bei schmalen Fenstern wird die Wirkung verstärkt und bei mehreren Fensterelementen multipliziert sich diese. Die Fensterform hat jedoch auch Auswirkungen auf die Tageslichtversorgung: Eine Reduzierung der Fensterbreite wirkt sich in der Regel negativ aus und sollte bei der Planung berücksichtigt werden.</p>
<p><b>Qualität der Verglasung / technologischer Fortschritt</b></p> <p>Referenz: Fenster mit einem U-Wert: 0.7   g-Wert: 0.51   Tvis: 0.71, ohne Berücksichtigung technologischer Neuerungen</p> <p>Option 1: Fensterfolien (Typ: 3M Prestige 40) Option 2: Elektrochrome Gläser (Typ: SageGlass® Climatop Classic)</p>	<p><b>Fensterfolien</b> reduzieren zwar den Klimakältebedarf, jedoch wird gleichzeitig der Heizwärmebedarf stark erhöht. Der <b>Endenergieverbrauch liegt dadurch deutlich höher</b> als die Referenz. Ein Ansatz könnte sein, Fensterfolien nur im Sommer zu verwenden. Dadurch könnte nur der Klimakältebedarf gesenkt werden, der Heizwärmebedarf würde gleichbleiben.</p> <p>Bezogen auf den Endenergieverbrauch schneiden die <b>elektrochrome Gläser</b> im Vergleich zu den übrigen Varianten <b>am besten</b> ab und können insbesondere</p>	<p>Sowohl <b>Fensterfolien als auch elektrochrome Gläser wirken sich positiv auf die thermische Behaglichkeit</b> im Gebäude aus und können diesbezüglich heute und insbesondere Zukunft vorteilhaft sein.</p>	<p><b>Fensterfolien reduzieren die Tageslichtversorgung im Gebäude deutlich</b> und sind diesbezüglich weniger zu empfehlen.</p> <p>Die <b>elektrochromen Gläser</b> führen ebenso dazu, dass die <b>Tageslichtversorgung in den Referenzräumen reduziert</b> wird: Das liegt daran, dass der Lichttransmissionsgrad bei einem inaktiven elektrochromen Glas leicht geringer ist als derjenige der Originalverglasung. Im Vergleich zu den Fensterfolien reduzieren diese Elemente die Tageslichtversorgung jedoch weniger stark.</p>	<p><b>Fensterfolien</b> führen zu einer Erhöhung des Endenergieverbrauchs. Würden diese Elemente jedoch <b>saisonal Anwendung</b> finden, dann könnte der Klimakältebedarf sowie die thermische Behaglichkeit verbessert werden. Jedoch verschlechtern die Fensterfolien die Tageslichtversorgung im Gebäude deutlich – Ein <b>bewusster Einsatz</b> dieser Elemente im Sommer, bspw. wo andere Massnahmen weniger gut einsetzbar sind, könnte durchaus angedacht werden (<b>unter Berücksichtigung einer ausreichenden Tageslichtversorgung</b>).</p>	

	den Klimakältebedarf künftig deutlich reduzieren.			<i>Auch <b>Elektrochrome Gläser könnten insbesondere in Zukunft an Bedeutung gewinnen</b>: Diese Elemente sind aus energetischer Sicht und bezogen auf den thermischen Komfort sehr gut, bezogen auf das Tageslicht jedoch <b>derzeit</b> leicht verbesserungsbedürftig. Diese Elemente werden jedoch laufend weiterentwickelt und könnten diesbezüglich noch verbessert werden.</i>	
<b>Bauliche Elemente: Wintergarten / verglaste Loggia</b>  Referenz: Loggia gemäss Referenzgebäude (ohne Verglasung)  Option 1: Verglaste Loggia Option 2: Wintergarten	Angesichts des <b>Energiebedarfs sowie der thermischen Behaglichkeit führen beide Varianten zu einer Verbesserung</b> , wobei insbesondere in den Wintermonaten die Senkung des Heizwärmebedarfs sehr vorteilhaft ist. <b>Wichtig ist dabei, dass eine ausreichende Belüftung des Bereichs sowie aussenliegende Sonnenschutzelemente berücksichtigt werden.</b> Ansonsten würden die untersuchten Varianten zu einem Anstieg des Klimakältebedarfs und somit analog auch zu einer höheren Anzahl Überhitzungsstunden im Sommer führen.	Auf die <b>Tageslichtversorgung</b> hat die zusätzliche Verglasung <b>kaum einen Einfluss</b> . Hinsichtlich der <b>Aussicht schneidet der Wintergarten am besten ab</b> , da in dieser Variante die massive Brüstung wegfällt und somit mehr Ebenen sichtbar sind.	<b>Eine verglaste Loggia sowie ein Wintergarten können sich positiv auf die Energieeffizienz auswirken.</b> Gleichzeitig haben diese Elemente kaum einen Einfluss auf die Tageslichtversorgung. Wichtig ist jedoch, dass eine ausreichende Belüftung des Bereichs sowie ein aussenliegender Sonnenschutz berücksichtigt werden.  Durch eine <b>Totalverglasung</b> («Option 2») könnte zudem die <b>Aussicht verbessert</b> werden.  <b>Anmerkung:</b> Durch die zusätzliche Verglasung wird der <b>Aufwand an Grauer Energie erhöht</b> , dies sollte berücksichtigt werden.		
<b>Raumoberflächen</b>  Referenz: Boden – Parkett / R = 0.2; Innenwände – beige verputzt / R = 0.5; Decke – weiss verputzt / R = 0.7  Option 1: Boden – Schieferplatten / R = 0.1 Option 2: Boden – Keramik, hell / R = 0.6 Option 3: Innenwand – Lehmputz farbig / R = 0.25	<b>Aus energetischer Sicht sowie hinsichtlich des thermischen Komforts im Gebäude konnten nur sehr geringfügige Unterschiede zwischen den untersuchten Varianten festgestellt werden</b> – heute und in Zukunft. Der Reflexionsgrad der untersuchten Oberflächen, welcher durch Materialisierung und Farbgebung bestimmt wird, spielt diesbezüglich also kaum eine Rolle.	Hinsichtlich der Tageslichtversorgung im Gebäude hat dieser Parameter einen Einfluss. <b>Generell gilt: Je höher der Reflexionsgrad der Oberflächen, desto besser die Tageslichtversorgung im Raum.</b>	Durch <b>helle Oberflächen</b> in den Innenräumen kann die <b>Tageslichtversorgung</b> im Gebäude <b>deutlich verbessert</b> werden, gleichzeitig hat dies nur einen unbedeutenden Einfluss auf die Energieeffizienz sowie die thermische Behaglichkeit. <b>Oberflächen mit hohen Reflexionsgraden sind somit empfehlenswert.</b>	<b>Fensterflächenanteil</b> Bei einer Reduzierung des Fensterflächenanteils kann durch helle Oberflächen (hohe Reflexionsgrade) der Innenräume die Tageslichtversorgung positiv beeinflusst werden. Dies kann insbesondere angesichts des Klimawandels an Bedeutung gewinnen. Dabei gilt es jedoch zu beachten, dass diese Wirkung gleichzeitig auch von der Raumgeometrie abhängig ist: Bei tiefen Räumen können allein die Raumoberflächen die Tageslichtversorgung nur in begrenztem Ausmass verbessern.	

### Auswirkungen der Parameter (grafische Darstellung)

Um den Einfluss der Parameter auf die einzelnen Kriterien schnell abschätzen zu können, wurden diese grafisch aufbereitet. Die **Darstellungen befinden sich in Anhang 9.7** dieser Studie und können den Planenden bei Entscheidungen unterstützen. Da die Grafiken eine hohe Informationsdichte haben, wird nachfolgend ein **Lesebeispiel für den Parameter Fassadengestaltung und das Kriterium Heizwärmebedarf (HWB)** zum besseren Verständnis beschrieben.

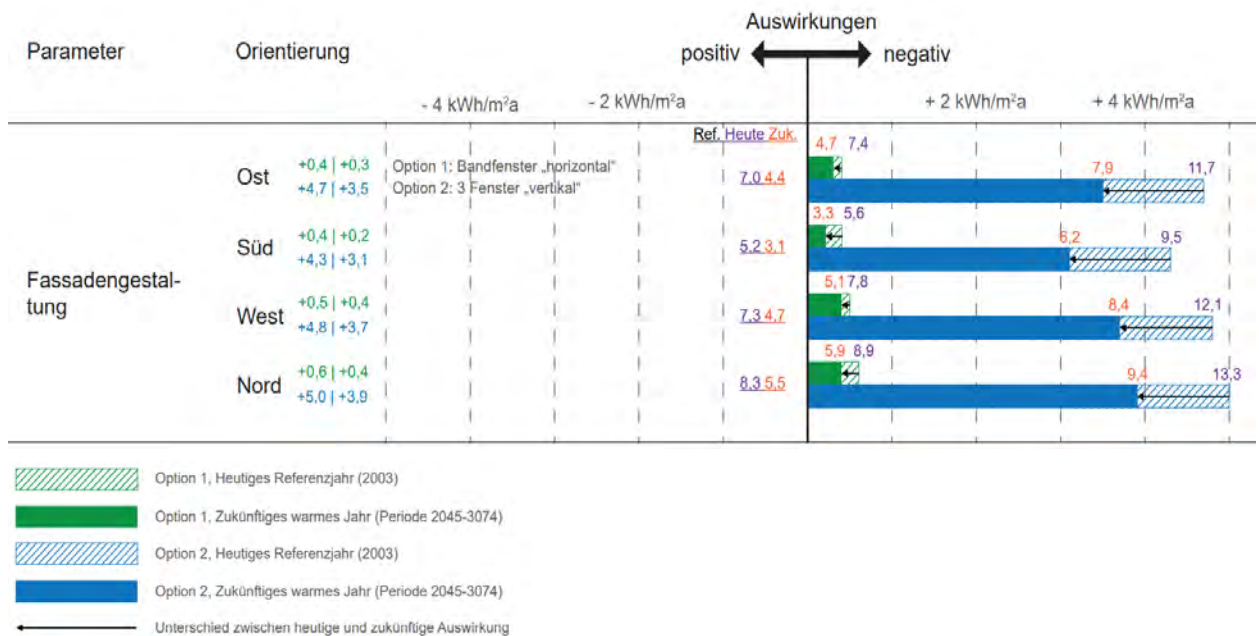


Abbildung 88: Lesebeispiel für die Darstellungen im Anhang 9.7

Die **Mittellinie** bildet die jeweilige «Referenz» ab. Die **Balken** stellen die Ergebnisse der untersuchten **Optionen** dar und zeigen lediglich die **Differenz zur «Referenz»**. Ein einfarbiger Balken zeigt den HWB im zukünftigen warmen Jahr, ein gestreifter Balken den HWB im heutigen Referenzjahr. Der **Pfeil** stellt die **Auswirkungen des Klimawandels** dar.

Angegeben sind die Werte für die «Referenz» in der jeweiligen Orientierung (Ost, Süd, West, Nord) neben der Mittellinie: **violette** stellt die Werte für das **heutige Referenzjahr** dar, **orange** stellt die Werte für das **zukünftige warme Jahr** dar. Die Balken (Optionen) sind analog beschriftet. Die Angaben sind **immer in absoluten Werten** dargestellt.

Beispiel: Die «Referenz» in Ostausrichtung würde im heutigen Referenzjahr einen HWB von 7.0 kWh/m²a aufweisen. Das Bandfenster («Option 1») wirkt sich negativ auf den HWB aus und führt zu einem Anstieg auf 7.4 kWh/m²a. Dies entspricht einem Anstieg von +0.4 kWh/m²a (Angabe s. rechts neben der Orientierung, grün eingefärbt). In einem zukünftigen warmen Jahr weist das Bandfenster nur noch einen HWB von 4.7 kWh/m²a auf und bewirkt im Vergleich zur «Referenz» (4.4 kWh/m²a) nur noch einen Anstieg um + 0.3 kWh/m²a.

### **Beeinflussbare und nicht beeinflussbare Faktoren bei der Gebäudeplanung**

Bei jedem Gebäudeentwurf wird der Planende einen anderen Kontext und eine geänderte Ausgangslage antreffen. Dabei können sich u.a. die nachfolgenden Faktoren ändern und einen Einfluss auf die Anforderungen des Gebäudes haben:

- **Standort:** In der Schweiz können verschiedene klimatische Bedingungen angetroffen werden. Würde das Referenzgebäude bspw. nicht in Basel, sondern in Lugano stehen, könnte der Klimakältebedarf künftig über dem Heizwärmebedarf liegen (Abschnitt 5.2.1.1). In diesem Kontext könnte Kühlen in Zukunft wichtiger als Heizen werden.
- **Städtischer Wärmeinseleffekt:** Würde der städtische Wärmeinseleffekt berücksichtigt werden, würde der Heizwärmebedarf sinken, der Klimakältebedarf jedoch ansteigen.
- **Umgebung:** In einer städtischen Umgebung kommt es zu Verschattungen durch umliegende Gebäude, wodurch die solaren Wärmeerträge reduziert werden. Gleichzeitig wird die Tageslichtversorgung eingeschränkt. Bei einem freistehenden Gebäude ohne Verschattungen durch andere Gebäude, Berge, Bäume etc. würde der Heizwärmebedarf sinken und der Klimakältebedarf ansteigen.
- **Gebäudetypologie:** Auch die Gebäudetypologie kann einen Einfluss auf die Energieeffizienz und den thermischen Komfort haben.
- **Bausystem:** Das Referenzgebäude wurde in Massivbauweise erbaut. Bei dem gleichen Gebäude mit einer reduzierten Speichermasse würde sich der Klimakältebedarf sensibler verändern (Anstieg) als der Heizwärmebedarf.

Eine genaue Analyse dieser Faktoren im Vergleich zum Referenzgebäude befindet sich in Abschnitt 5.2.1 dieser Studie. Jeder dieser Faktoren nimmt einen Einfluss auf die Energieeffizienz und analog auch auf die thermische Behaglichkeit und einige Faktoren haben ebenso Auswirkungen auf die Tageslichtversorgung (z.B. Umgebung, Geschoss, Raumgeometrie etc.).

Gleichzeitig stellt sich die Frage, welche dieser Faktoren durch den Planenden beeinflusst werden können. Der **Standort** und die **Umgebungssituation** sind in der Regel bereits gegeben und können dementsprechend **nicht beeinflusst** werden. Auf den städtischen Wärmeinseleffekt kann – je nach Situation – zumindest teilweise Einfluss genommen werden, indem dieser durch gezielte Massnahmen (bspw. Begrünungsmassnahmen, entsiegeln von Aussenflächen, Wasserflächen etc.) positiv beeinflusst wird. Die Gebäudetypologie und das Bausystem hingegen sind durch den Planenden direkt beeinflussbar.

In der Entwurfsphase sollte sich der Planende also insbesondere an dem vorgegebenen Standort und der Umgebung orientieren. **Das neue Gebäude muss sich dabei an den vorhandenen Kontext anpassen, da dieser einen entscheidenden Einfluss auf die Energieeffizienz sowie die thermische als auch die visuelle Behaglichkeit des Gebäudes hat.**

### Empfehlungen für den Gebäudeentwurf und zur Balancefindung der drei Themenfelder Energie, thermische Behaglichkeit und Tageslicht

Der Planende sollte demnach als zentralen Faktor den Standort und die Umgebung betrachten und analysieren, ob es Verschattungen durch umliegende Gebäude, Berge, Bäume oder andere Elemente gibt.

In einer **städtischen Umgebung** kommt es i.d.R. zu Verschattungen durch Nachbargebäude. Mit wie viel Verschattung zu rechnen ist und in welchen Geschossen ist dabei von der Grösse und Entfernung der umliegenden Gebäude abhängig. Sicher ist aber, dass die Umgebungssituation einen Einfluss auf die Energieeffizienz und den thermischen Komfort haben wird und durch die Verschattung die solaren Wärmeerträge reduziert werden. Das heisst also, dass der Heizwärmebedarf höher liegen wird, der Klimakältebedarf und somit analog die Anzahl Überhitzungsstunden aber weniger ausgeprägt sein werden als bei einem freistehenden Gebäude. In einer städtischen Umgebung ist insbesondere der **Fokus auf eine ausreichende Tageslichtversorgung** zu legen, da die umliegenden Gebäude diese stark reduzieren – vor allem in den unteren Geschossen. Die Anforderungen der Norm SN EN 17037:2019 [3] können oft nur sehr schwer eingehalten werden (Abschnitt 5.2.1.6).

Bei einem **freistehenden Gebäude ohne Verschattung** durch umliegende Gebäude oder andere Elemente können die Anforderungen an das Tageslicht entsprechend einfacher eingehalten werden. Hingegen sollten in einem solchen Kontext die **Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz** einen höheren Stellenwert einnehmen. Da es zu keiner Verschattung kommt, erhält das Gebäude viel solare Wärmeerträge sowohl im Winter als auch im Sommer. Dadurch wird zwar der Heizwärmebedarf sinken, der Klimakältebedarf hingegen aber deutlich ansteigen.

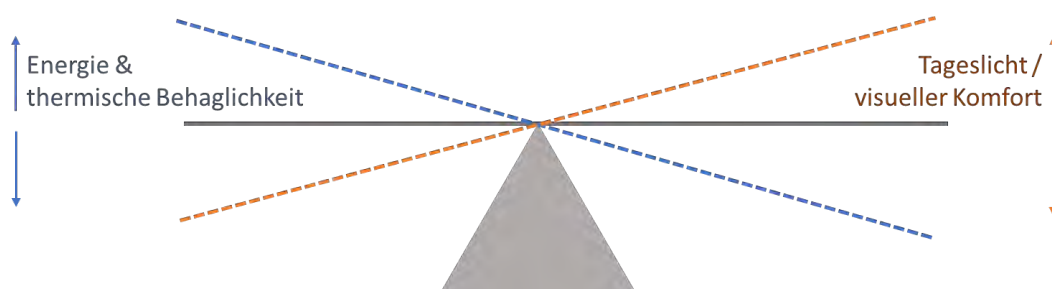


Abbildung 89: Balancefindung der Themenfelder Energie, thermische Behaglichkeit und Tageslicht, , welche besonders in den Sommermonaten und mit Blick auf die aufgrund des Klimawandels in Zukunft vermehrt auftretenden Hitzetage Beachtung finden sollte.

Jeder Kontext muss demnach individuell betrachtet werden, da es nicht nur die zwei Fälle, städtische Bebauung oder freistehendes Gebäude, gibt: In manchen Fällen findet eine Verschattung einzig an einer Fassadenseite statt. **Zur Balancefindung (Abbildung 89) der drei Themenfelder Energie, thermische Behaglichkeit und Tageslicht sollte die Gebäudeplanung geschossweise und fassadenweise erfolgen.**

### Ausrichtung des Gebäudes und der Wohnungen

Beim Gebäudeentwurf sollte darauf geachtet werden, dass das Gebäude – wenn möglich – **nicht exakt nach den Himmelsrichtungen** ausgerichtet wird. Grund dafür ist, dass eine nach Norden ausgerichtete Fassade kaum direktes Sonnenlicht (Besonnungsdauer, Abschnitt 4.2.4.6) erhält. Durch das Abdrehen des Gebäudes (Abbildung 90) kann somit die Aufenthaltsqualität in fast allen Räumen erhöht werden.

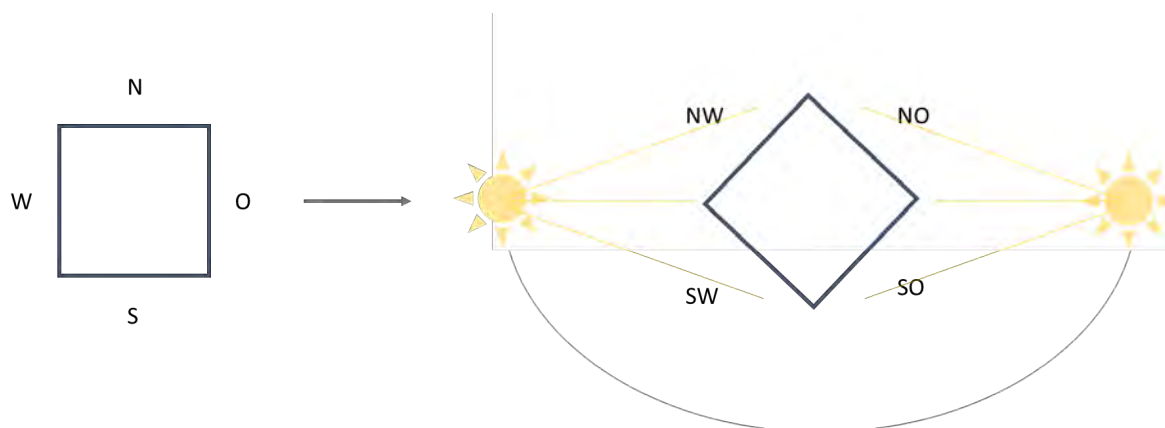


Abbildung 90: Empfehlung zur Ausrichtung des Gebäudes

Gleichzeitig sollte darauf geachtet werden, dass **eine Wohnung zu mindestens zwei Seiten ausgerichtet** wird. Dies bietet bei der Anordnung sowie der späteren Nutzung der Räume eine höhere Flexibilität und ermöglicht eine Querlüftung der Wohnung (Nachtauskühlung). Ebenso können die Anforderungen der Norm SN EN 17037:2019 [3] hinsichtlich der Besonnungsdauer besser eingehalten werden, da dieses Kriterium in nur einem Raum der Wohnung sichergestellt werden muss.

### Raumanordnung

Die Raumnutzung und die Ausrichtung sollten aufeinander abgestimmt werden. Bei der Anordnung der Räume ist eine gezielte Planung sehr wichtig. Dabei kann – insbesondere angesichts des Klimawandels und mit Fokus auf die thermische Behaglichkeit – auch **ein (teilweise) nach Norden ausgerichteter Raum künftig an Bedeutung gewinnen** und durchaus als Aufenthaltsraum genutzt werden (Überhitzungsgefahr im Sommer ist geringer). **Bei der Raumplanung sollten demnach von Beginn an Überlegungen bzgl. Energie und thermischer Behaglichkeit einfließen.** Auch ist eine **hohe Flexibilität bei den Wohnungsgrundrissen empfehlenswert** und sollte bei einer klimawandelgerechten Planung unbedingt berücksichtigt werden: So könnte im Sommer ein Nordzimmer als Homeoffice-Bereich genutzt werden, im Winter wird diese Nutzung in ein Südzimmer verlegt.

### Raumgeometrie

In Abschnitt 5.2.1.7 wurde überprüft, welche Auswirkungen die Raumgeometrie auf die Tageslichtversorgung im Gebäude hat. Festgestellt wurde, dass es bei tiefen Räumen viel

schwieriger ist, die Anforderungen der Norm SN EN 17037:2019 [3] an dieses Kriterium zu erfüllen als bei einer geringeren Raumtiefe. Bei der Planung sollte demnach **auf hohe Raumtiefen verzichtet** werden. Des Weiteren wirken sich u.a. folgende Parameter positiv auf die Tageslichtversorgung aus: **hohe Räume, geringe Sturzhöhe, wenn möglich keine festen Auskragungen sowie schlankere Gebäudekubaturen**. Diese gilt es aber immer auch in Bezug zur Energie und thermischen Behaglichkeit zu betrachten und unter Berücksichtigung des vorhandenen Kontexts (d.h. Standort, Umgebungssituation).

### **Tageslicht und die neue Norm SN EN 17037:2019 [3]**

**Dem Tageslicht ist bei der Gebäudeplanung mehr Beachtung zu schenken.** Die neue Tageslichtnorm ermöglicht eine Beurteilung des Tageslichts nach vier Kriterien (Abschnitt 3.2.3), bietet so eine gute Vergleichsmöglichkeit und ist in der Planung zukünftig anzuwenden.

Dabei ist aber Folgendes anzumerken: Im Rahmen der Studie wurde festgestellt, dass das Erfüllen der Vorgaben der Norm sehr anspruchsvoll ist, insbesondere für die Tageslichtversorgung im innerstädtischen Kontext sowie in Gebieten mit starker topologischer Verschattung. Hier können Oblichter zumindest in den Dachwohnungen einen positiven Beitrag leisten.

### **Nachtauskühlung und Kühlkonzepte**

Dass die natürliche Lüftung (Nachtauskühlung) einen entscheidenden Einfluss auf den thermischen Komfort im Gebäude hat, ist bekannt [2]. **Bei einer klimawandelgerechten Planung sollte dieser zentrale Faktor künftig einen noch höheren Stellenwert erhalten, denn ohne ein gezieltes Abführen der Wärmelasten über die natürliche Lüftung, wird es künftig immer häufiger zu Überhitzung in Gebäuden kommen.** Entsprechende Konzepte für eine effiziente natürliche Lüftung sollten berücksichtigt werden.

Eine Querlüftung in der Wohnung bzw. im gesamten Gebäude ist anzustreben, da dadurch die Wärmelasten effizient abgeführt werden können. Hierbei gilt es Aspekte wie Lärm, Luftverschmutzungen (Aussenluft) oder auch die Gefahr vor Einbrüchen zu beachten. Ebenso kann der städtische Kontext zur Belüftung genutzt werden, da die Windrichtung durch die umliegenden Gebäude mitbestimmt wird. Die Öffnungen sollten nach den Windrichtungen im Sommer ausgerichtet werden und die Fassadengestaltung so geplant werden, dass eine effiziente Querlüftung begünstigt wird (bspw. durch fixe vertikale Elemente neben den Fenstern).

Des Weiteren wird in diesem Zusammenhang auch die Bedeutung von Oblichtern zunehmen. Werden diese Elemente gezielt eingesetzt, können die tagsüber anfallenden Wärmelasten in der Nacht effizient abgeführt werden. Bspw. in Treppenhäusern könnte die Nachtauskühlung des gesamten Gebäudes durch ein Oblicht positiv beeinflusst werden (Kamineffekt, Achtung: Brandschutz, Möglichkeit der Nutzung von Rauch- und Wärmeabzugsanlagen (RWA) der Treppenhäuser (Synergie)). Aber auch in Dachgeschosswohnungen kann durch ein Oblicht die Nachtauskühlung verbessert werden: In einem Raum mit nur einem Fenster ist die Lüfterneuerungsrate geringer, als bei mehreren Fenstern, insbesondere, wenn diese nicht an



derselben Fassade liegen. Zudem sammelt sich die «warme» Luft im oberen Teil des Raumes, sodass diese leichter über ein Oblicht abgeführt werden kann. Beim Einsatz von Oblichtern ist dabei ein guter Sonnenschutz unabdingbar, um die Wärmelasten im Sommer zu reduzieren und somit eine Überhitzung im Gebäudeinneren zu vermeiden.

### **Nutzerverhalten und Gebäudeautomation**

Dass das Nutzerverhalten einen entscheidenden Einfluss auf die Energieeffizienz sowie die thermische Behaglichkeit im Gebäude hat, wurde in Abschnitt 5.2.1.9 beschrieben. Die **Bedienung des beweglichen Sonnenschutzes sowie die natürliche Lüftung (Nachtauskühlung) sind zentrale Elemente** und werden angesichts des Klimawandels weiter an Bedeutung gewinnen, weshalb eine korrekte Bedienung sichergestellt werden muss. Da dieser wichtige Einflussfaktor weder durch den Planenden noch durch die Bauherrschaft direkt beeinflusst werden kann und es den idealen Nutzer in der Regel nicht gibt, **wird das Thema der Gebäudeautomation – insbesondere in Zukunft – auch im Wohnungsbau an Bedeutung gewinnen.**

## 7 Ausblick

Mit der vorliegenden Studie konnten sowohl für die Zielgruppe der Bauherrschaften als auch für Planende und ArchitektInnen wichtige Handlungsempfehlungen im Umgang mit dem Klimawandel und den damit verbundenen Herausforderungen erarbeitet werden.

### Handlungsempfehlungen für Bauherrschaften

Die Umfrage war ein hilfreiches Tool, um den Wissensstand und die Haltung von Bauherrschaften zum Thema «Klimawandel und die Auswirkungen des künftigen Temperaturanstiegs auf den Wohnkomfort» zu evaluieren.

Den Bauherrschaften sollte insbesondere die Wichtigkeit ihrer Aufgabe als BestellerInnen bewusst gemacht werden. Es gilt ihnen aufzuzeigen, worauf sie in den einzelnen Bauphasen achten sollten sowie gezielt Einfluss nehmen können. Ebenso sind Bauherrschaften über die Vorteile einer klimawandelgerechten Planung zu informieren: Die Umfrage hat ergeben, dass geeignete Massnahmen häufig wegen Erwartungen von hohen Kosten und hohem baulichen Aufwand nicht umgesetzt werden. Jedoch gibt es viele Massnahmen für Neubau- und Sanierungsprojekte ohne Mehraufwand und / oder Mehrkosten, welche einen entscheidenden Einfluss auf den Wohnkomfort haben (bspw. die Orientierung der Fensterflächen). Zudem gibt es diverse Förderprogramme von Bund / Kantonen / Gemeinden, welche Bauherrschaften bei Massnahmen finanziell unterstützen. Die im Rahmen dieser Studie erarbeiteten Handlungsempfehlungen beinhalten Informationen zu den zuvor genannten Punkten sowie weitere Erkenntnisse und sind im Abschnitt 6.1 textlich beschrieben und in Form von Tabellen übersichtlich zusammengetragen.

**Empfehlung:** Der Fokus dieser Studie lag insbesondere auf den Zielgruppen der Wohnbaugenossenschaften, institutionellen Anleger sowie Immobilienunternehmen und weniger auf Privatpersonen sowie VertreterInnen der Öffentlichen Hand. Laut Statistiken des BFS stellen aber gerade auch Privatpersonen einen Grossteil der AuftraggeberInnen für neu erstellte Wohngebäude dar (~30 %) und machen fast 50 % der EigentümerInnen von Mietwohnungen aus (Abschnitt 5.1.3). Dementsprechend könnte die Durchführung einer adaptierten Umfrage für diese beiden Zielgruppen weitere interessante Aussagen liefern.

### Handlungsempfehlungen für Planende

Im Rahmen dieser Studie konnte aufgezeigt werden, dass eine klimawandelgerechte Gebäudeplanung über ein hohes Potential verfügt. Neben dem positiven Einfluss auf die Tageslichtversorgung und den thermischen Komfort im Gebäude kann ebenso die Energieeffizienz bereits durch geringe Parametervariationen deutlich verbessert werden. Unter den in Abschnitt 5.2.3 angenommenen Änderungen konnten in einem neuen Gebäudemodell – unter Beibehalt oder Verbesserung der Tageslichtqualität – über 1/3 des Heizwärmebedarfs und 1/3 des Klimakältebedarfs im Vergleich mit dem Referenzgebäude eingespart werden. Durch weitere Adaptionen könnte die Energieeffizienz noch weiter verbessert werden. Wichtig ist jedoch, dass Entscheidungen beim Gebäudeentwurf immer auch unter Berücksichtigung einer ausreichenden

Tageslichtversorgung getroffen werden. Dabei ist die Balancefindung zwischen den drei Themenfeldern «solare Gewinne», «Überhitzung» und «Tageslicht» nicht immer einfach. Eine integrale Betrachtung ist unabdingbar. Bei der Gebäudeplanung sollte dabei insbesondere auf die Umgebung eingegangen werden und der Gebäudeentwurf sowohl geschossweise als auch fassadenweise erfolgen. In Abschnitt 6.2 sind diesbezüglich Empfehlungen für Planende in textlicher Form beschrieben und die wichtigsten Erkenntnisse zu verschiedenen Parametern des frühen Entwurfsprozesses in einer Tabelle zusammengetragen. Anhang 9.7 enthält eine grafische Aufbereitung der Simulationsergebnisse. Die Darstellungen geben einen Überblick darüber, welche Parameter sich hinsichtlich Heizwärmebedarf, Klimakältebedarf, Endenergieverbrauch, Anzahl Überhitzungsstunden, Tageslichtquotient sowie Besonnungsdauer positiv oder negativ auswirken und erlaubt einen Vergleich des Einflusses der einzelnen Parameter untereinander.

**Empfehlung:** Im Rahmen der Simulationen wurden 11 Parametervariationen untersucht, wobei interessante Erkenntnisse gewonnen sowie neue Forschungsansätze generiert werden konnten. In einem nächsten Schritt könnte bspw. das Potential der Nachtauskühlung / verschiedener Kühlkonzepte über Oblichter angesichts des Klimawandels genauer untersucht werden. Auch könnte ein Merkblatt den Unterschied zwischen einem beweglichen Sonnenschutz und einem Blendschutz thematisieren und den Planenden die Wichtigkeit eines beweglichen Sonnenschutzes als Teil des sommerlichen Wärmeschutzes (auch bei Oblichtern) nahelegen. Ebenso könnte eine Nutzerbefragung zu elektrochromen Gläsern Aufschluss über die Wirkung und Akzeptanz dieser Elemente auf den Menschen liefern und somit die technologische Entwicklung dieser Gläser zielführend fördern. Des Weiteren könnte eine solche Parameterstudie ebenso in einem differenzierten Kontext weitergeführt werden: Welchen Einfluss haben die in dieser Studie untersuchten Parameter bei einem freistehenden Gebäude (ländlicher Kontext, ohne Nachbarbebauungen) oder unter differenzierten klimatischen Bedingungen (u.a. in der Südschweiz oder in anderen Höhenlagen, wie bspw. Davos)? Diese Untersuchungen könnten wichtige Ergänzungen zu den bisherigen Resultaten liefern.

### **Empfehlungen für die Aufbereitung und Verbreitung der Studienergebnisse**

Die Erkenntnisse der Studie sollten in einem nächsten Schritt grafisch aufbereitet und in ein für die Zielgruppen entsprechendes Format gebracht werden. Für die Bauherrschaften empfiehlt sich bspw. eine Broschüre, in welcher die Studienergebnisse übersichtlich aufbereitet sind. Für die Planenden und ArchitektInnen könnte ein Merkblatt, ein Flyer oder ein kurzes Handbuch empfehlenswert sein, wobei insbesondere bei dieser Zielgruppe auf ein ansprechendes Design geachtet werden sollte. Ebenso könnten die Resultate der Studie die Basis für den Aufbau eines einfachen Planungstools bilden, mittels dem die Akteure bei der Balancefindung der drei analysierten Themenfelder angesichts des Klimawandels unterstützt werden.

Die Ergebnisse dieser Studie werden auf den Webseiten von EnergieSchweiz und der Hochschule Luzern sichtbar sein. Des Weiteren könnten die Handlungsempfehlungen in verschiedenen Fachzeitschriften, Magazinen etc. publiziert werden, wie bspw. im BFE-Magazin «energieaplus – Bundesamt für Energie». Ebenso sind Referate auf Fachveranstaltungen geplant. Je nach

Möglichkeit sollte zudem ein direkter Austausch mit Behörden und Verantwortlichen des Normenwesens gesucht werden.

### **Ergänzende Projekte**

- [SIA Klimadaten der Zukunft für Planende](#) (laufend, bis Ende 2021): Die Hochschule Luzern erarbeitet zusammen mit dem Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA derzeit Klimadaten der Zukunft. Die Akteure sollen dadurch befähigt werden, die Auswirkungen der Klimaentwicklung in die Planung von Gebäuden miteinzubeziehen.
- [Klimageräte im Kontext des Klimawandels](#) (2020): In dieser Studie wurde untersucht, wie die CO<sub>2</sub>-Bilanz mobiler Klimageräte im Wohnbereich verbessert werden kann und ob die Gesetzgebungen bezüglich der aktiven Kühlung im Wohnbereich unter den Voraussetzungen des Klimawandels noch zeitgemäss sind.
- [Schweizer Gebäudestandards im Zeichen des Klimawandels](#) (2020): Im Rahmen dieser Studie wurden die Vorgaben heutiger Gebäudestandards hinsichtlich des Klimawandels überprüft und konkrete Anpassungsvorschläge für Formulierungen von Zertifizierungsanforderungen erarbeitet.

## 8 Literaturverzeichnis

- [1] NCCS, 2018, «CH2018 - Klimaszenarien für die Schweiz.», National Centre for Climate Services,, Zürich, 2018.
- [2] G. Settembrini, S. Domingo-Irigoyen, T. Heim, D. Jurt, A. Zakovorotnyi, A. Seerig, G. Zweifel und U. P. Menti, «ClimaBau – Planen angesichts des Klimawandels: Energiebedarf und Behaglichkeit heutiger Wohnbauten bis ins Jahr 2100,» Bundesamt für Energie (BFE No. SI/501318-01), 2017.
- [3] SNV, SN EN 17037 - Tageslicht in Gebäuden, 2019.
- [4] C. Hönger, R. Brunner, U.-P. Menti, C. Wieser und T. Unruh, Das Klima als Entwurfsmittel. Architektur und Energie, Quart Verlag, 2014.
- [5] CH2018, CH2018 – Climate Scenarios for Switzerland, Technical Report, Zurich: National Centre for Climate Services, 2018.
- [6] Zakovorotnyi, A. et al., «ROGEK - Robustheitsbewertung von integrierten gebäudetechnischen Kühlkonzepten in Verwaltungsbauten hinsichtlich Klima und Nutzervariabilität – Schlussbericht,» Bundesamt für Energie (BFE), Bern, 2017.
- [7] NCCS, «A.15 Aktuelle Klimadaten für Bauplanende,» [Online]. Available: <https://www.nccs.admin.ch/nccs/de/home/massnahmen/pak/projektephase2/pilotprojekte-zur-anpassung-an-den-klimawandel--cluster--umgang/a-15-aktuelle-klimadaten-fuer-bauplanende.html>. [Zugriff am 2020].
- [8] SIA, «Norm SIA 382/2. Klimatisierte Gebäude - Leistungs- und Energiebedarf,» Schweizer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich, 2011.
- [9] SIA, «SIA Merkblatt 2024. Raumnutzungsdaten für die Energie- und Gebäudetechnik,» Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich, 2015.
- [10] SIA, «Norm SIA 180. Wärmeschutz, Feuchteschutz und Raumklima in Gebäuden,» Schweizer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich, 2014.

- [11] «Faktenblatt zur neuen Schweizer Norm «Tageslicht in Gebäuden» SN EN 17037:2018,» 2020. [Online]. Available: [https://tageslicht-symposium.ch/wp-content/uploads/2020/06/200609\\_HSL\\_Faktenblatt-Tageslichtnorm.pdf](https://tageslicht-symposium.ch/wp-content/uploads/2020/06/200609_HSL_Faktenblatt-Tageslichtnorm.pdf). [Zugriff am 28 11 2020].
- [12] «SIA 382/1:2007 „Lüftungs- und Klimaanlage – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen“,» Schweizer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich, 2007.
- [13] «Bau- und Planungsgesetz (BPG), SG 730.100, Kanton Basel Stadt,» 01 01 2001. [Online]. Available: [https://www.gesetzessammlung.bs.ch/app/de/texts\\_of\\_law/730.100](https://www.gesetzessammlung.bs.ch/app/de/texts_of_law/730.100). [Zugriff am 18 10 2020].
- [14] B. Schrader, S. Gerber und U.-P. Menti, «S.A.D.L.E.S.S.; Systemische Betrachtung von Beschattungssystemen mit dem Fokus Tageslicht zur Optimierung der SIA - Norm 380/4 – Schlussbericht,» BFE, Bern, 2015.
- [15] R. Gehrig, N. König und S. Scherrer, «Städtische Wärmeinseln in der Schweiz - Klimatologische Studie mit Messdaten in fünf Städten,» Fachbericht MeteoSchweiz Nr. 273, 2018.
- [16] Eberhard, P. et al., «Stadtklimatologische Aspekte von Basel,» REGIO BASILIENSIS- Basler Zeitschrift für Geographie 52. Jahrgang, Heft 1, Basel, 2011.
- [17] «Planungs- und Baugesetz (PBG), SRL 735, Kanton Luzern,» 01 12 2019. [Online]. Available: [https://srl.lu.ch/app/de/texts\\_of\\_law/735/versions/3447](https://srl.lu.ch/app/de/texts_of_law/735/versions/3447). [Zugriff am 2020 12 02].
- [18] «Planungs- und Baugesetz (PBG), Ordnungsnummer 700.1, Kanton Zürich,» 01 11 2019. [Online]. Available: [https://www.zh.ch/de/politik-staat/gesetze-beschluesse/gesetzessammlung/zhlex-ls/erlass-700\\_1-1975\\_09\\_07-1976\\_04\\_01-107.html](https://www.zh.ch/de/politik-staat/gesetze-beschluesse/gesetzessammlung/zhlex-ls/erlass-700_1-1975_09_07-1976_04_01-107.html). [Zugriff am 01 12 2020].
- [19] Minergie Schweiz, «Tageslicht. Höchste Lichtqualität im Minergie-Gebäude,» Faktor Verlag, 2019, 2019.
- [20] SIA, «Norm 112:2014 - Modell Bauplanung, Verständigungsnorm,» Schweizer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich, 2014.

## 9 Anhang

### 9.1 Fragebogen zur Umfrage

#### A. Startseite

##### **Liebe Entscheidungsträgerin / Lieber Entscheidungsträger in Sachen Wohngebäude**

Der Klimawandel hat Einfluss auf die unterschiedlichsten Aspekte des Lebens. Auch Änderungen in der gebauten Umgebung werden in Zukunft unerlässlich. Gerne würden wir von Ihnen erfahren, inwieweit die aufgrund des Klimawandels häufiger auftretenden Hitzetage bereits in Ihre Überlegungen und Entscheidungen einfließen.

Ihre Teilnahme (**ca. 10 Minuten**) wird uns dabei helfen, Handlungsempfehlungen für Bauherrschaften zu entwickeln. Diese sollen sicherstellen, dass Wohngebäude den sich ändernden Rahmenbedingungen künftig gerecht werden und somit die Wohnqualität auch während den Sommermonaten erhalten bleibt.

Die Umfrage erfolgt **anonym**. Ihre Angaben werden ausschliesslich im Zusammenhang mit der Umfrage verwendet.

**Wir danken Ihnen herzlich für die investierte Zeit. Ihre Rückmeldung ist sehr wertvoll für uns.**

Haben Sie Fragen oder möchten Sie weitergehende Infos zum Projekt? Dann erreichen Sie uns via [E-Mail](#).

Sina Büttner

Janine Stampfli

Hochschule Luzern, Technik & Architektur  
Institut für Gebäudetechnik und Energie IGE

#### B. Fragen

**[QID2]** Wie gut fühlen Sie sich zum Thema 'Auswirkungen des Klimawandels auf Wohngebäude' informiert?

sehr gut      gut      mehr oder weniger      weniger gut      überhaupt nicht      weiss nicht  
1      2      3      4      5     

\*\*\*

**[QID3]** Welches sind Ihre Hauptinformationsquellen zum Thema 'Auswirkungen des Klimawandels auf Wohngebäude'? Bitte wählen Sie maximal 3 Antworten aus.

- Internet-Recherche
- Social Media
- Fachzeitschriften / Fachbücher
- Veranstaltungen
- Austausch mit Kollegen, Bekannten, etc.
- Nachrichten / Beiträge in Fernsehen / Zeitungen
- Keine Angabe
- Sonstige: ... (Freitext) [Q40]

[Alle Antworten ausser 'Sonstige' zyklisch randomisiert]

\*\*\*

**[QID4]** Wie würden Sie die Wohnqualität der Gebäude und Wohnungen des Unternehmens, in dem Sie arbeiten, im Hinblick auf die in Zukunft häufiger auftretenden Hitzetage beurteilen?

sehr gut	gut	durchschnittlich	nicht gut	überhaupt nicht gut	weiss nicht
<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/>

\*\*\*

**[QID5]** Welche Massnahmen zur Vermeidung von zu hohen Innenraumtemperaturen bei Wohngebäuden sind Ihnen bekannt? (Freitext)

\*\*\*

**[QID6]** Nachfolgend sind Massnahmen zur Vermeidung von zu hohen Innenraumtemperaturen bei Wohngebäuden aufgelistet. Welche davon erachten Sie als besonders zielführend? Bitte wählen Sie bis zu 5 Antworten aus.

- Optimale Ausrichtung des Gebäudes und der Fensterflächen
- Kleinere Fensterflächen
- Fixer Sonnenschutz (z.B. Balkone, Vordächer, Fassadenelemente)
- Beweglicher Sonnenschutz (z.B. Storen und Fensterläden)
- Spezialverglasung (z.B. Sonnenschutzgläser, «Smart Glass»)
- Begrünungen (z.B. Bäume vor den Fensterflächen und Dachbegrünungen)
- Aktive Kühlung (z.B. Klimageräte)
- «Solare Kühlung» (z.B. Kombi Photovoltaik/Kühlgeräte)
- Passive Kühlung (z.B. Nachtauskühlung durch Luftzug)
- Gebäudeautomation (z.B. automatische Fensteröffnungen und Sonnenschutz)
- Informationen für BewohnerInnen zur Optimierung des Nutzerverhaltens
- Reduzierung der internen Wärmegewinne (z.B. durch Austausch bestehender Geräte durch effizientere Modelle)
- Keine Angabe
- Sonstige: ... (Freitext) [Q45]

[Alle Antworten ausser 'Keine Angabe' und 'Sonstige' zyklisch randomisiert]

\*\*\*

**[QID8]** Welchen Stellenwert nehmen die aufgrund des Klimawandels in Zukunft häufiger auftretenden Hitzetage in der Planung der Wohngebäude des Unternehmens, in dem Sie arbeiten, ein?

sehr wichtig	wichtig	neutral	eher unwichtig	unwichtig	weiss nicht
<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/>

\*\*\*

**[QID7]** Welche Massnahmen zur Vermeidung von zu hohen Innenraumtemperaturen wurden bei den Wohngebäuden des Unternehmens, in dem Sie arbeiten, bereits umgesetzt? Bitte wählen Sie alle für Sie relevanten Antworten aus.

- Die Ausrichtung des Gebäudes und der Fensterflächen wurden klimagerecht geplant
- Kleinere Fensterflächen bei neuen Wohngebäuden
- Bewusster Einsatz von fixem Sonnenschutz (z.B. Balkone, Vordächer,



Fassadenelementen)

- Vermehrter Fokus auf beweglichen Sonnenschutz (z.B. Storen und Fensterläden)
- Einsatz von Spezialverglasung (z.B. Sonnenschutzgläser und «Smart glass»)
- Mehr Begrünung (z.B. Bäume vor den Fensterflächen und Dachbegrünungen)
- Aktive Kühlung (z.B. Klimageräte)
- «Solare Kühlung» (z.B. Kombi Photovoltaik/Kühlgeräte)
- Gebäudeautomation zur Vermeidung von Überhitzung (z.B. automatische Fensteröffnungen und Sonnenschutz)
- Informationen für BewohnerInnen zur Optimierung des Nutzerverhaltens (z.B. Nachtauskühlung durch Luftzug)
- Reduzierung der internen Wärmegewinne (z.B. durch Austausch bestehender Geräte durch effizientere Modelle)
  
- Bisher wurden keine Massnahmen umgesetzt
- Keine Angabe
- Sonstige: ... (Freitext) [Q46]

[Alle Antworten ausser 'Weiss nicht' und 'Sonstige' zyklisch randomisieren]

\*\*\*

Wenn QID7 nicht mit 'Bisher wurden keine Massnahmen umgesetzt' beantwortet wurde: **[QID9]**  
Wo kamen die Massnahmen zum Einsatz?

- Hauptsächlich bei Gebäuden mit Baujahr ab 2001
- Hauptsächlich bei der Nachrüstung von Gebäuden mit Baujahr vor 2001
- Zu ungefähr gleichen Teilen bei Gebäuden mit Baujahr ab / vor 2001
- Keine Angabe

\*\*\*

**[QID10]** Welche Relevanz haben die folgenden Hinderungsgründe bei der Entscheidung, Massnahmen zur Vermeidung von zu hohen Innenraumtemperaturen nicht umzusetzen?

	relevant		neutral		irrelevant	keine Angabe
Zu hohe Kosten	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 6
Zu hoher baulicher Aufwand	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 6
Ungenügende Informationen über mögliche Massnahmen	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 6
Wird nicht gefordert (Norm, Label)	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 6
Wirtschaftliches Potenzial dieser Massnahmen nicht erkennbar	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 6
Störende Renovierungsarbeiten für die BewohnerInnen	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 6

Weitere Hinderungsgründe: ... (Freitext) [Q47]

\*\*\*

**[QID13]** Nachfolgend sind Gründe aufgeführt, die sich positiv auf die Umsetzung von Massnahmen zur Vermeidung von zu hohen Innenraumtemperaturen bei Wohngebäuden auswirken können. Als wie relevant erachten Sie diese?

	relevant		neutral		irrelevant	keine Angabe
Zertifizierung durch ein Label	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 6
Gesetzliche Verankerung	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 6
(Finanzielle) Förderung durch Bund / Kanton / Gemeinde	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 6
Mehr Informationen über die Vorteile von Massnahmen (z.B. gesteigerter Wohnqualität für die BewohnerInnen)	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 6
Mehr Informationen über das wirtschaftliche Potential von Massnahmen (z.B. langfristige Vermietbarkeit der Immobilie gesichert)	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 6
<input type="checkbox"/> Weitere Gründe: ... (Freitext) [Q48]						

\*\*\*

**[QID12]** Ist Ihnen aufgefallen, dass BewohnerInnen eigene Massnahmen zur Vermeidung von zu hohen Innenraumtemperaturen ergriffen haben?

- Ja  
 Nein  
 Keine Angabe

\*\*\*

Wenn QID12 mit 'Ja' beantwortet wurde: **[QID11]** Welche Massnahmen zur Vermeidung von zu hohen Innenraumtemperaturen haben die BewohnerInnen ergriffen? (Freitext)

\*\*\*

**[QID14]** Gab es von Seiten der BewohnerInnen der Wohngebäude Ihres Unternehmens bereits Beschwerden, Rückmeldungen, etc. bezüglich zu hohen Innenraumtemperaturen?

- Ja  
 Nein  
 Keine Angabe

\*\*\*

Wenn QID14 mit 'Ja' beantwortet wurde: **[QID15]** Wo gab es Beschwerden? Bitte wählen Sie alle für Sie relevanten Antworten aus.

- Bei Gebäuden mit Baujahr ab 2001 – Allgemein  
 Bei Gebäuden mit Baujahr ab 2001 – Dachgeschoss  
 Bei Gebäuden mit Baujahr vor 2001 – Allgemein  
 Bei Gebäuden mit Baujahr vor 2001 – Dachgeschoss  
 Keine Angabe

\*\*\*

Nachfolgend bitten wir Sie einige Fragen zu Ihrer Person und dem Unternehmen, in dem Sie arbeiten, zu beantworten. Wir möchten Sie noch einmal darauf hinweisen, dass alle Angaben **anonym** behandelt und ausschliesslich im Zusammenhang mit der Umfrage verwendet werden.

\*\*\*

**[QID16]** Was ist Ihr höchster Schulabschluss?

- PhD / Doktorat

- Master
- Bachelor
- Matura
- Sekundarschule
- Sonstige: ... (Freitext)

\*\*\*

**[QID17]** Wie alt sind Sie?

- <21 Jahre
- 21-30 Jahre
- 31-40 Jahre
- 41-50 Jahre
- 51-60 Jahre
- >60 Jahre

\*\*\*

**[QID18]** Wie viele Jahre Erfahrung haben Sie als Entscheidungsträger in Sachen Wohngebäude?

- 0-2 Jahre
- 3-5 Jahre
- 6-10 Jahre
- 11-20 Jahre
- >20 Jahre

\*\*\*

**[QID19]** Als Vertreter welcher Kategorie würden Sie sich bezeichnen?

- Wohnbaugenossenschaft
- Pensionskasse
- Versicherung
- Finanzinstitut / Bank
- Immobilienunternehmen
- Sonstige: ... (Freitext)

\*\*\*

**[Q53]** Welche Funktion haben Sie in dem Unternehmen, in dem Sie arbeiten? (Freitext)

\*\*\*

**[QID20]** In welcher Region sind Sie **hauptsächlich** tätig?

- Zürich
- Nordwestschweiz (Basel-Stadt, Basel-Landschaft, Aargau)
- Espace Mittelland (Bern, Solothurn, Freiburg, Neuenburg und Jura)
- Zentralschweiz (Uri, Schwyz, Obwalden, Nidwalden, Luzern, Zug)
- Ostschweiz (St. Gallen, Thurgau, Appenzell Innerrhoden, Appenzell Ausserrhoden, Glarus, Schaffhausen, Graubünden)
- Region Genfersee (Genf, Waadt und Wallis)

Tessin

[Mehrfachauswahl möglich]

\*\*\*

**[QID21]** Wie viele Beschäftigte hat das Unternehmen, in dem Sie arbeiten?

- <10 Beschäftigte  
 11-50 Beschäftigte  
 51-500 Beschäftigte  
 >500 Beschäftigte

\*\*\*

**[QID36]** Was ist der aktuelle Bestand an Wohngebäuden und Wohnungen des Unternehmens, in dem Sie arbeiten?

- Anzahl Wohngebäude: ... (Zahl)

- Anzahl Wohnungen: ... (Zahl)

\*\*\*

**[QID35]** Bitte schätzen Sie ungefähr ab, wie viel Prozent der Wohngebäude des Unternehmens, in dem Sie arbeiten, in welchem Zeitraum erbaut wurden.  
(Die Angaben müssen in der Summe 100% ergeben)

bis 1946: ... % (Zahl)

1946-1970: ... % (Zahl)

1971-2000: ... % (Zahl)

ab 2001: ... % (Zahl)

\*\*\*

**[QID23]** In den nächsten 10 Jahren plant das Unternehmen, in dem Sie arbeiten, ..... energetische Sanierungen (z.B. neue Fenster, zusätzliche Dämmmassnahmen) vorzunehmen verglichen mit den letzten 10 Jahren. Bitte wählen Sie die passende Antwort aus.

- mehr  
 gleich viele  
 weniger  
 Keine Angabe

\*\*\*

**[QID24]** Wie viele neue Wohngebäude plant das Unternehmen, in dem Sie arbeiten, in den nächsten 10 Jahren zu errichten?

- Keine neuen Wohngebäude geplant  
 1-5 Wohngebäude  
 6-10 Wohngebäude  
 >10 Wohngebäude  
 Keine Angabe

\*\*\*

**[QID25]** Interessensbekundung

- Ich habe Interesse am Vormittag vom 14. November an einem Workshop in Luzern teilzunehmen, in welchem unter anderem die Umfrage-Ergebnisse besprochen werden.  
 Bitte schicken Sie mir die Studienergebnisse zu.

Kein Interesse

\*\*\*

Wenn bei QID25 nicht 'Kein Interesse' angekreuzt wurde: **[QID34]** Damit wir Ihnen die entsprechenden Informationen zukommen lassen können, bitten wir Sie uns Ihre Kontaktdaten mitzuteilen. Ihre Angaben werden ausschliesslich zu diesem Zweck verwendet.

- Name: ... (Freitext)

- Vorname: ... (Freitext)

- Firma: ... (Freitext)

- E-Mail: ... (Freitext)

\*\*\*

**[QID27]** Möchten Sie uns noch etwas mitteilen? (optional)... (Freitext)

\*\*\*

### C. Danksagung

**Vielen Dank**, dass Sie sich Zeit genommen haben, die Umfrage auszufüllen. Weitere Informationen zum Forschungsprojekt 'Bereit für den Klimawandel? Handlungsempfehlungen für Bauherrschaften und Planende' finden Sie [hier](#).

## 9.2 Ergebnisse der Umfrage

### Teil A - Allgemeine Analyse

#### Personenprofil - Wer hat teilgenommen?

#### Als Vertreter welcher Kategorie würden Sie sich bezeichnen?

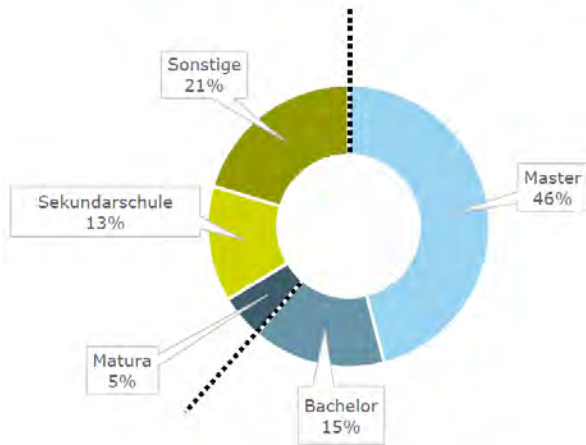


Rücklaufquote nach Kategorie

Wohnbaugenossenschaften	762	14%
Pensionskassen	91	21%
Versicherungen	8	37%
Finanzinstitut/Bank	26	19%
Immobilienunternehmen	146	22%
Sonstige (Verwaltung, etc.)	55	53%

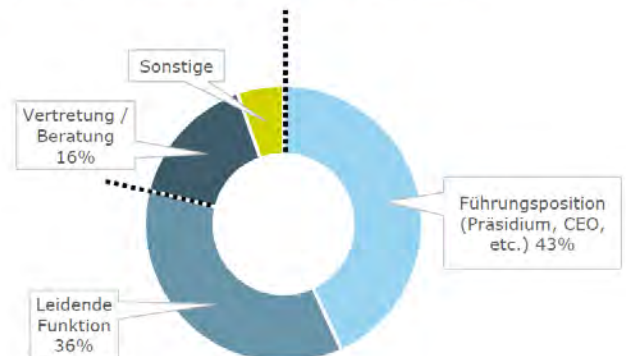
■ Wohnbaugenossenschaft 
 ■ Pensionskasse 
 ■ Versicherung 
 ■ Finanzinstitut / Bank  
■ Immobilienunternehmen 
 ■ Sonstige:

#### Wie alt sind Sie? Was ist Ihr höchster Schulabschluss?



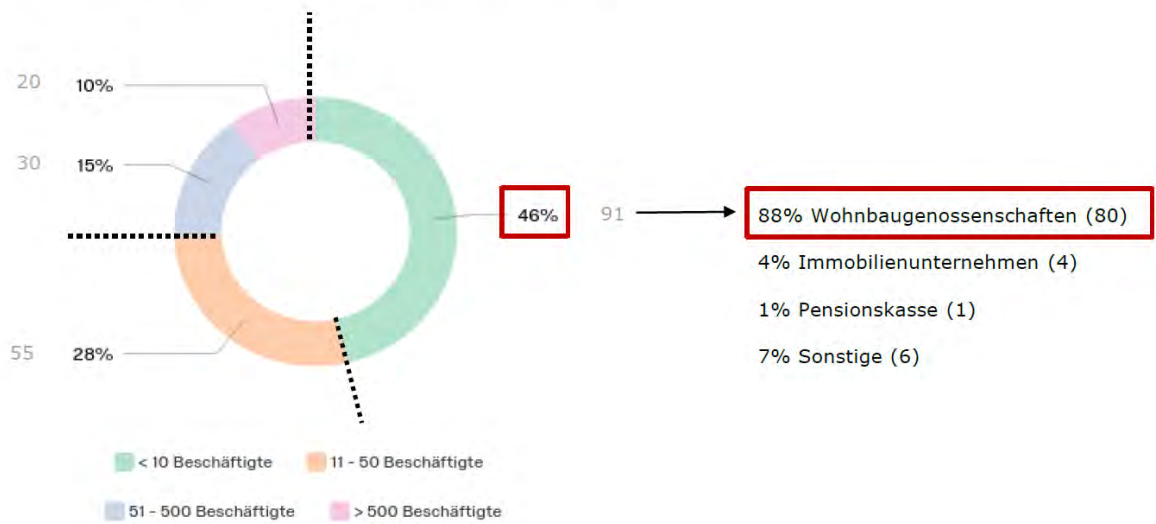
> 61% mit Studienabschluss

#### Wie viele Jahre Erfahrung haben Sie als Welche Funktion haben Sie in dem Unternehmen, in dem Sie arbeiten?

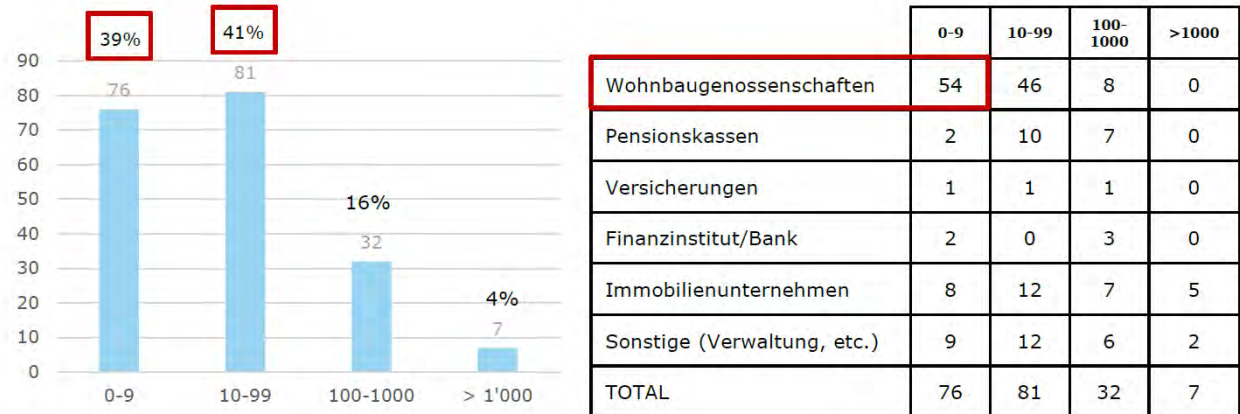


79% führende bzw. leitende Funktion

### Wie viele Beschäftigte hat Ihr Unternehmen?

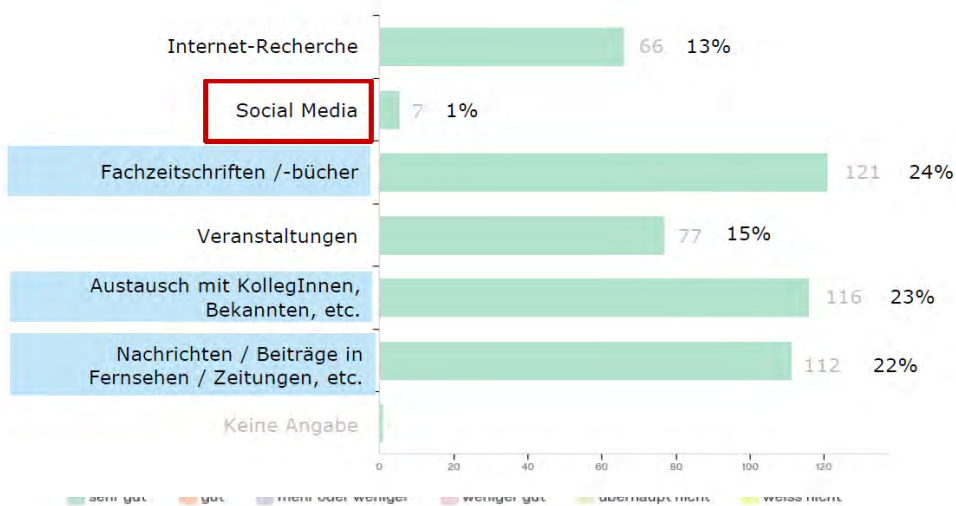


### Was ist der aktuelle Bestand an Wohngebäuden Ihres Unternehmens?



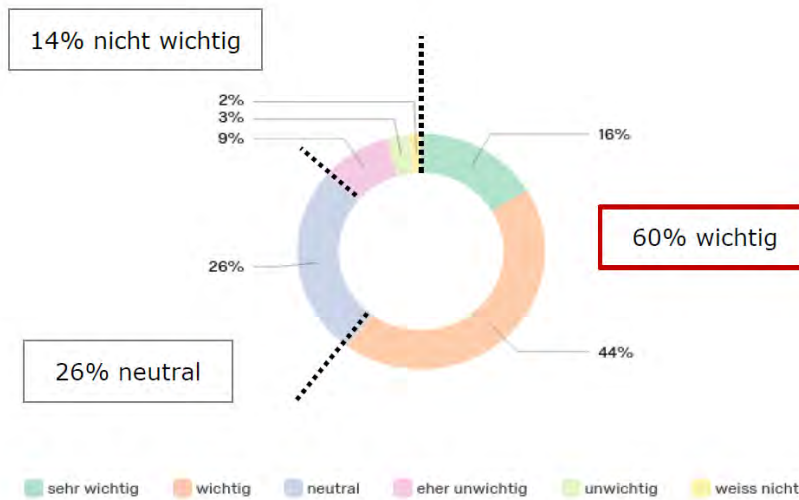
### Wissensstand und Haltung zu den Themen «Klimawandel» und «Überheizungsproblematik»

#### Welches sind die Hauptinformationsquellen zum Thema 'Auswirkungen des Klimawandels auf Wohngebäude'?





**Welchen Stellenwert nehmen die aufgrund des Klimawandels in Zukunft häufiger auftretenden Hitzetage in der Planung der Wohngebäude des Unternehmens, in dem Sie arbeiten, ein?**



Jedoch nehmen auch tendenziell eher Personen mit Interesse an der Thematik teil!

Die Hitzetage werden von «gut» informierten Personen eher in der Planung ihrer Wohngebäude berücksichtigt.

## Massnahmen zur Vermeidung von Überhitzung und Hinderungsgründe

### Welche Massnahmen zur Vermeidung von zu hohen Innenraumtemperaturen bei Wohngebäuden sind allgemein bekannt?

	Anzahl:
1. Sonnenschutzmassnahmen	144
2. Isolation, Dämmmassnahmen	92
3. Aktive Kühlung	80
4. Passive Kühlung	67
5. Freecooling/Geocooling	50
etc.	

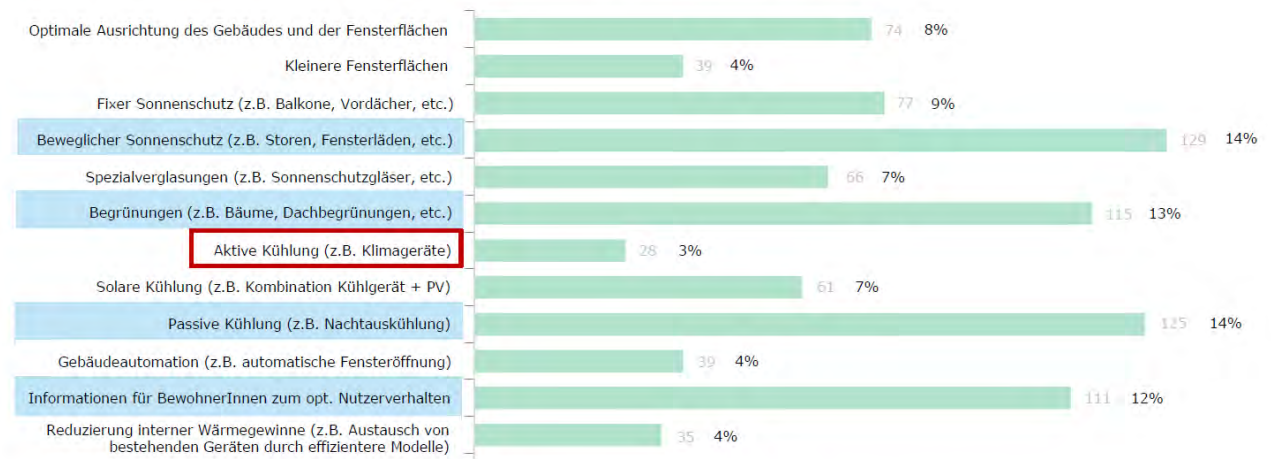


Wer hat das genannt?

→ eher «gut» informierte Personen (60%)

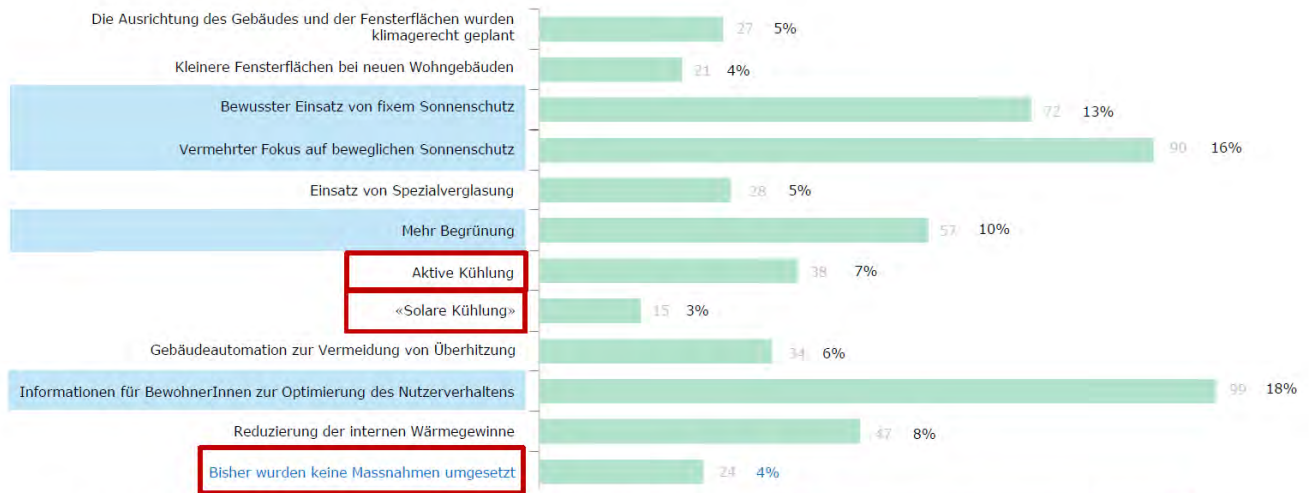
→ eher «studierte» Personen (81%, überwiegend mit Master-Abschluss)

### Welche Massnahmen werden als besonders zielführend bewertet?



Weitere Nennungen: → Isolation, Dämmmassnahmen (5) → Freecooling/Geocooling (5)

### Welche Massnahmen werden auch umgesetzt?



Weitere Nennungen: → Isolation, Dämmmassnahmen (5) → Freecooling/Geocooling (11)

### Welche Hinderungsgründe gibt es, dass Massnahmen nicht umgesetzt werden?

	relevant		eher relevant		neutral		eher irrelevant		irrelevant		k.A.	
<b>Zu hohe Kosten</b>	30%	58	33%	65	21%	42	11%	21	4%	8	1%	2
<b>Zu hoher baulicher Aufwand</b>	23%	45	37%	72	19%	37	17%	33	3%	6	2%	3
<b>Ungenügende Informationen über mögliche Massnahmen</b>	9%	17	24%	48	27%	52	17%	34	19%	38	4%	7
<b>Wird nicht gefordert (Norm, Label)</b>	9%	18	19%	38	27%	53	18%	35	22%	44	4%	8
<b>Wirtschaftliches Potential dieser Massnahmen nicht erkennbar</b>	10%	20	28%	55	30%	59	17%	33	13%	26	2%	3
<b>Störende Renovierungsarbeiten für die BewohnerInnen</b>	5%	9	17%	33	23%	46	22%	44	28%	54	5%	10

Weitere Nennungen: Uneinigkeiten zw. den Parteien, Denkmalschutz, fehlendes Wissen

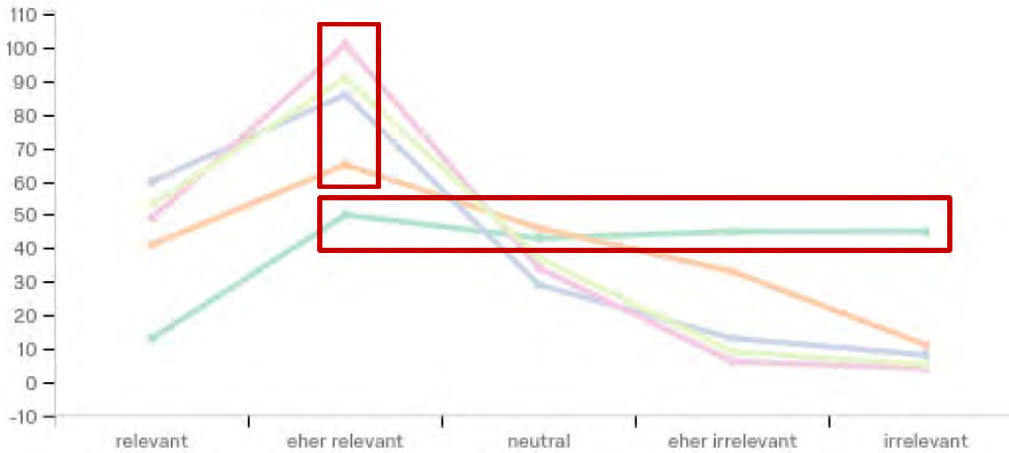
Was kann sich positiv auf die Umsetzung von Massnahmen auswirken?

	relevant		eher relevant		neutral		eher irrelevant		irrelevant		k.A.	
Zertifizierung durch ein Label	7%	13	26%	50	22%	43	23%	45	23%	45	0%	0
Gesetzliche Verankerung	21%	41	33%	65	23%	46	17%	33	6%	11	0%	0
(Finanzielle) Förderung durch Bund/Kanton/Gemeinde	31%	60	44%	86	15%	29	7%	13	4%	8	0%	0
Mehr Informationen über die Vorteile vom Massnahmen	25%	49	52%	101	17%	34	3%	6	2%	4	1%	2
Mehr Informationen über das wirtschaftliche Potential von Massnahmen	27%	53	46%	91	19%	37	5%	9	3%	5	1%	1

■ Zu hoher baulicher Aufwand

■ wirtschaftliches Potential dieser Massnahmen nicht erkennbar

Was kann sich positiv auf die Umsetzung von Massnahmen auswirken?



■ Zertifizierung durch ein Label

■ Mehr Informationen über die Vorteile von Massnahmen

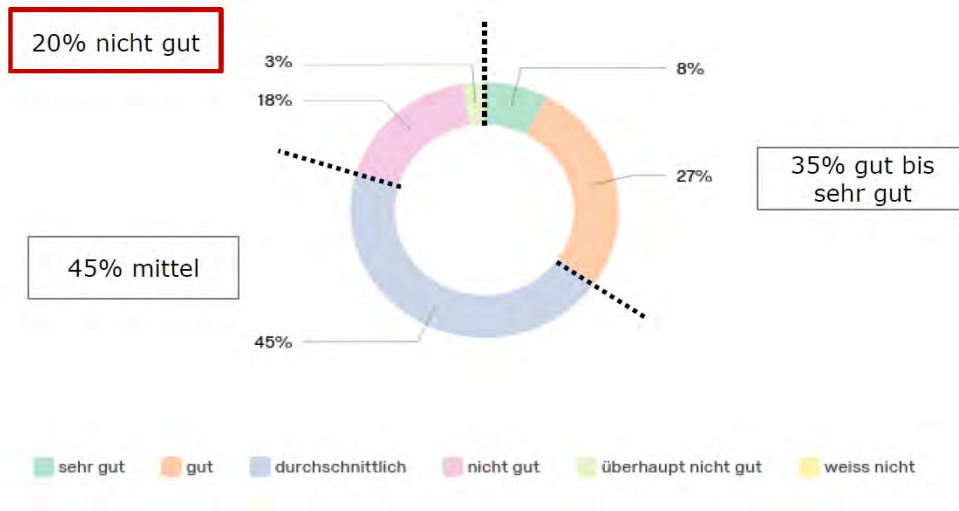
■ Gesetzliche Verankerung

■ Mehr Informationen über das wirtschaftliche Potential von Massnahmen

■ (Finanzielle) Förderung durch Bund / Kanton / Gemeinde

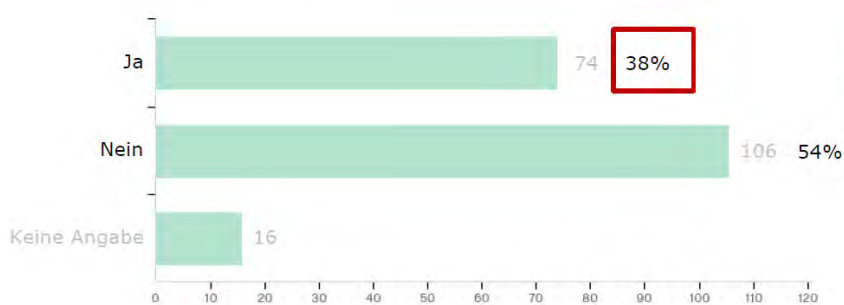
### Einschätzung der Wohnqualität

**Wie würden Sie die Wohnqualität der Wohngebäude und Wohnungen des Unternehmens, in dem Sie arbeiten, im Hinblick auf die in Zukunft häufiger auftretenden Hitzetage beurteilen?**



**Ist Ihnen aufgefallen, dass BewohnerInnen eigene Massnahmen zur Vermeidung von zu hohen Innenraumtemperaturen ergriffen haben?**

**Gab es seitens der BewohnerInnen bereits Beschwerden, Rückmeldungen, etc. bezüglich zu hohen Innenraumtemperaturen?**



Trotz «guter» Wohnqualität kam es zu Beschwerden von BewohnerInnen.

Wo?

→ 40% bei Gebäuden mit Baujahr ab 2001

→ 57% bei Gebäuden mit Baujahr vor 2001 (insbesondere DG)

## **Teil B - Auswertung nach Zielgruppe**

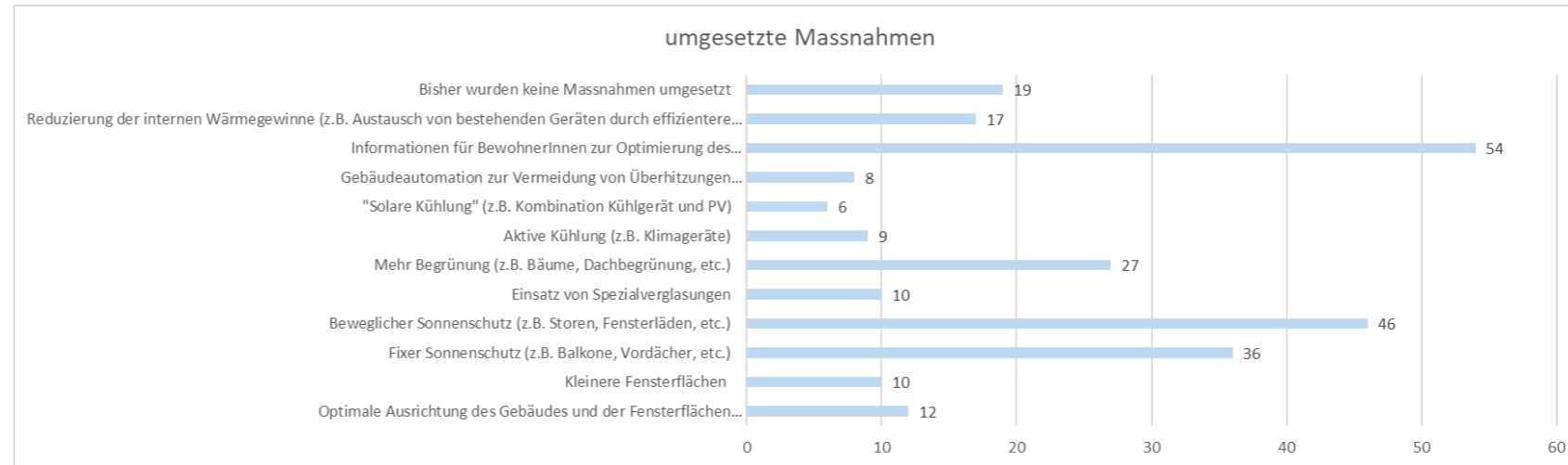
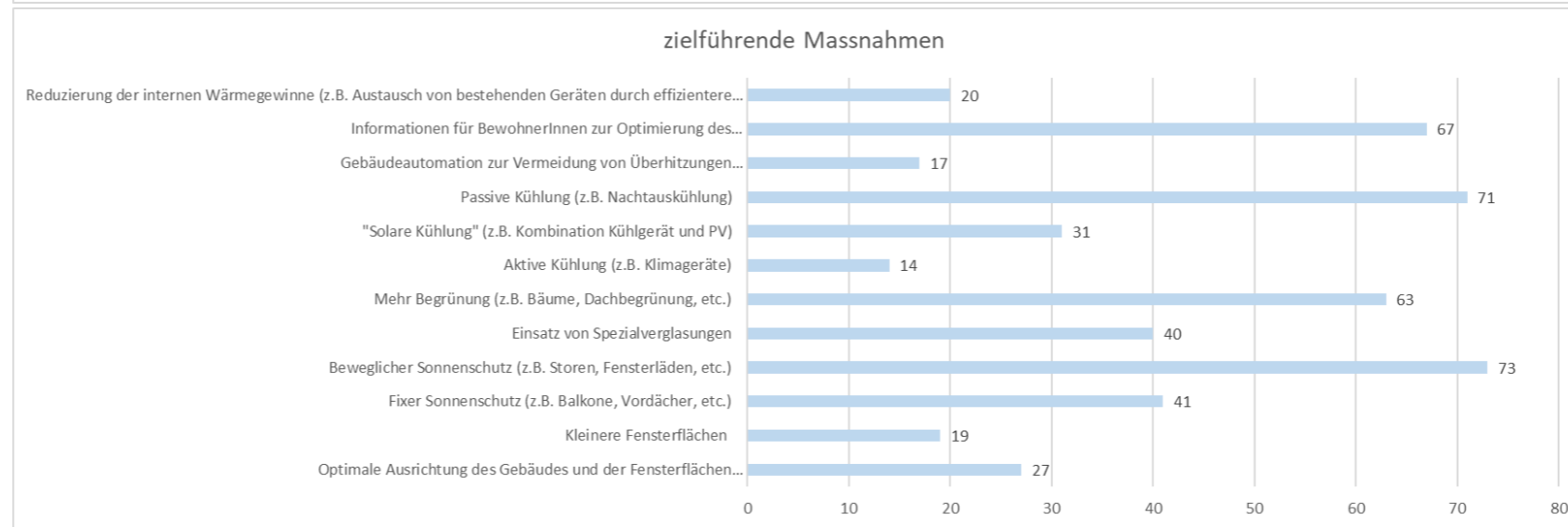
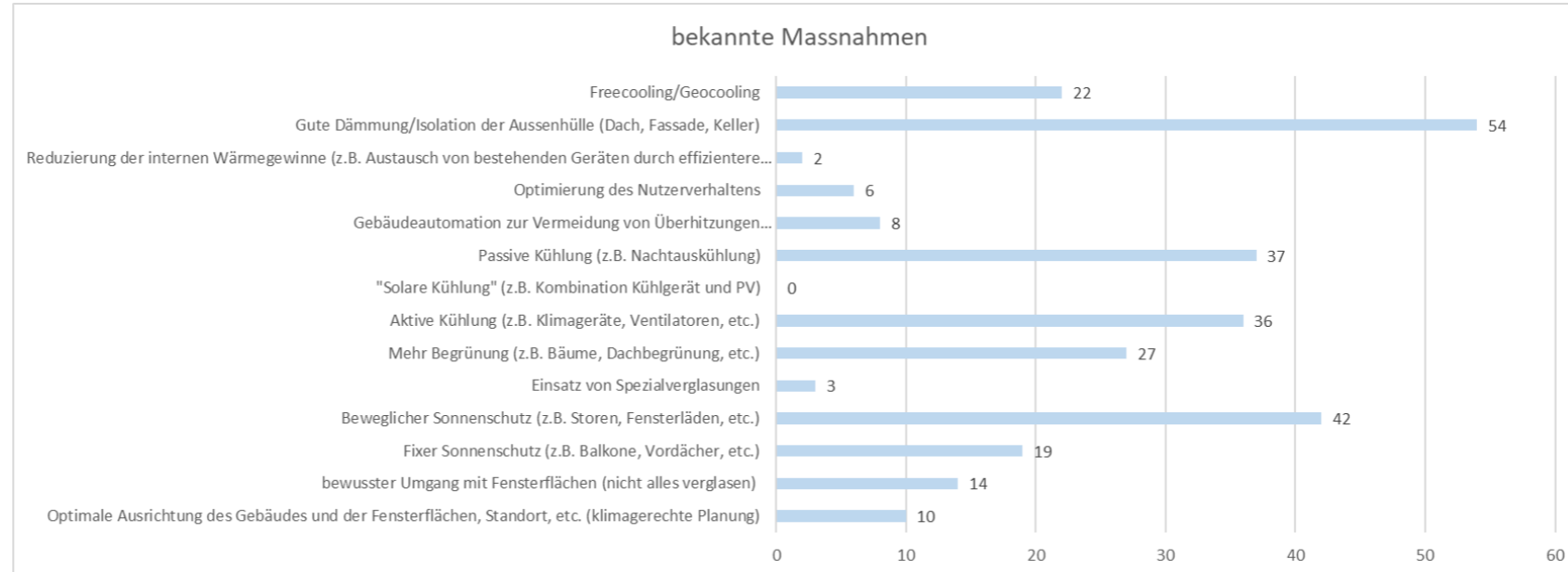
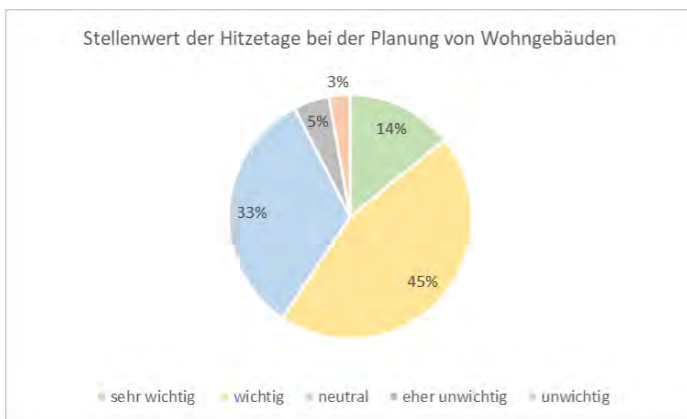
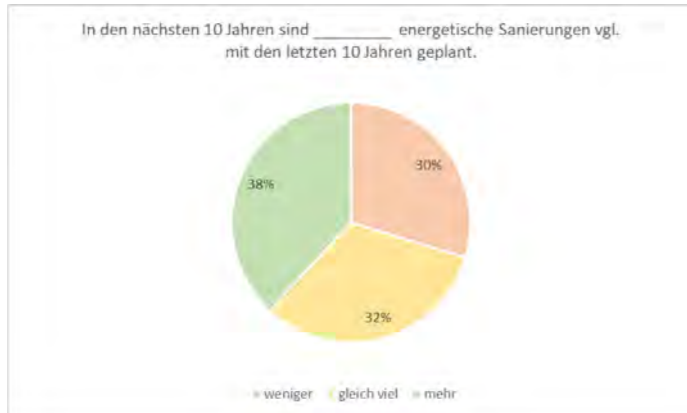
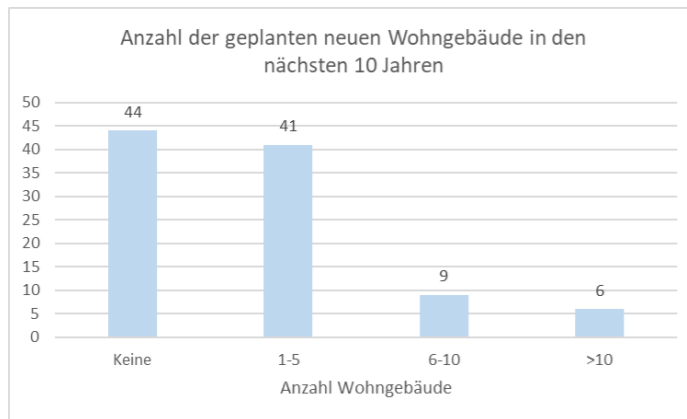
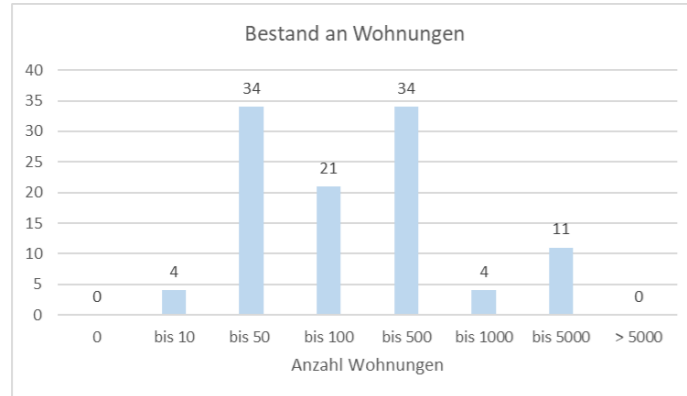
Nachfolgend sind die wichtigsten Erkenntnisse aus der Umfrage für die Vertreter

- der Wohnbaugenossenschaften
- der Immobilienunternehmen sowie
- der Institutionellen Anleger (u.a. Versicherungen, Pensionskassen und Finanzinstitute/Banken)

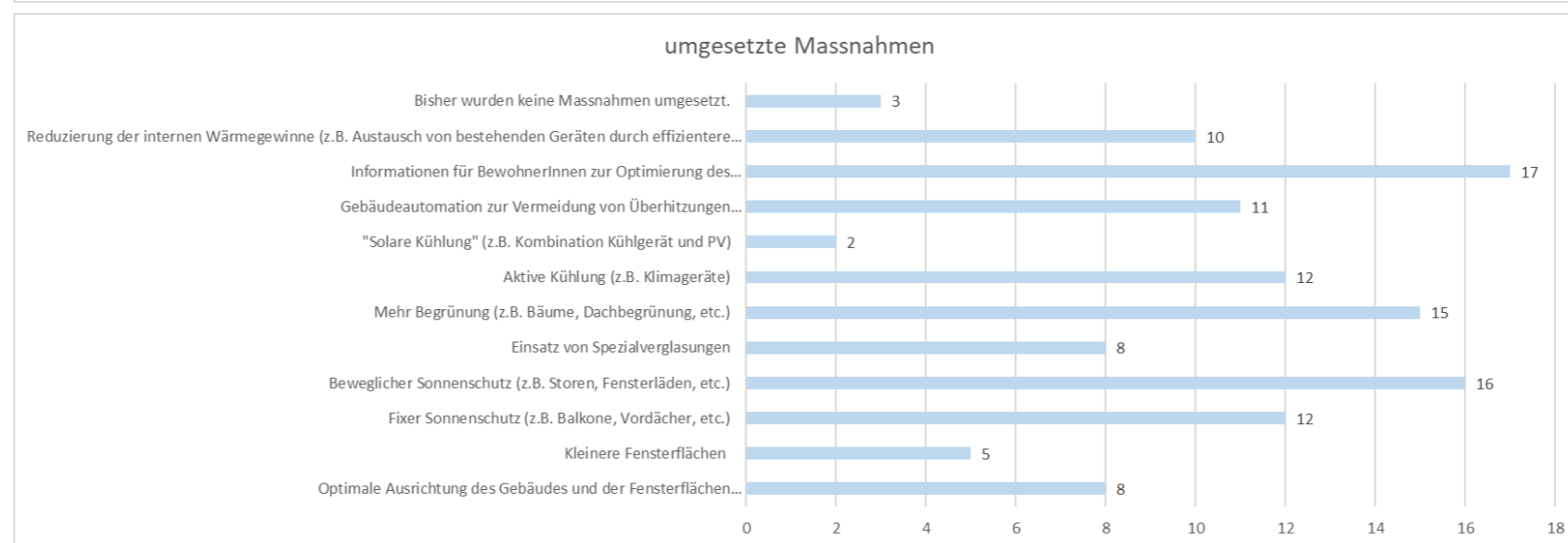
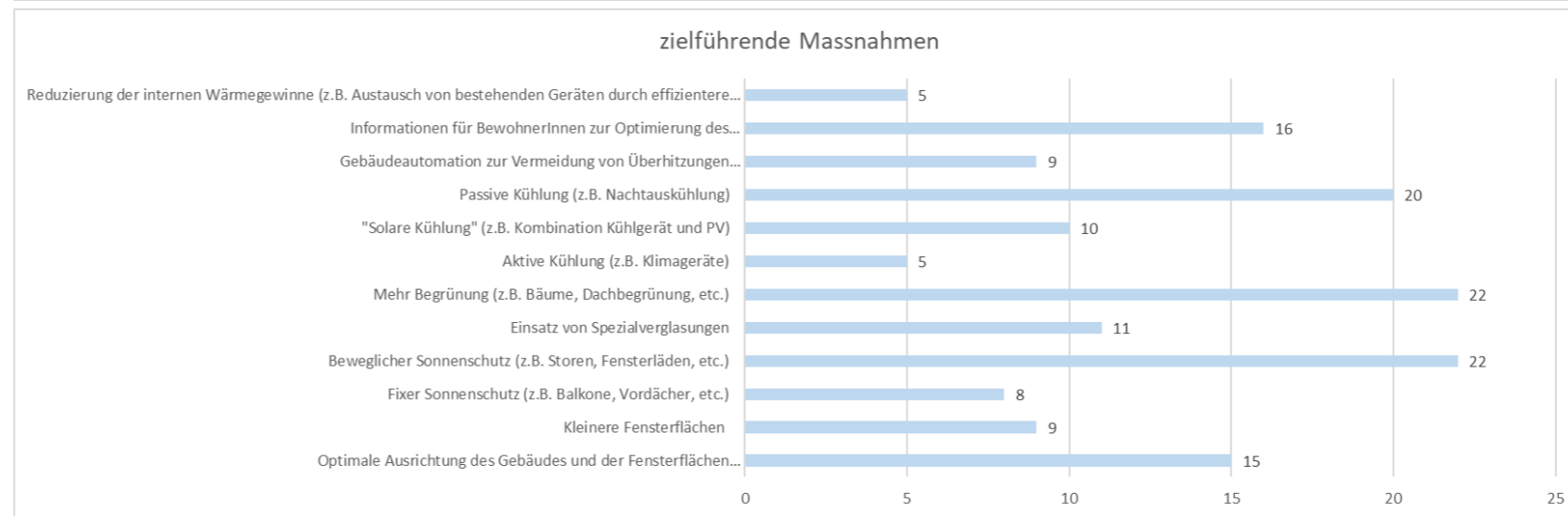
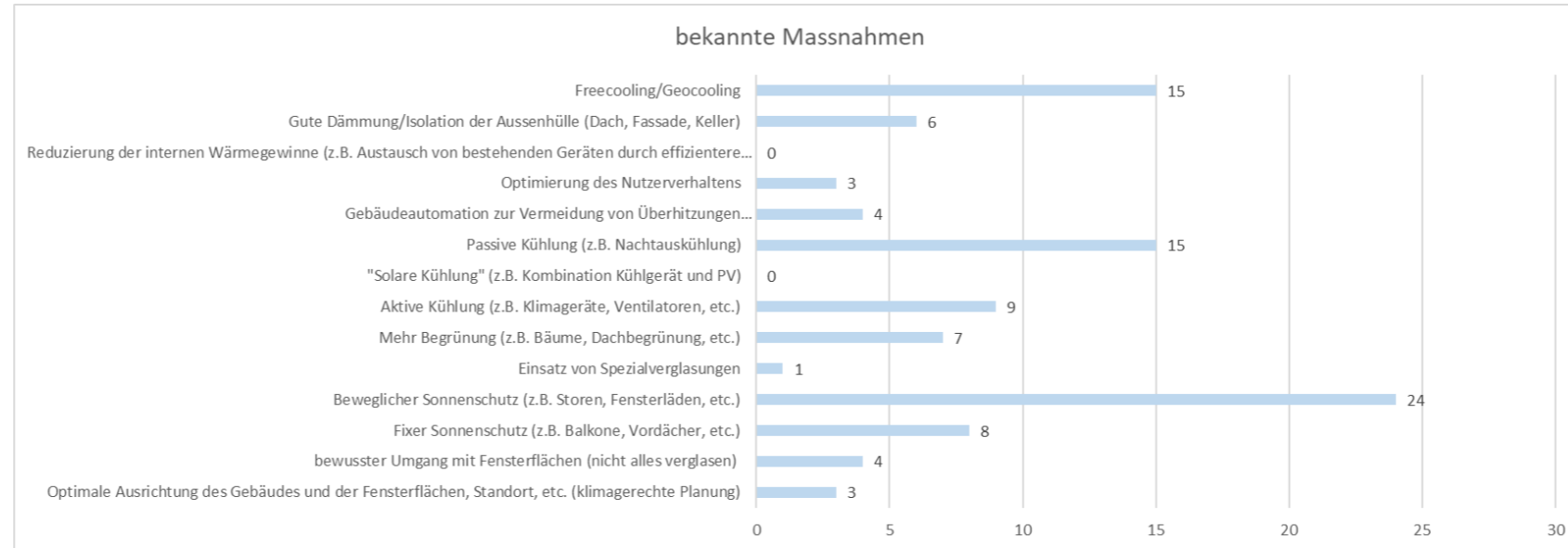
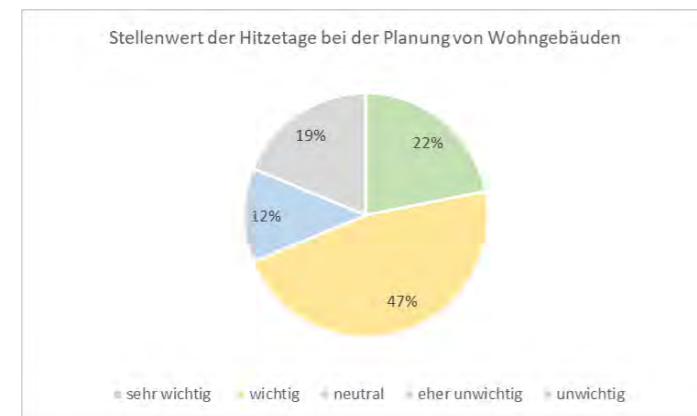
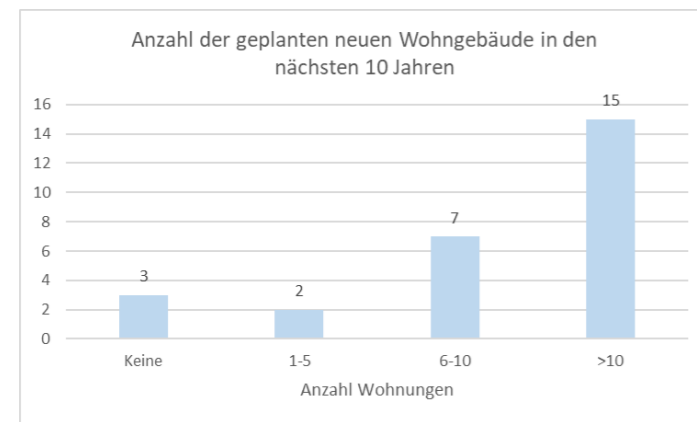
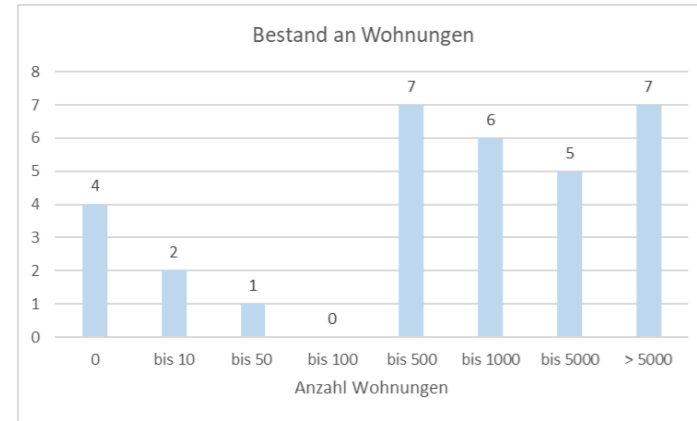
aufbereitete.



**Wohnbaugenossenschaften (n=108)**

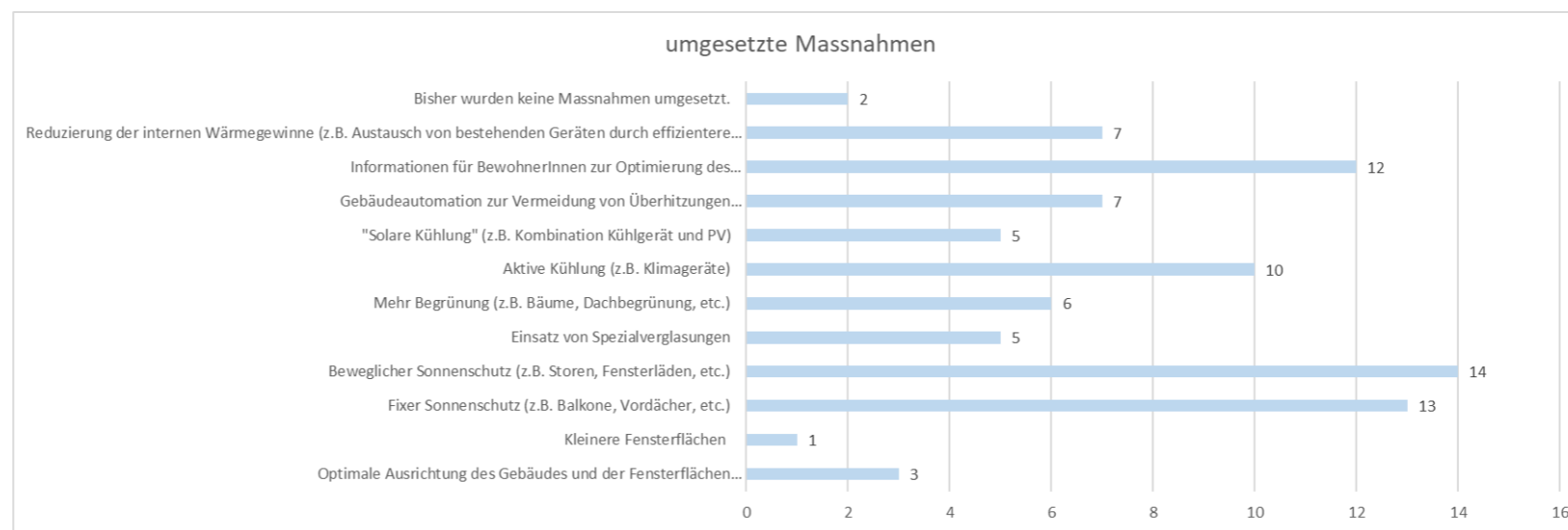
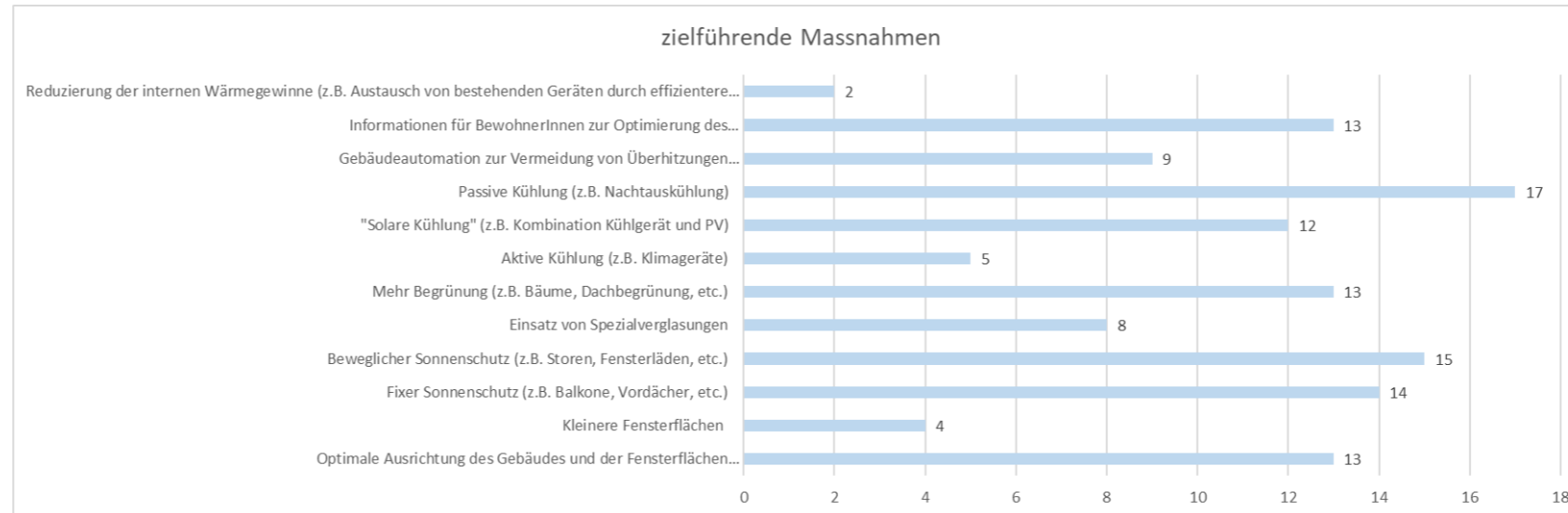
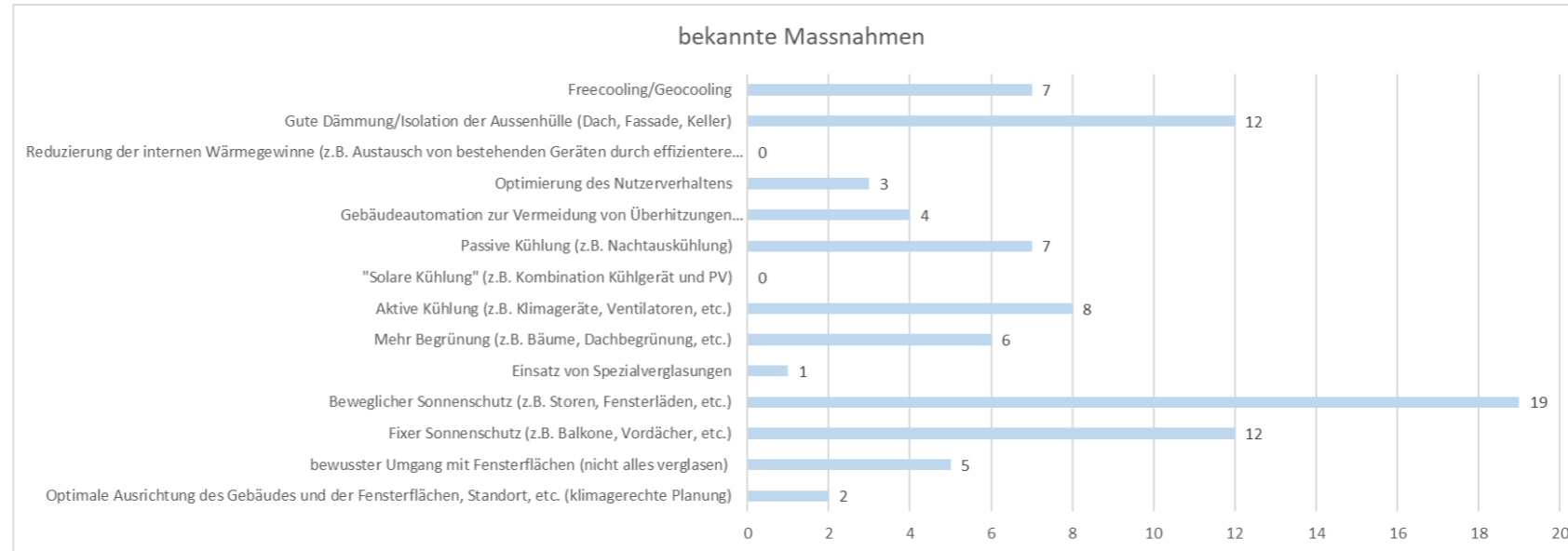
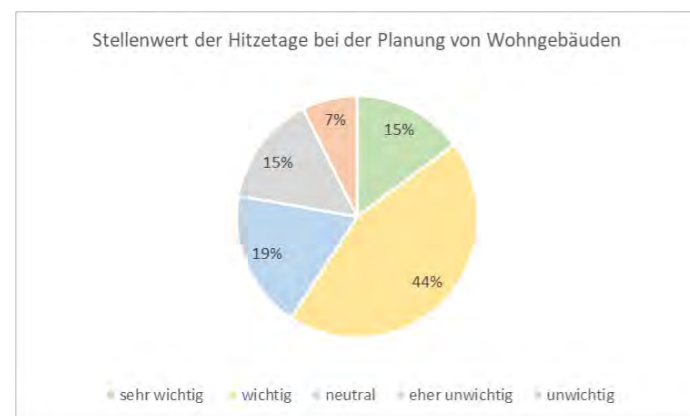
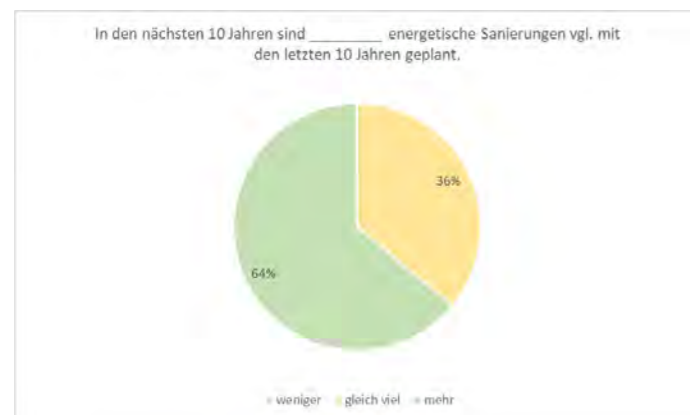
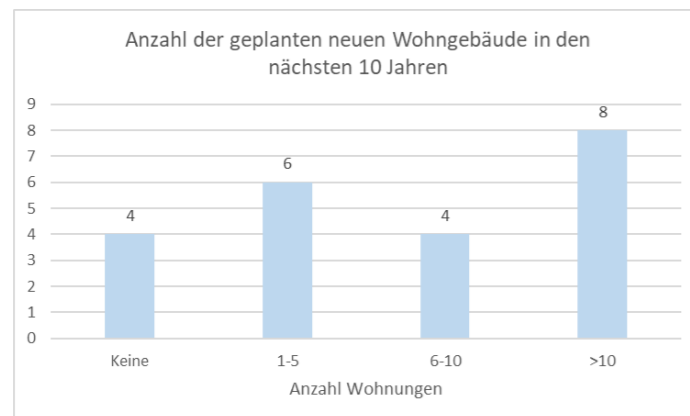
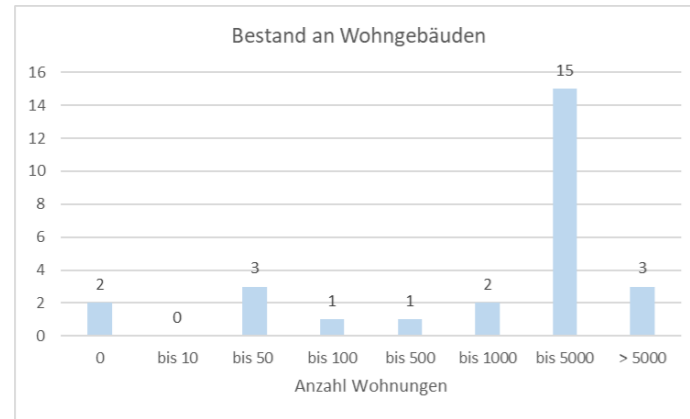


Immobilienunternehmen (n=32)

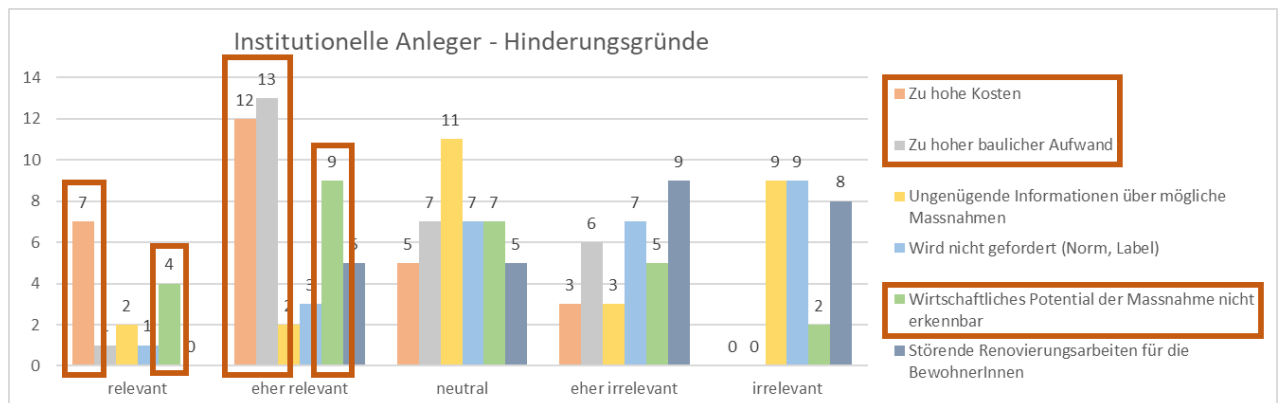
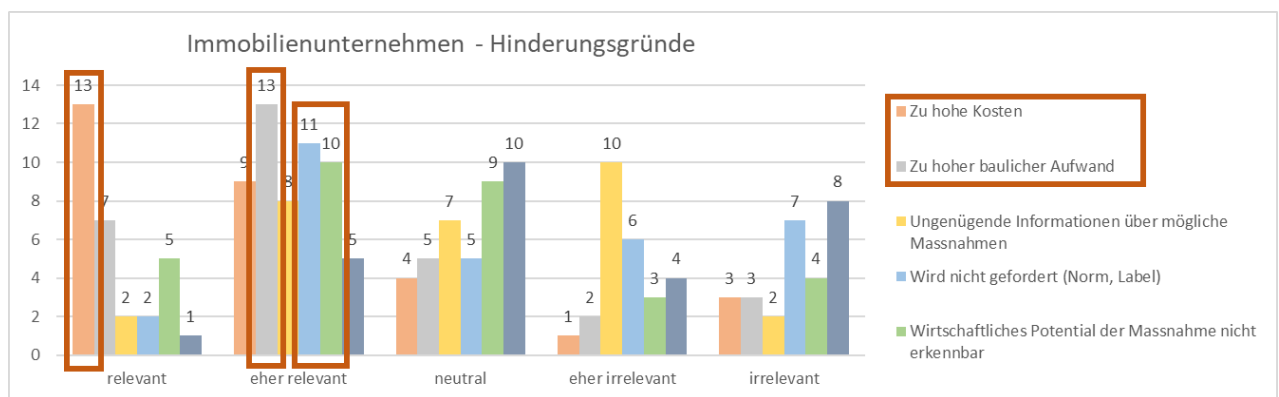
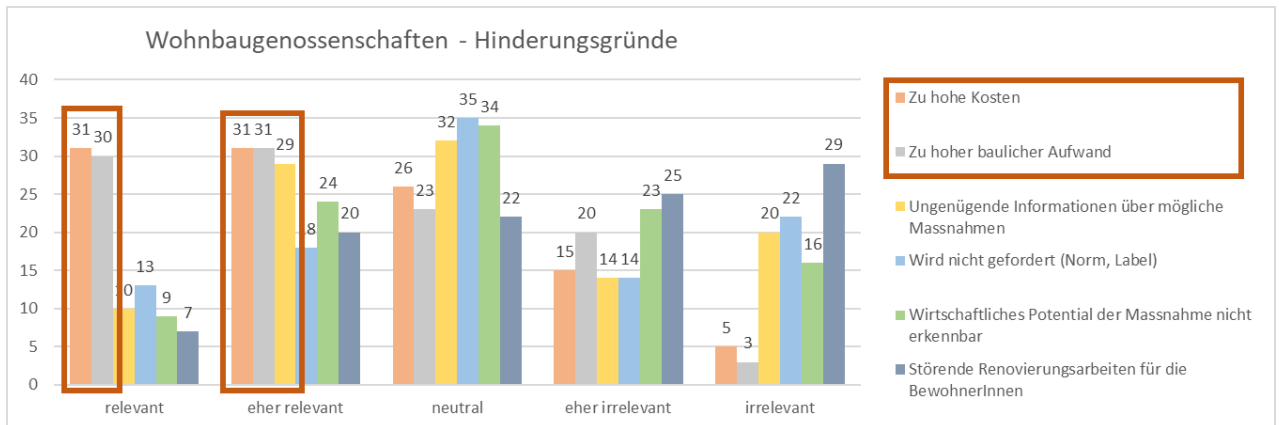




Institutionelle Anleger (n=27)



### Hinderungsgründe



Hinderungsgründe	Auswahl: relevant bis eher relevant		
	Wohnbaugenossenschaften	Immobilienunternehmen	Institutionelle Anleger
Zu hohe Kosten	57%	69%	70%
Zu hoher baulicher Aufwand	56%	63%	52%
Ungenügende Informationen über mögliche Massnahmen	36%	31%	15%
Wird nicht gefordert (Norm, Label)	29%	41%	15%
Wirtschaftliches Potential der Massnahme nicht erkennbar	31%	47%	48%
Störende Renovierungsarbeiten für die BewohnerInnen	25%	19%	19%

## Motivationsgründe



Motivationsgründe	Auswahl: relevant bis eher relevant		
	Wohnbaugenossenschaften	Immobilienunternehmen	Institutionelle Anleger
Zertifizierung durch ein Label	26%	31%	44%
Gesetzliche Verankerung	44%	63%	67%
(Finanzielle) Förderung durch Bund/Kanton/Gemeinde	78%	72%	59%
Mehr Informationen über die Vorteile von Massnahmen (z.B. gesteigerte Wohnqualität für die BewohnerInnen)	75%	84%	81%
Mehr Informationen über das wirtschaftliche Potential von Massnahmen (z.B. die langfristige Vermietbarkeit der Immobilie sichern)	68%	91%	74%

## 9.3 Protokoll 1. Workshop

Sitzungsdatum: 14.11.2019

Zeit: 09:15-12:30 Uhr

Teilnehmende:

Alfred Rüegg, arba / Gesewo	Andreas Stucki, BBL
Hansueli Rechsteiner, Hochbauamt SG	Joe Luthiger, NNBS
Albert Müller, Albert Müller Architektur & Beratung	Claudia Waldvogel, Frauen-WBG Bern
Claudio Menn, BFE (+Begleitgruppe)	Stefan Frei, Griesser (+Begleitgruppe)
Thomas Kessler, AHB Zürich (+Begleitgruppe)	Paul Schöni, Velux (+Begleitgruppe)
Bodo Gräbner, 4B (+Begleitgruppe)	Marvin King, Hochschule Luzern T&A
Gianrico Settembrini, Hochschule Luzern T&A	Silvia Domingo, Hochschule Luzern T&A
Janine Stampfli, Hochschule Luzern T&A	Jan Wüthrich, Hochschule Luzern T&A
Sina Büttner, Hochschule Luzern T&A	

Abwesende: -

Zur Kenntnisnahme: alle Beteiligten

### **Workshop zum Thema «Bereit für den Klimawandel? Handlungsempfehlungen für Bauherrschaften»**

Traktanden:

1. Begrüssung der Teilnehmenden	09:15-10:00 Uhr
a.) Begrüssung und Einleitung	
b.) Projektvorstellung	
Kaffeepause und Eintreffen der Begleitgruppe	10:00-10:15 Uhr
2. Präsentation der Umfrageergebnisse	10:15-10:45 Uhr
3. Denkraum	10:45-12:15 Uhr
4. Abschluss Workshop	12:15-12:30 Uhr
a.) Zusammenfassung der Ergebnisse	
b.) Abschluss, Fazit, Ausblick	
Fakultativ: Gemeinsamer Austausch inkl. Snacks	ab 12:30 Uhr

### 1. Begrüssung der Teilnehmenden

Präsentation durch Gianrico Settembrini über den Hintergrund des Projekts.

### 2. Präsentation der Umfrageergebnisse

Präsentation durch Sina Büttner und Janine Stampfli über die zentralen Ergebnisse der Umfrage.

### 3. Denkraum

Im Rahmen des Workshops wurden folgende Denkräume diskutiert:

- Denkraum 1: Hitzetage als Planungsparameter
- Denkraum 2: Nutzerverhalten
- Denkraum 3: Fokus der Handlungsempfehlungen
- Denkraum 4: Hinderungs- & Motivationsgründe
- Denkraum 5: Format & Informationskanäle

Da es bei der Besprechung der fünf Denkräume Überschneidungen gab, wurden die zentralen Diskussionspunkte in fünf Themenbereiche aufgliedert. Diese sind nachfolgend zusammengefasst.

#### **I. Zielgruppe**

- Eigentümer-Segmentierung, da sie unterschiedlich angesprochen werden müssen:
  - o Private: z.B. via Komfort
  - o Wohnbaugenossenschaften: z.B. Eigenverantwortung, Gemeinwohl
  - o Professionelle Investoren: z.B. Rendite, Risiken, Beschwerden, Fluktuation, der Hebel ist das Geld
  - o Öffentliche Hand: z.B. Anreizsystem, Gemeinden, Politik
- Eigentümer sind an nachhaltigen Lösungen interessiert (Lebenszyklusbetrachtung), wohingegen es «Tradern» und «Entwicklern» rein um die monetären Aspekte geht (z.B. die Differenz zwischen Aufwand und Ertrag) --> Wie kann man sicherstellen, dass sie in «gute» Wohngebäude investieren und langfristiger denken (z.B. durch mehr Informationen)? Moderationsproblem, nicht Kapitalproblem; Sensibilisierung der institutionellen Investoren
- BIM / Performance Gap (geplant versus umgesetzt)
- Informationen für Eigentümer und Nutzer werden als besonders zielführend angesehen, da es für diese Zielgruppe bisher kaum Empfehlungen gibt

- Immobilien-Versicherungen haben eine langfristige Betrachtung

## II. Inhalt

- Wissen vorhanden:
  - o Lernen von traditionellen Gebäuden aus dem Süden
  - o Erkenntnisse des abgeschlossenen HSLU-Projekts «Klima als Entwurfaktor»
- Tool/Wegleitung zur ehrlichen Selbst-Diagnose/Selbsteinschätzung via 5-Punkte-Plan über die Klimatauglichkeit eines Bestandbaus durch den Eigentümer und des Nutzerverhaltens durch den Bewohner:
  - o Sensibilisierung des Nutzers zum Potential, zur Relevanz und zur Eigenverantwortung, da sie sonst oft Klimageräte anschaffen --> Hilfestellungen entwickeln; Akzeptanz generieren (z.B. Verständnis, Kommunikation und Einflussnahme); v.a. bei Altbau und Denkmalschutz
  - o Sensibilisierung des Eigentümers, dass die bauliche Basis (z.B. Sonnenschutz) gegeben sein muss, damit der Mieter sie auch nutzen kann; in der frühen Phase ist der Hebel am grössten (Eigentümer kann/soll Einfluss auf Architekten nehmen) und erst später kommt der Nutzer
- Kommunikation zwischen Bauherrschaften und Nutzern unterstützen
- Einfache Lösungen für Bestandsbauten nötig, da diese den Grossteil ausmachen
- Lebenszyklus/gesamtheitliche Betrachtung, d.h. «und» statt «versus» (z.B. Ökonomie und Ökologie)
- Nachrüsten bei Bestandsbauten und Low-Tech-Ansatz bei Neubauten (Verantwortung liegt beim Architekten), d.h. unterschiedliche Möglichkeiten und Vorgehensweise bei Neu- und Altbau
- Allgemein: 1. Priorität ist Low-Tech; wenn nicht möglich: High-Tech-Lösungen; es braucht aber wahrscheinlich beides
- Zukünftige Technologien / Automatisierung in Betracht ziehen, z.B. variable Gläser; allerdings ist dies eine momentan noch teure High-Tech-Lösung
- Gesamtheitliche Betrachtung eines Gebäudes, z.B. schlechter Hitzeschutz könnte auf gleichzeitige akustische Probleme deuten
- Ansatz «Hitze nicht ins Gebäude lassen» versus Ansatz «Hitze aus dem Gebäude kriegen»

## III. Format

- Synergien mit dem laufenden HSLU Projekt «Gebrauchsanweisung fürs Gebäude» nutzen
- Komfort/Behaglichkeitsausweis zusätzlich zum Gebäudeenergieausweis (GEAK) --> Kann/soll ein solches Rating dort eingebaut werden? Oder in ein anderes Tool? Ein solcher Ausweis könnte auch die Motivation der institutionellen Investoren erhöhen, langfristig zu denken (z.B. Ist das Gebäude «klimafit»? Wenn nicht --> Risiko)
- Handlungsempfehlungen auf den Bedarf ausrichten, z.B. via Flussdiagramm
- Idee eines Hitzelabels, damit der zukünftige Mieter die Hitzetauglichkeit der Wohnung schnell erkennen kann
- Aufführen der Anzahl Hitzetage analog zu einer Nebenkostenabrechnung
- Heizkostencheck.ch (<https://heizkostentest.ch/>): Auch eine Art, um Infos und Tipps weiterzugeben; aufzeigen, dass eine Klimaanlage auch Energie braucht

#### IV. Kanäle

- 67% der Wohnungen sind in Privateigentum, 17% gehören Investoren; Investoren ansprechen ist dennoch effektiver, da diese Entscheide zu ganzen Portfolios und nicht zu einem einzelnen Gebäude fällen.
- Einzelne Personen sind schwierig zu erreichen; Multiplikatoren nutzen:
  - o Hauseigentümer Verband (HEV) für Bestandbauten (z.B. via Newsletter)
  - o casafair (<https://casafair.ch/>) für Bestandbauten
  - o Mieterverband (?)
  - o Architekten und Heizungsbauer
  - o Immobilienbewirtschafter (treffen z.T. Entscheidungen als ob sie Eigentümer werden)
- Massenkommunikation via Fernsehwerbung?
- Sensibilisierung bereits in Schulen, d.h. Aus- und Weiterbildung
- BFE Projekt «Kommunikationsplattform» --> Verbesserungen der Kommunikation zwischen Bauherrschaften und Nutzern; Ergebnis der Handlungsempfehlungen auf der Plattform integrieren
- Obligatorische Beratung auf lokaler / kommunaler Ebene, z.B. Energie-Coaches für andere Themen sensibilisieren (z.B. «Komfort-Berater», «Klima-Berater»?).

#### V. Weiteres

- Sind gesetzliche Vorgaben klimawandelkonform?
- Selbsteinschätzung der eigenen Gebäude eher gut
- Hürden zu Beschwerden eigentlich hoch
- Denkmalschutz: Altbauten brauchen das Verständnis der Bewohner
- Aussenraum: Grünflächenanteil erhöhen
- Farbgebung in der Aussenhülle (z.B. Dachziegel, Fensterrahmen)

#### 4. Abschluss Workshop

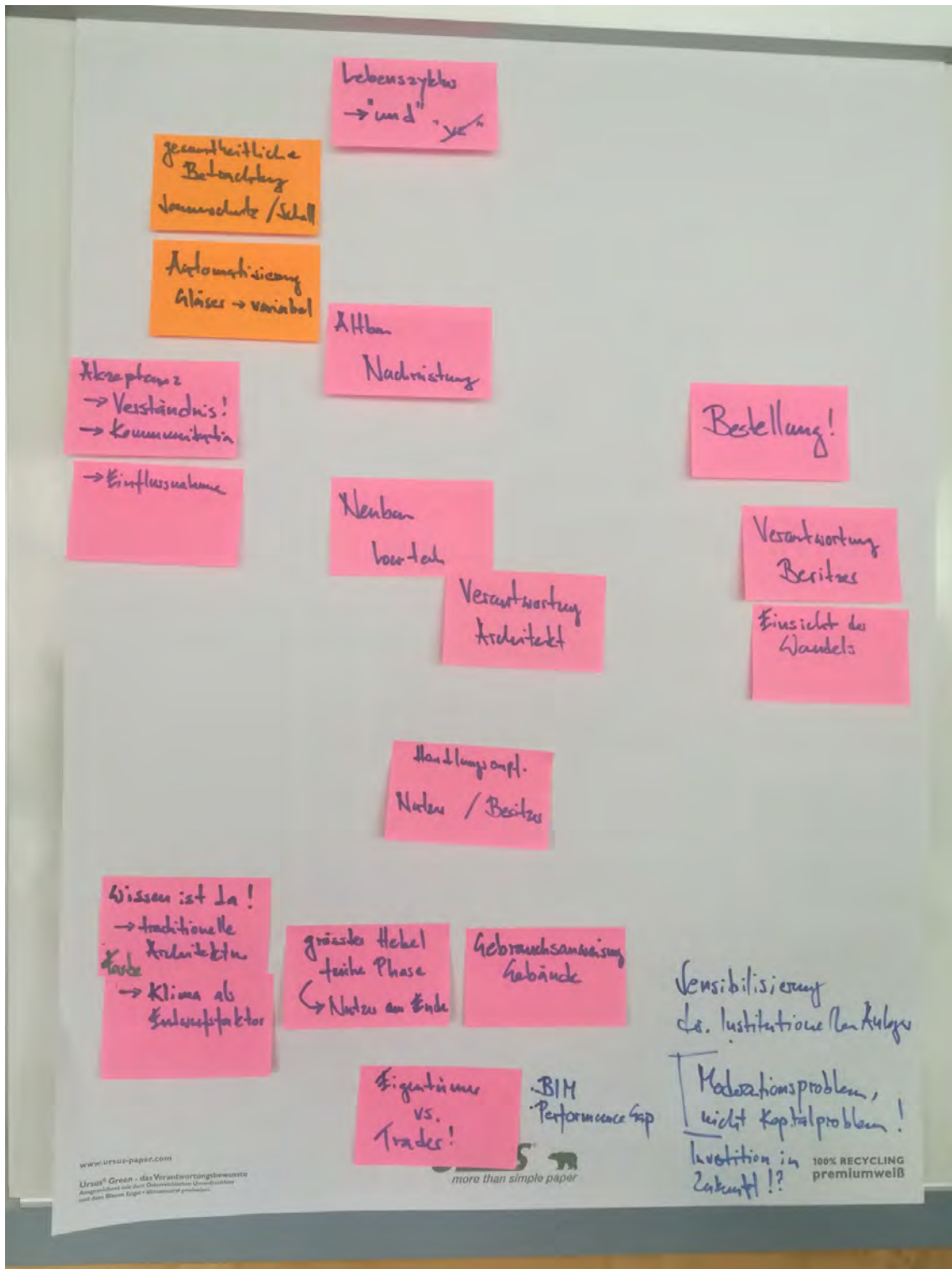
Die Teilnehmenden sind herzlich dazu eingeladen, am zweiten Workshop im April 2020 teilzunehmen.

Freundliche Grüsse

Sina Büttner / Janine Stampfli







## 9.4 Protokoll 2. Workshop

Sitzungsdatum: 07.04.2020 – 22.04.2020

Teilnehmende:

Claudio Menn, BFE (+Begleitgruppe)	Stefan Frei, Griesser (+Begleitgruppe)
Thomas Kessler, AHB Zürich (+Begleitgruppe)	Paul Schöni, Velux (+Begleitgruppe)
Bodo Gräbner, 4B (+Begleitgruppe)	Andreas Stucki, BBL
Albert Müller, Albert Müller Architektur & Beratung	Axel Seerig, Hochschule Luzern T&A
Gianrico Settembrini, Hochschule Luzern T&A	Silvia Domingo, Hochschule Luzern T&A
Janine Stampfli, Hochschule Luzern T&A	Sina Büttner, Hochschule Luzern T&A

Zur Kenntnisnahme:

Alfred Rüegg, arba / Gesewo	Hansueli Rechsteiner, Hochbauamt SG
Joe Luthiger, NNBS	Claudia Waldvogel, Frauen-WBG Bern
Marvin King, Hochschule Luzern T&A	Urs-Peter Menti, Hochschule Luzern T&A

### **Workshop 2: Bereit für den Klimawandel? Handlungsempfehlungen für Planende**

Aufgrund der ausserordentlichen Lage durch COVID-19 und dem damit verbundenen Veranstaltungsverbot seitens Bundesrat wurde der 2. Workshop in einem digitalen Format durchgeführt. Dafür wurde zum einen die Plattform «Padlet» verwendet, zum anderen wurde ein Online-Meeting mittels «Zoom» durchgeführt.

Traktanden:

1. «Padlet» – Plattform für einen digitalen Diskurs
2. Web-Konferenz mittels «Zoom»
3. Workshop 2: Fazit und Zusammenfassung der wichtigsten Erkenntnisse
4. Nächste Schritte

### 1. «Padlet» – Plattform für einen digitalen Diskurs

Sitzungsdatum: 07.04.2020 – 22.04.2020

Link: <https://padlet.com/janinestampfli/se7e38ctqqva>

Mit Hilfe der Online-Plattform «Padlet» wurde eine alternative Form zur Durchführung des 2. Workshops gewählt. «Padlet» ist eine digitale Pinnwand, wo jeder Teilnehmende frei kommentieren und Inputs geben kann. Ebenso besteht die Möglichkeit auf Kommentare direkt zu antworten und somit digital einen fortlaufenden Diskurs zu führen.

Der Link zum Padlet wurde am 7. April 2020 an alle Teilnehmenden verschickt. Seitens HSLU wurde eine Oberfläche angelegt, wo bereits erste Simulationsergebnisse zu ausgewählten Parametern dargestellt wurden:

- Parameterstudie 1: Orientierung und beweglicher Sonnenschutz
- Parameterstudie 2: Fester horizontaler Sonnenschutz (Auskragungen etc.)
- Parameterstudie 3: Fester vertikaler Sonnenschutz
- Parameterstudie 4: Kombination von festem horizontalem und vertikalem Sonnenschutz
- Parameterstudie 5: Fenstergrösse

Die Teilnehmenden hatten die Möglichkeit sich bis zum 22. April 2020 laufend an diesem digitalen Diskurs zu beteiligen.

### 2. Web-Konferenz mittels «Zoom»

Sitzungsdatum: 15.04.2020

Zeit: 16:00-17:00 Uhr

Traktanden:

1. Begrüssung
2. Projektinfo
3. Fragen und Inputs
4. Denkräume und Thesen
5. Nächste Schritte

Die HSLU wollte den Teilnehmenden mit dieser Web-Konferenz die Möglichkeit geben, allfällige Fragen zu den Parameterstudien sowie im Umgang mit dem «Padlet» in einem persönlichen Austausch zu klären.

Nach der Begrüssung der Teilnehmenden hat Gianrico Settembrini nochmal einen kurzen Überblick über die Ziele des Teilprojekts, den aktuellen Arbeitsstand sowie dem Zeitplan gegeben. Anschliessend hatten die Teilnehmenden die Möglichkeit für Fragen und Inputs zum Workshop.

Das Feedback zum Format des Workshops war insgesamt positiv. Das «Padlet» hat sich als einfach handhabbares Tool herausgestellt. Die Oberfläche hat jedoch sehr viele Informationen enthalten, was es z.T. etwas unübersichtlich gestaltet hat. Im Allgemeinen wurde aber das Ziel – einen digitalen Diskurs zu führen – erreicht.

In einer Diskussionsrunde wurden die Fragen der Teilnehmenden zu den Simulationsergebnissen gemeinsam besprochen. Anschliessend hat Janine Stampfli von der HSLU noch ein kurzes Input-Referat zum Thema «Tageslicht» gehalten, da im «Padlet» diesbezüglich die häufigsten Fragen gestellt wurden.

### 3. Workshop 2: Fazit und Zusammenfassung der wichtigsten Erkenntnisse

Mit Hilfe des «Padlets» sowie dem Online-Meeting konnte ein spannender Austausch zwischen der Forschung und der Praxis geführt werden. Nachfolgend sind die wichtigsten Erkenntnisse zusammengefasst:

- Der Zusammenhang zur Studie «ClimaBau» wurde von einigen Teilnehmenden vermisst. Das aktuelle Projekt sollte auf dem bereits vorhandenen Wissen zum Thema «Klimawandel» aufbauen. Für die Simulationen soll die gleiche Datengrundlage verwendet werden.
- Eine Darstellung der Simulationsergebnisse für Heizwärme, Klimakälte und Beleuchtung sollte auch auf Stufe Endenergie über das gesamte Jahr erfolgen. Ebenso sollten die Überhitzungsstunden dargestellt werden.
- Die Simulationen werden mit IDA-ICE durchgeführt. Die thermischen Simulationen können somit problemlos erfolgen. Für die Tageslichtbetrachtung ist das Programm jedoch nicht optimal. Hier gilt es noch zu klären, wie die Vergleichbarkeit – insbesondere bzgl. den Anforderungen der Tageslichtnorm – gewährleistet werden kann oder ob evtl. ein zweites Tool in Betracht gezogen werden sollte.
- Die Beurteilung des Tageslichts erfolgt anhand der Kriterien der neuen Norm SN EN 17037:2019. Jedoch gibt es einige offene Fragen, welche nicht in der Norm beschrieben sind (bspw.: Welchen Einfluss hat ein beweglicher Sonnenschutz auf die Aussicht?). Diesbezüglich werden z.T. eigene ergänzende Annahmen/Anforderungen definiert.

### 4. Nächste Schritte

Ziel des 2. Workshops war es, die Parameter und Kriterien für die anschliessenden Simulationen gemeinsam mit den Teilnehmenden zu evaluieren. Dazu wurden bereits erste Ergebnisse aus den Parameterstudien im «Padlet» dargestellt und diskutiert.

Auf Grundlage dieser Erkenntnisse werden die Parameterstudien weitergeführt, die Ergebnisse analysiert und die Resultate in Form von Handlungsempfehlungen für Architekten und Planende aufbereitet.

Freundliche Grüsse

Sina Büttner

**Anhang:** «Padlet»-Oberfläche (Screenshot)







**Parameter: fester vertikaler und horizontaler Sonnenschutz**  
 Welchen Einfluss hat die Kombination von festem vertikalen und horizontalen Sonnenschutzelementen auf den Energiebedarf und die Tageslichtversorgung im Gebäude?

Zone 1  
 Fensterfläche: 4,44 m<sup>2</sup>  
 Fassadenfläche: 10,6 m<sup>2</sup>  
 Bodenfläche: 16,7 m<sup>2</sup>

Fenster vertikaler und horizontaler Sonnenschutz:  
 • Tiefe = 0,5 m  
 • Linke Seite des Fensters (Nordfenster; West)

	Heutiges warmes Jahr (2003)			Zukünftiges warmes Jahr (Periode 2040-2074)		
	Heizwärmebedarf (kWh)	Klimakältebedarf (kWh)	Strombedarf für Licht (kWh)	Heizwärmebedarf (kWh)	Klimakältebedarf (kWh)	Strombedarf für Licht (kWh)
<b>Mit Sonnenschutz</b>						
Süd	112,9	345,7	46,2	89%	108%	100%
West	239	444,4	47,8	93%	123%	100%
Nord	252,9	323,9	46	94%	116%	99%
Ost	219,3	330,3	44,6	96%	126%	99%
<b>Vertikaler und horizontaler Sonnenschutz</b>						
Süd	113%	86%	104%	107%	78%	103%
West	113%	92%	103%	96%	111%	103%
Nord	100%	94%	103%	92%	112%	103%
Ost	110%	83%	102%	95%	106%	102%

Vertikaler und horizontaler Sonnenschutz, mit zuz. beweglicher Sonnenschutz

	Heutiges warmes Jahr (2003)		
	Tageslichtversorgung	Aussicht	Besonnungsdauer
<b>Originalgröße, mit Sonnenschutz</b>			
Süd	Mittel	Mittel	Hoch (7:00)
West	Mittel	Mittel	Hoch (4:15)
Nord	Mittel	Mittel	Gering (0:30)
Ost	Mittel	Mittel	Hoch (4:30)
<b>Vertikaler Sonnenschutz</b>			
Süd	Mittel	Mittel	Hoch (6:45)
West	Mittel	Mittel	Hoch (4:15)
Nord	Mittel	Mittel	Gering (0:30)
Ost	Mittel	Mittel	Hoch (4:30)

**Bildliche Illustration**  
 Für einen Schlussbericht wäre eine bildliche Illustration aus der Praxis wünschenswert.

**Variante mit schmalen Fenstern und grösserer Leibungstiefe**  
 Um den Einfluss seitlicher Verschattung praxisgerecht aufzuzeigen, schlage ich vor, die Fenstergeometrie und die Leibungstiefe zu variieren. Als Variante also z.B. die Aufteilung der Fensterfläche auf zwei oder drei schmalere Fenster mit grösserer Leibungstiefe.

**Erkenntnis (1)**  
 Die Erkenntnis kann als Ausgangslage für den Parameter "Transparenzgrad" dienen. Diese (provisori) innen angeschlagene Fenster sind in Zukunft zu empfehlen.

**Parameter: Fenstergröße**  
 Welchen Einfluss hat die Fenstergröße auf den Energiebedarf und die Tageslichtversorgung im Gebäude?

Zone 1  
 Fensterfläche: 4,44 m<sup>2</sup>  
 Fassadenfläche: 10,6 m<sup>2</sup>  
 Bodenfläche: 16,7 m<sup>2</sup>

Fenster um 50% (in der Breite) verkleinert

	Heutiges warmes Referenzjahr (2003)			Zukünftiges warmes Jahr (Periode 2040-2074)		
	Heizwärmebedarf (kWh)	Klimakältebedarf (kWh)	Strombedarf für Licht (kWh)	Heizwärmebedarf (kWh)	Klimakältebedarf (kWh)	Strombedarf für Licht (kWh)
<b>Originalgröße, mit Sonnenschutz</b>						
Süd	112,9	345,7	46,2	89%	108%	100%
West	239	444,4	47,8	93%	123%	100%
Nord	252,9	323,9	46	94%	116%	99%
Ost	219,3	330,3	44,6	96%	126%	99%
<b>Fenster verkleinert, mit Sonnenschutz</b>						
Süd	107%	85%	113%	94%	98%	114%
West	93%	94%	114%	79%	80%	111%
Nord	84%	83%	114%	70%	80%	112%
Ost	93%	95%	113%	78%	74%	113%

	Heutiges warmes Referenzjahr (2003)		
	Tageslichtversorgung	Aussicht	Besonnungsdauer
<b>Originalgröße, mit Sonnenschutz</b>			
Süd	Mittel	Mittel	Hoch (7:00)
West	Mittel	Mittel	Hoch (4:30)
Nord	Mittel	Mittel	Gering (0:30)
Ost	Mittel	Mittel	Hoch (4:30)
<b>Fenster verkleinert, mit Sonnenschutz</b>			
Süd	Gering	Gering	Hoch (7:00)
West	Gering	Gering	Hoch (4:30)
Nord	Gering	Gering	Gering (0:30)
Ost	Gering	Gering	Hoch (4:30)

**Erkenntnis (1)**  
 Werden die Fenster an der Ost-, West- und Nordfassade verkleinert, reduziert sich sowohl der Heizwärme- als auch der Klimakältebedarf. Wird die Fensterfläche im Süden verkleinert, reduziert sich zwar der Klimakältebedarf im Sommer, jedoch erhöht sich dadurch auch der Heizwärmebedarf im Winter, heute und in Zukunft.

**Erkenntnis (2)**  
 Wird die Fenstergröße im Süden verkleinert, kann der Klimakältebedarf am stärksten reduziert werden. Wird die Fenstergröße im Norden verkleinert, kann der Heizwärmebedarf erheblich reduziert werden. Das gilt heute und künftig, wobei die **Bedeutung der Klimakälte künftig** markant ansteigen wird.

**Erkenntnis (3)**  
 In allen Fällen führt die Reduktion der Fensterfläche zu einem Anstieg des Stromverbrauchs für die Beleuchtung.

**Erkenntnis (4)**  
 Die Verkleinerung der Fenster hat **negative Auswirkungen auf das Tageslicht**, insbesondere im Hinblick auf die Tageslichtversorgung und die Aussicht. Eine Reduktion der Fenstergröße um 50% würde die **Normvorgabe zu diesen Parametern nicht mehr garantieren**.

**Erkenntnis (2)**  
 Um Aussagen zur energetischen Optimierung machen zu können, sind wohl Gesamtenergiebilanzen (allenfalls auf Stufe Endenergie) nützlich.

**Erkenntnis (4)**  
 Ziel der Untersuchung sollte schlussendlich sein, inwiefern sich die Energiebilanz optimieren lässt ohne Reduktion der Fensterfläche. Trotzdem wäre hier interessant zu wissen, um wie viel die Fensterfläche reduziert und die Vorgaben der Norm gleichzeitig noch erfüllt werden können.

**Erkenntnis (4)**  
 Für Tageslicht ist nicht nur die Dimensionierung und Positionierung von Fenstern wichtig. Auch z.B. Balkone haben einen Einfluss auf den Einlass von Tageslicht ins Innere. Plus bei der Besonnungsdauer kommt es auf die Orientierung der Fenster an.

**Weitere Parameter?**  
 Sind Sie daran interessiert, den Einfluss eines bestimmten Parameters zu kennen? Welcher Parameter?

**Thomas Kestler**  
 Weitere wichtige Parameter wären die **Wärmespeicherfähigkeit** und das  **Lüftungsverhalten** (vor allem mit/ohne Nachlüftung)

**pauschaler**  
 Welche Fenster- und Glaswerte wurden für dieses aktuelle Beispiel eingesetzt. Uw, Ug, g und tv. Wurde die Fensterausrichtung (Orientierung) berücksichtigt. Bringen individuell angepasste Werte eine messbare Veränderung der Resultate.



## 9.5 VELUX Daylight Visualizer

Für diese Simulationen wurden die gleichen Annahmen wie bei den IDA-ICE Simulationen verwendet. Abbildung 91 zeigt eine Modellansicht im VELUX Daylight Visualizer. Abbildung 92 zeigt die Falschfarben-Darstellung der Tageslichtquotienten im ganzen Raum. Tabelle 39 zeigt einen Überblick der Falschfarben-Darstellung der Tageslichtquotienten mit unterschiedlicher Rendering-Qualitäten der Bezugsebene.

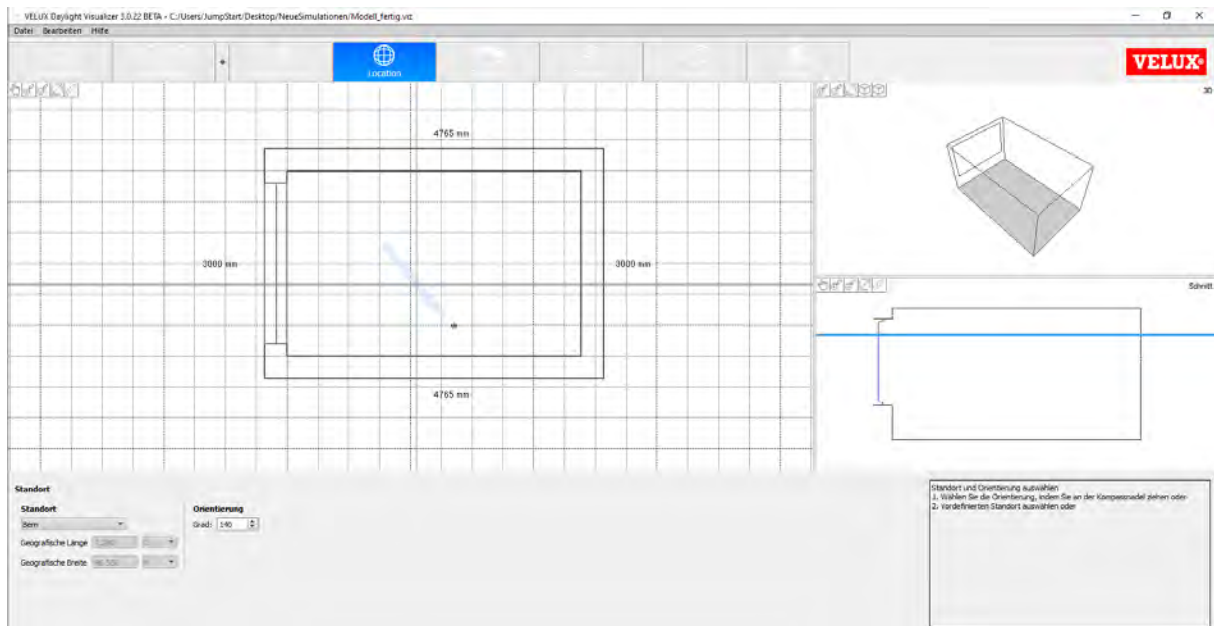


Abbildung 91: Modellansicht im VELUX Daylight Visualizer

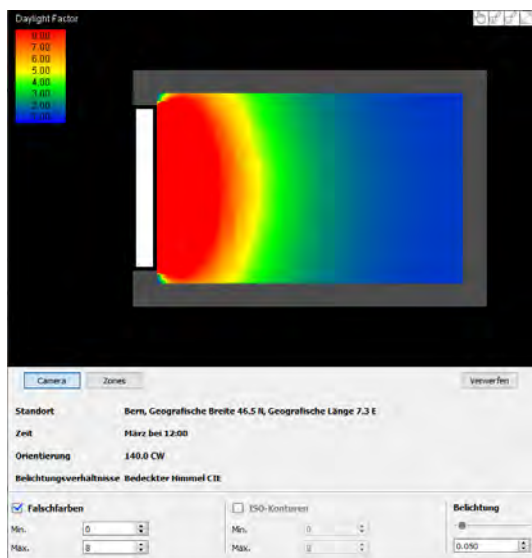
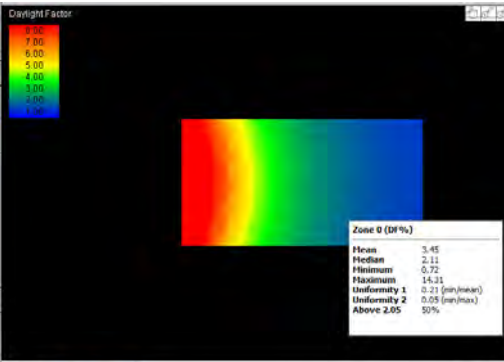
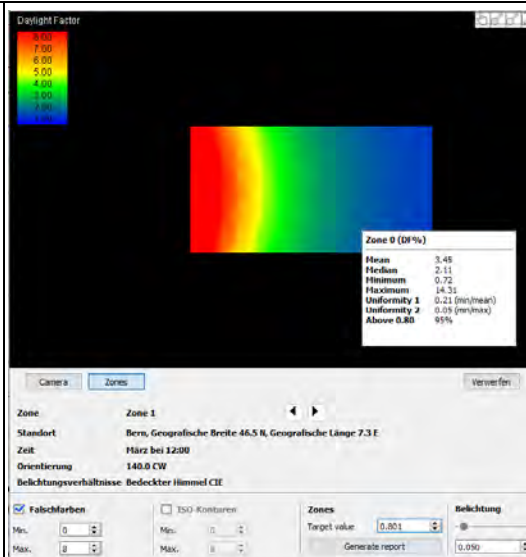


Abbildung 92: VELUX Daylight Visualizer Falschfarben-Darstellung der Tageslichtquotienten

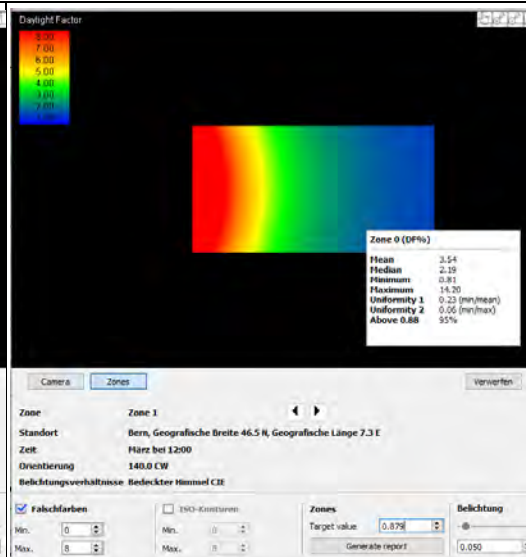
Tabelle 39: VELUX Daylight Visualizer Falschfarben-Darstellung der Tageslichtquotienten mit unterschiedlicher Rendering-Qualitäten

	Niedrige Rendering-Qualität	Mittlere Rendering-Qualität	Hohe Rendering-Qualität
50% der Bezugsebene	 <p>Zone 0 (Df%)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mean: 3.45</li> <li>Median: 2.11</li> <li>Minimum: 0.72</li> <li>Maximum: 14.31</li> <li>Uniformity 1: 0.21 (min/mean)</li> <li>Uniformity 2: 0.05 (min/max)</li> <li>Above 2.05: 50%</li> </ul>	 <p>Zone 0 (Df%)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mean: 3.14</li> <li>Median: 2.19</li> <li>Minimum: 0.83</li> <li>Maximum: 14.20</li> <li>Uniformity 1: 0.23 (min/mean)</li> <li>Uniformity 2: 0.06 (min/max)</li> <li>Above 2.13: 50%</li> </ul>	 <p>Zone 0 (Df%)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mean: 3.56</li> <li>Median: 2.19</li> <li>Minimum: 0.82</li> <li>Maximum: 14.44</li> <li>Uniformity 1: 0.23 (min/mean)</li> <li>Uniformity 2: 0.06 (min/max)</li> <li>Above 2.13: 50%</li> </ul>
	<p>→ Tageslichtquotienten über 2.048</p>	<p>→ Tageslichtquotienten über 2.127</p>	<p>→ Tageslichtquotienten über 2.113.</p>

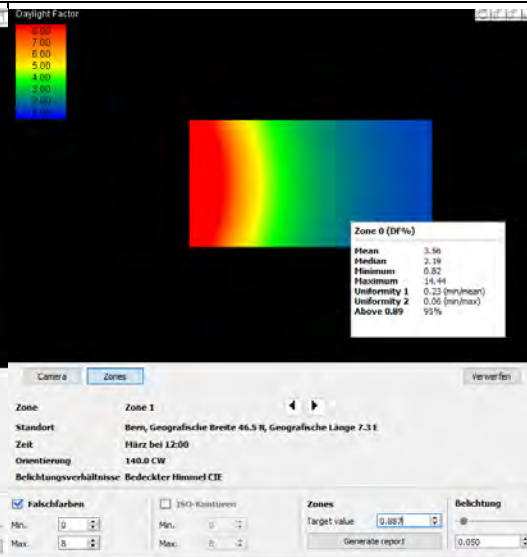
95% der Bezugsebene



→ Tageslichtquotienten über 0.801

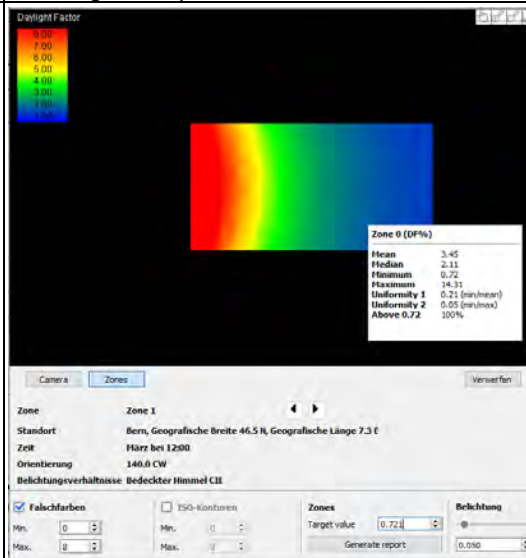


→ Tageslichtquotienten über 0.879

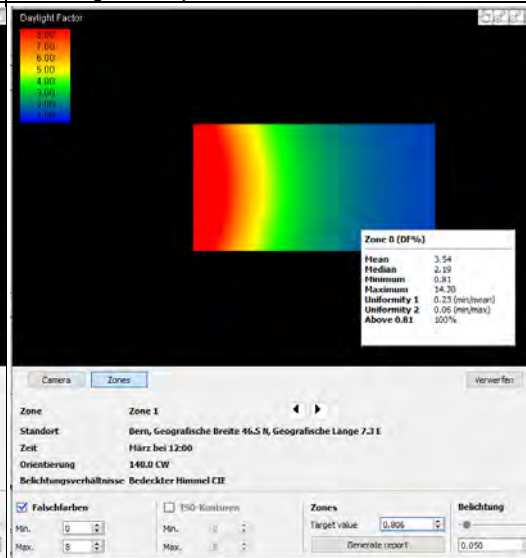


→ Tageslichtquotienten über 0.887

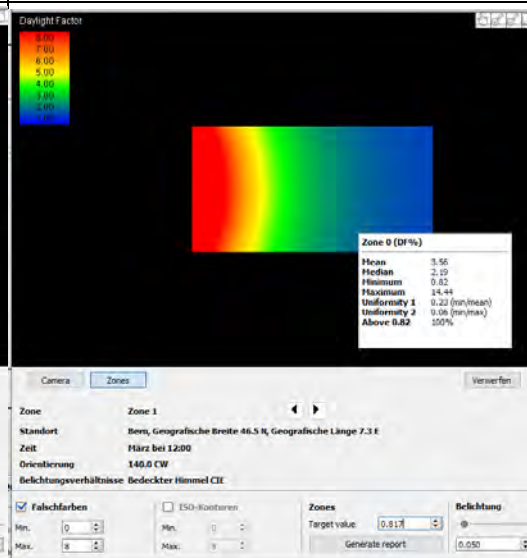
100% der Bezugsebene



→ Tageslichtquotienten über 0.721



→ Tageslichtquotienten über 0.806



→ Tageslichtquotienten über 0.817

Wie in Tabelle 39 ersichtlich ist, kommt es bei unterschiedlichen Rendering-Qualitäten zu leicht unterschiedlichen Ergebnissen. Tabelle 40 enthält eine Zusammenfassung der Tageslichtquotienten bei unterschiedlichen Rendering-Qualitäten. Es ist ersichtlich, dass hohe Rendering-Qualität zu 4.2-13.3% höheren Tageslichtquotienten führt im Vergleich mit niedriger Rendering-Qualität. Es empfiehlt sich somit eine hohe Rendering-Qualität zu verwenden.

Tabelle 40: Vergleich der Tageslichtquotienten bei unterschiedlichen Rendering-Qualitäten

	1) Niedrig		2) Mittel		3) Hoch	
	Absolut	%	Absolut	% [ggü 1)]	Absolut	% [ggü 1)]
50% der Bezugsebene	2.048	100%	2.127	103.9%	2.133	104.2%
95% der Bezugsebene	0.801	100%	0.879	109.7%	0.887	110.7%
100% der Bezugsebene	0.721	100%	0.806	111.8%	0.817	113.3%

## 9.6 Detailergebnisse der Parametervariation

### 9.6.1 Orientierung der Fensterflächen

#### 9.6.1.1 Energiebedarf und -verbrauch

##### In der Wohnung

Tabelle 41: Heizwärme-, Klimakälte- und Elektrizitätsbedarf und –leistung (ungefärbte Zellen) für Beleuchtung und Endenergieverbrauch in Abhängigkeit der Orientierung in der Wohnung.

		Heutiges warmes Referenzjahr (2003)				Zukünftiges warmes Jahr (Periode 2045-2074)			
		Heizwärme- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a) Heizwärme- leistung (W/m <sup>2</sup> )	Klimakälte- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a) Klimakälte- leistung (W/m <sup>2</sup> )	Elektrizit. Beleucht. (kWh/m <sup>2</sup> a) Elektrizität- leistung Beleucht. (W/m <sup>2</sup> )	Endenergie- verbrauch (kWh/m <sup>2</sup> a)	Heizwärme- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a) Heizwärme- leistung (W/m <sup>2</sup> )	Klimakälte- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a) Klimakälte- leistung (W/m <sup>2</sup> )	Elektrizit. Beleucht. (kWh/m <sup>2</sup> a) Elektrizität- leistung Beleucht. (W/m <sup>2</sup> )	Endenergie- verbrauch (kWh/m <sup>2</sup> a)
Referenz	Wohn. Süd	10.5	3.4	1.7	5.8	7.1	9.9	1.7	7.1
	Zimmer Ost	14.3	19.3	1.5		12.8	21.9	1.5	
Option 1	Wohn. West	10.5	3.1	1.7	5.8	7.1	9.2	1.8	6.9
	Zimmer Süd	15.0	19.9	1.5		12.8	21.2	1.5	
Option 2	Wohn. Nord	13.5	2.9	1.8	6.6	9.6	8.9	1.8	7.5
	Zimmer West	17.3	18.7	1.5		13.5	21.2	1.5	
Option 3	Wohn. Ost	13.6	3.1	1.7	6.6	9.7	9.4	1.7	7.6
	Zimmer Nord	15.8	17.4	1.5		12.8	19.9	1.5	

##### In den Zonen:

##### Zimmer 1

Tabelle 42: Heizwärme-, Klimakälte- und Elektrizitätsbedarf für Beleuchtung und Endenergieverbrauch in Abhängigkeit der Orientierung im Zimmer 1.

		Heutiges warmes Referenzjahr (2003)			Zukünftiges warmes Jahr (Periode 2045-2074)		
		Heizwärme- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a)	Klimakälte- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a)	Endenergie- verbrauch (kWh/m <sup>2</sup> a)	Heizwärme- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a)	Klimakälte- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a)	Endenergie- verbrauch (kWh/m <sup>2</sup> a)
Referenz	Zimmer 1 Ost	8.6	3.1	4.8	5.6	8.8	5.8
Option 1	Zimmer 1 Süd	6.2	2.6	4.0	3.9	7.7	5.1
Option 2	Zimmer 1 West	8.9	2.9	4.9	6.0	8.3	5.8
Option 3	Zimmer 1 Nord	10.3	2.0	5.0	6.9	6.1	5.4

##### Wohnbereich

Tabelle 43: Heizwärme-, Klimakälte- und Elektrizitätsbedarf für Beleuchtung und Endenergieverbrauch in Abhängigkeit der Orientierung im Wohnbereich.

		Heutiges warmes Referenzjahr (2003)			Zukünftiges warmes Jahr (Periode 2045-2074)		
		Heizwärme- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a)	Klimakälte- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a)	Endenergie- verbrauch (kWh/m <sup>2</sup> a)	Heizwärme- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a)	Klimakälte- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a)	Endenergie- verbrauch (kWh/m <sup>2</sup> a)
Referenz	Wohn. Süd	15.1	4.1	6.9	10.3	10.9	7.8
Option 1	Wohn. West	16.5	4.0	7.3	11.3	10.5	8.0
Option 2	Wohn. Nord	20.6	3.4	8.3	15.0	9.5	8.7
Option 3	Wohn. Ost	20.0	4.2	8.3	14.5	11.2	9.1

### 9.6.1.2 Thermische Behaglichkeit

In der Wohnung:

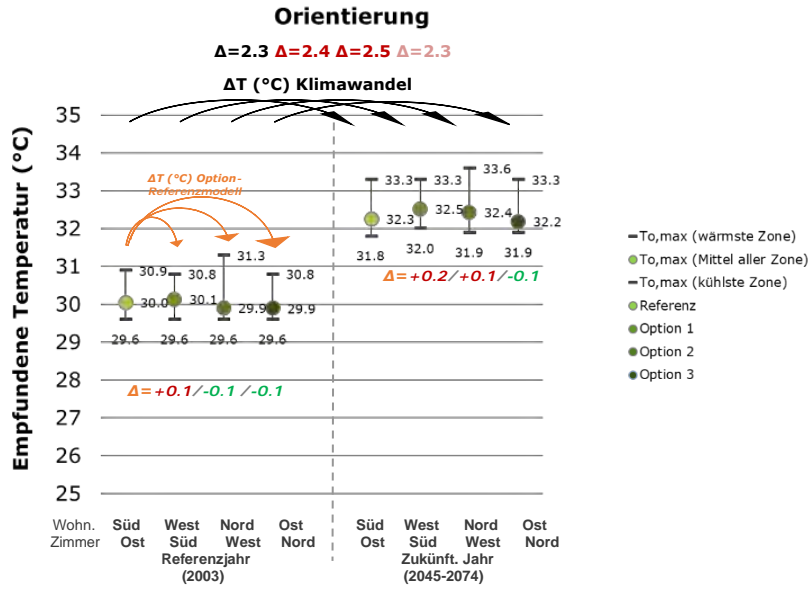


Abbildung 93: Maximale empfundene Temperatur in Abhängigkeit der Orientierung in der Wohnung. Die Temperaturdifferenzen im oberen Bereich der Abbildung (schwarze Pfeile) sind primär auf den Klimawandel zurückzuführen, die in der Mitte (orange Pfeile) auf die Parametervariation bei denselben klimatischen Bedingungen.

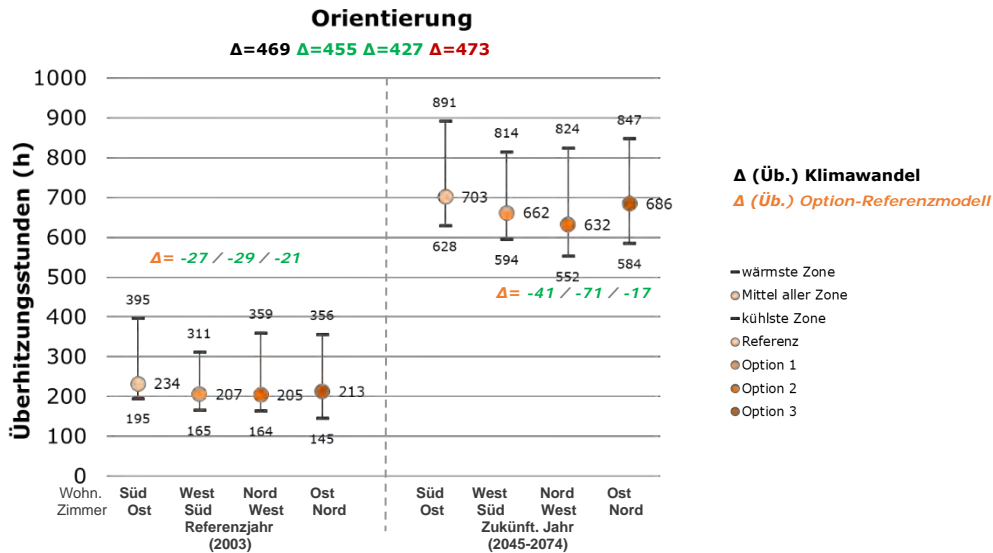


Abbildung 94: Anzahl Überheizungsstunden in Abhängigkeit der Orientierung in der Wohnung.

In den Zonen:

Tabelle 44: Maximal empfundene Temperatur und Anzahl Überheizungsstunden, bezogen auf den Grenzwert der Anforderungen an Räume, während diese beheizt, gekühlt oder mechanisch belüftet (SIA 180:2014, Figur 4) sind und auf den Grenzwert der Anforderungen an Räume mit natürlicher Lüftung (SIA 180:2014, Figur 3).

		Heutiges warmes Referenzjahr (2003)						Zukünftiges warmes Jahr (Periode 2045-2074)					
		Zimmer 1			Wohnbereich			Zimmer 1			Wohnbereich		
		Emp. Temp. Max (°C)	Überhitz. mech. Lüftung (h)	Überhitz. natur. Lüftung (h)	Emp. Temp. Max (°C)	Überhitz. mit mech. Lüftung (h)	Überhitz. mit natur. Lüftung (h)	Emp. Temp. Max (°C)	Überhitz. mit mech. Lüftung (h)	Überhitz. mit natur. Lüftung (h)	Emp. Temp. Max (°C)	Überhitz. mit mech. Lüftung (h)	Überhitz. mit natur. Lüftung (h)
<b>Referenz</b>	Wohn. Süd Zimmer Ost	29.9	250	0	30.1	227	0	32.2	760	22	32.3	674	24
<b>Option 1</b>	Wohn. West Zimmer Süd	29.8	198	0	30.4	212	0	32.2	701	21	32.7	643	25
<b>Option 2</b>	Wohn. Nord Zimmer West	30.1	220	1	29.8	196	0	32.3	693	22	32.5	602	20
<b>Option 3</b>	Wohn. Ost Zimmer Nord	29.6	175	0	30.1	234	0	31.9	633	4	32.3	715	24

**9.6.1.3 Besonnungsdauer**

Tabelle 45: Besonnungsdauer gemäss SN EN 17037:2019 in Zimmer 1 im 2. OG mit unterschiedlicher Orientierung unter Berücksichtigung der umliegenden Gebäude; grau hinterlegte Werte erfüllen die Anforderungen nicht.

		Besonnungsdauer	
		Stunden	Stufe
<b>Referenz</b>	Zimmer 1 Ost	3 h	Mittel
<b>Option 1</b>	Zimmer 1 Süd	9 h	Hoch
<b>Option 2</b>	Zimmer 1 West	3 h	Mittel
<b>Option 3</b>	Zimmer 1 Nord	0 h	Ungenügend

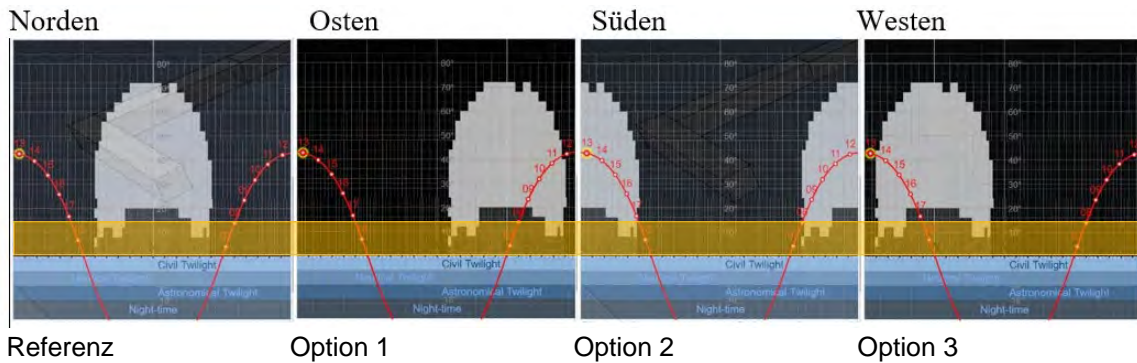


Abbildung 95: Grafiken der Besonnungsdauer gemäss «AndrewMarsh» in Zimmer 1 im 2. OG mit unterschiedlicher Orientierung unter Berücksichtigung der umliegenden Gebäude.



## 9.6.2 Fensteranteil

### 9.6.2.1 Energiebedarf und -verbrauch

#### In der Wohnung

Tabelle 46: Heizwärme-, Klimakälte- und Elektrizitätsbedarf und –leistung (ungefärbte Zellen) für Beleuchtung und Endenergieverbrauch in Abhängigkeit der Fenstergrösse und der Orientierung in der Wohnung.

		Heutiges warmes Referenzjahr (2003)				Zukünftiges warmes Jahr (Periode 2045-2074)			
		Heizwärme- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a) Heizwärme- leistung (W/m <sup>2</sup> )	Klimakälte- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a) Klimakälte- leistung (W/m <sup>2</sup> )	Elektrizit. Beleucht. (kWh/m <sup>2</sup> a) Elektrizität- leistung Beleucht. (W/m <sup>2</sup> )	Endenergie- verbrauch (kWh/m <sup>2</sup> a)	Heizwärme- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a) Heizwärme- leistung (W/m <sup>2</sup> )	Klimakälte- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a) Klimakälte- leistung (W/m <sup>2</sup> )	Elektrizit. Beleucht. (kWh/m <sup>2</sup> a) Elektrizität- leistung Beleucht. (W/m <sup>2</sup> )	Endenergie- verbrauch (kWh/m <sup>2</sup> a)
Referenz Fenster Original- grösse	Wohn. Süd Zimmer Ost	10.5	3.4	1.7	5.8	7.1	9.9	1.7	7.1
	Zimmer West	14.3	19.3	1.5		12.8	21.9	1.5	
	Wohn. West Zimmer Süd	10.5	3.1	1.7	5.8	7.1	9.2	1.8	6.9
	Zimmer Nord	15.0	19.9	1.5		12.8	21.2	1.5	
	Wohn. Nord Zimmer West	13.5	2.9	1.8	6.6	9.6	8.9	1.8	7.5
	Zimmer Ost	17.3	18.7	1.5		13.5	21.2	1.5	
Wohn. Ost Zimmer Nord	13.6	3.1	1.7	6.6	9.7	9.4	1.7	7.6	
Zimmer Süd	15.8	17.4	1.5		12.8	19.9	1.5		
Option 1 Fenster 25 % kleiner	Wohn. Süd Zimmer Ost	8.5	2.2	1.8	5.0	5.5	7.3	1.8	5.8
	Zimmer West	12.8	16.1	1.5		11.3	18.7	1.5	
	Wohn. West Zimmer Süd	8.6	2.1	1.8	5.0	5.5	6.9	1.8	5.7
	Zimmer Nord	12.8	16.7	1.5		11.3	18.0	1.5	
	Wohn. Nord Zimmer West	10.8	1.9	1.8	5.6	7.5	6.6	1.8	6.2
	Zimmer Ost	16.5	16.7	1.5		11.3	18.0	1.5	
Wohn. Ost Zimmer Nord	10.8	2.0	1.8	5.6	7.5	6.8	1.8	6.2	
Zimmer Süd	14.3	14.8	1.5		11.3	16.7	1.5		
Option 2 Fenster 50 % kleiner	Wohn. Süd Zimmer Ost	6.6	1.4	1.9	4.3	4.0	5.0	1.9	4.7
	Zimmer West	11.3	13.5	1.5		9.8	14.8	1.5	
	Wohn. West Zimmer Süd	6.6	1.4	1.9	4.3	4.0	4.8	1.9	4.7
	Zimmer Nord	12.0	14.1	1.5		9.8	14.8	1.5	
	Wohn. Nord Zimmer West	8.3	1.2	1.9	4.7	5.4	4.7	1.9	5.1
	Zimmer Ost	15.0	13.5	1.5		9.8	14.8	1.5	
Wohn. Ost Zimmer Nord	8.3	1.2	1.9	4.7	5.4	4.9	1.9	5.1	
Zimmer Süd	13.5	12.9	1.5		9.8	13.5	1.5		

#### In den Zonen:

##### Zimmer 1

Tabelle 47: Heizwärme-, Klimakälte- und Elektrizitätsbedarf für Beleuchtung und Endenergieverbrauch in Abhängigkeit der Fenstergrösse und der Orientierung im Zimmer 1.

		Heutiges warmes Referenzjahr (2003)			Zukünftiges warmes Jahr (Periode 2045-2074)		
		Heizwärme- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a)	Klimakälte- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a)	Endenergie- verbrauch (kWh/m <sup>2</sup> a)	Heizwärme- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a)	Klimakälte- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a)	Endenergie- verbrauch (kWh/m <sup>2</sup> a)
Referenz Fenster Original- grösse	Zimmer 1 Ost	8.6	3.1	4.8	5.6	8.8	5.8
	Zimmer 1 Süd	6.2	2.6	4.0	3.9	7.7	5.1
	Zimmer 1 West	8.9	2.9	4.9	6.0	8.3	5.8
	Zimmer 1 Nord	10.3	2.0	5.0	6.9	6.1	5.4
Option 1 Fenster 25 % kleiner	Zimmer 1 Ost	7.0	2.0	4.1	4.4	6.2	4.7
	Zimmer 1 Süd	5.2	1.8	3.5	3.1	5.4	4.1
	Zimmer 1 West	7.3	1.9	4.1	4.7	5.9	4.8
	Zimmer 1 Nord	8.3	1.3	4.3	5.5	4.4	4.5



<b>Option 2</b> Fenster 50 % kleiner	Zimmer 1 <b>Ost</b>	5.5	1.2	3.5	3.2	4.2	3.8
	Zimmer 1 <b>Süd</b>	4.2	1.2	3.2	2.2	3.6	3.5
	Zimmer 1 <b>West</b>	5.8	1.2	3.6	3.5	4.0	3.9
	Zimmer 1 <b>Nord</b>	6.4	0.9	3.7	4.0	3.1	3.8

Wohnbereich

Tabelle 48: Heizwärme-, Klimakälte- und Elektrizitätsbedarf für Beleuchtung und Endenergieverbrauch in Abhängigkeit der Fenstergrösse und der Orientierung im Wohnbereich.

		Heutiges warmes Referenzjahr (2003)			Zukünftiges warmes Jahr (Periode 2045-2074)		
		Heizwärmebedarf (kWh/m²a)	Klimakältebedarf (kWh/m²a)	Endenergieverbrauch (kWh/m²a)	Heizwärmebedarf (kWh/m²a)	Klimakältebedarf (kWh/m²a)	Endenergieverbrauch (kWh/m²a)
<b>Referenz</b> Fenster Originalgrösse	Wohn. Süd	15.1	4.1	6.9	10.3	10.9	7.8
	Wohn. West	16.5	4.0	7.3	11.3	10.5	8.0
	Wohn. Nord	20.6	3.4	8.3	15.0	9.5	8.7
	Wohn. Ost	20.0	4.2	8.3	14.5	11.2	9.1
<b>Option 1</b> Fenster 25 % kleiner	Wohn. Süd	12.1	2.7	5.6	7.9	7.7	6.1
	Wohn. West	13.2	2.6	5.9	8.7	7.6	6.3
	Wohn. Nord	16.3	2.2	6.7	11.4	6.7	6.8
	Wohn. Ost	15.7	2.6	6.6	11.0	7.8	7.0
<b>Option 2</b> Fenster 50 % kleiner	Wohn. Süd	9.1	1.7	4.5	5.6	5.0	4.6
	Wohn. West	9.9	1.6	4.8	6.2	5.0	4.8
	Wohn. Nord	12.2	1.4	5.4	8.0	4.6	5.2
	Wohn. Ost	11.7	1.6	5.2	7.8	5.2	5.3

9.6.2.2 Thermische Behaglichkeit

In der Wohnung:

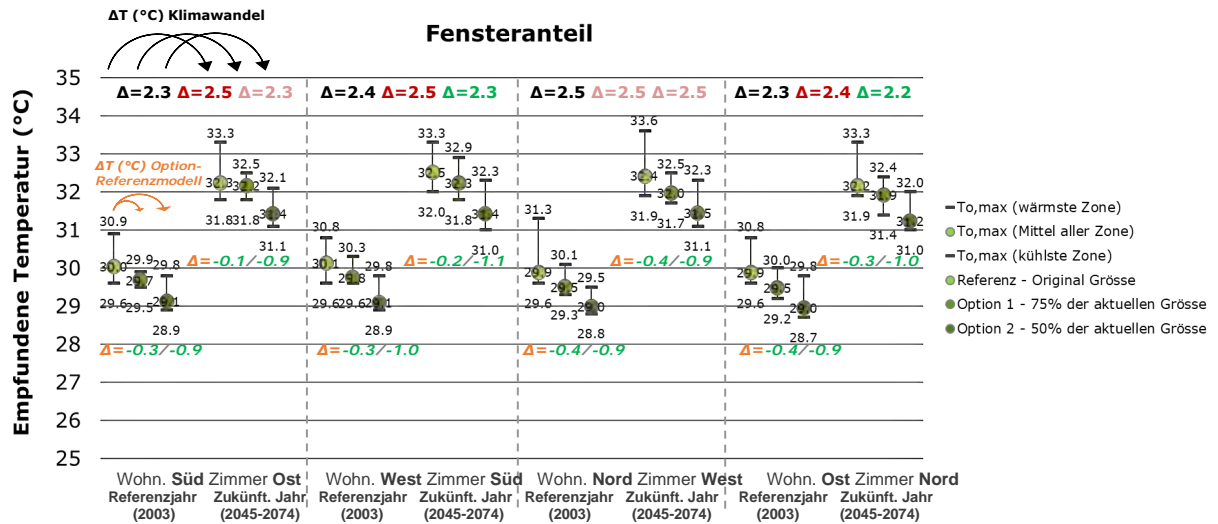


Abbildung 96: Maximale empfundene Temperatur in Abhängigkeit der Fenstergrösse und der Orientierung in der Wohnung. Die Temperaturdifferenzen im oberen Bereich der Abbildung (schwarze Pfeile) sind primär auf den Klimawandel zurückzuführen, die in der Mitte (orange Pfeile) auf die Parametervariation bei denselben klimatischen Bedingungen.

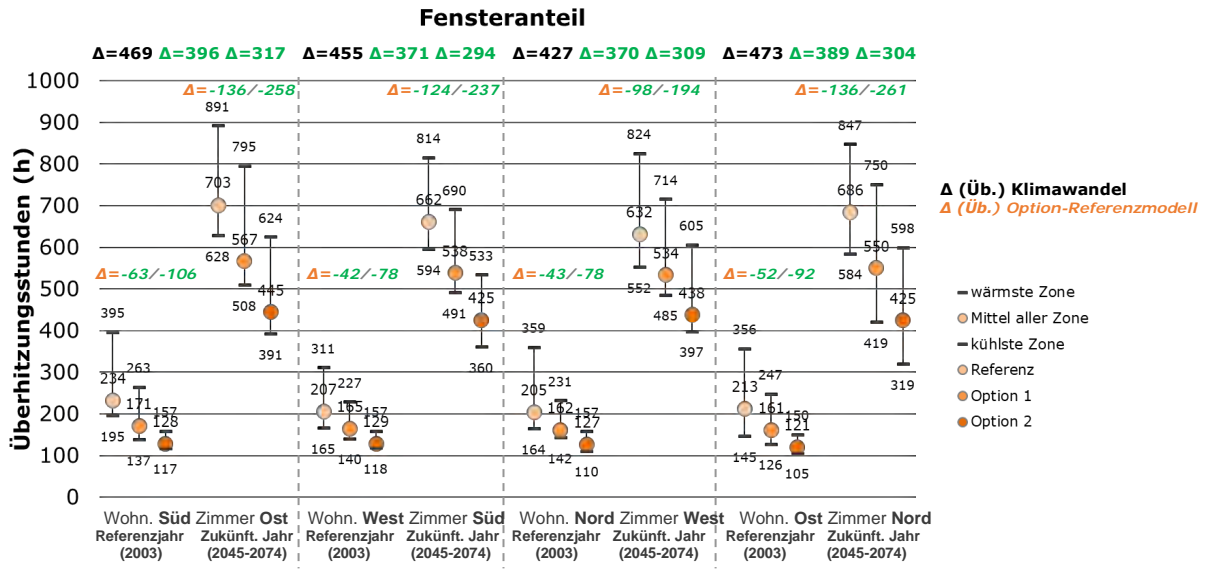


Abbildung 97: Anzahl Übershitzungsstunden in Abhängigkeit der Fenstergrösse und der Orientierung in der Wohnung.

In den Zonen:

Tabelle 49: Maximal empfundene Temperatur und Anzahl Übershitzungsstunden, bezogen auf den Grenzwert der Anforderungen an Räume, während diese beheizt, gekühlt oder mechanisch belüftet (SIA 180:2014, Figur 4) sind und auf den Grenzwert der Anforderungen an Räume mit natürlicher Lüftung (SIA 180:2014, Figur 3).

		Heutiges warmes Referenzjahr (2003)						Zukünftiges warmes Jahr (Periode 2045-2074)					
		Zimmer 1			Wohnbereich			Zimmer 1			Wohnbereich		
		Emp. Temp. Max (°C)	Übershitz. mech. Lüftung (h)	Übershitz. natür. Lüftung (h)	Emp. Temp. Max (°C)	Übershitz. mit mech. Lüftung (h)	Übershitz. mit natür. Lüftung (h)	Emp. Temp. Max (°C)	Übershitz. mit mech. Lüftung (h)	Übershitz. mit natür. Lüftung (h)	Emp. Temp. Max (°C)	Übershitz. mit mech. Lüftung (h)	Übershitz. mit natür. Lüftung (h)
Fenster Original-grösse	Wohn. Süd Zimmer Ost	29.9	250	0	30.1	227	0	32.2	760	22	32.3	674	24
	Wohn. West Zimmer Süd	29.8	198	0	30.4	212	0	32.2	701	21	32.7	643	25
	Wohn. Nord Zimmer West	30.1	220	1	29.8	196	0	32.3	693	22	32.5	602	20
	Wohn. Ost Zimmer Nord	29.6	175	0	30.1	234	0	31.9	633	4	32.3	715	24
Fenster 25 % kleiner	Wohn. Süd Zimmer Ost	29.6	170	0	29.8	173	0	31.9	601	3	32.4	552	12
	Wohn. West Zimmer Süd	29.8	152	0	29.8	172	0	31.9	545	4	32.5	538	8
	Wohn. Nord Zimmer West	29.7	168	0	29.5	160	0	31.9	567	4	32.1	520	6
	Wohn. Ost Zimmer Nord	29.3	139	0	29.6	173	0	31.6	472	3	32.1	593	13
Fenster 50 % kleiner	Wohn. Süd Zimmer Ost	29.0	127	0	29.2	129	0	31.6	486	2	31.4	432	4
	Wohn. West Zimmer Süd	29.1	124	0	29.1	130	0	31.6	403	1	31.3	436	2
	Wohn. Nord Zimmer West	29.0	120	0	29.0	130	0	31.7	452	1	31.3	433	2
	Wohn. Ost Zimmer Nord	28.9	114	0	29.0	124	0	31.2	366	2	31.3	457	2

### 9.6.2.3 Besonnungsdauer

Tabelle 50: Besonnungsdauer gemäss SN EN 17037:2019 in Zimmer 1 im 2. OG mit unterschiedlichen Fensteranteilen und Orientierungen unter Berücksichtigung der umliegenden Gebäude; grau hinterlegte Werte erfüllen die Anforderungen nicht.

		Besonnungsdauer	
		Stunden	Stufe
<b>Referenz</b> Fenster Originalgrösse	Zimmer 1 <b>Ost</b>	3 h	Mittel
	Zimmer 1 <b>Süd</b>	9 h	Hoch
	Zimmer 1 <b>West</b>	3 h	Mittel
	Zimmer 1 <b>Nord</b>	0 h	Ungenügend
<b>Option 1</b> Fenster 25% kleiner	Zimmer 1 <b>Ost</b>	3 h	Mittel
	Zimmer 1 <b>Süd</b>	8 h	Hoch
	Zimmer 1 <b>West</b>	3 h	Mittel
	Zimmer 1 <b>Nord</b>	0 h	Ungenügend
<b>Option 2</b> Fenster 50% kleiner	Zimmer 1 <b>Ost</b>	2.5 h	Gering
	Zimmer 1 <b>Süd</b>	7 h	Hoch
	Zimmer 1 <b>West</b>	2.5 h	Gering
	Zimmer 1 <b>Nord</b>	0 h	Ungenügend

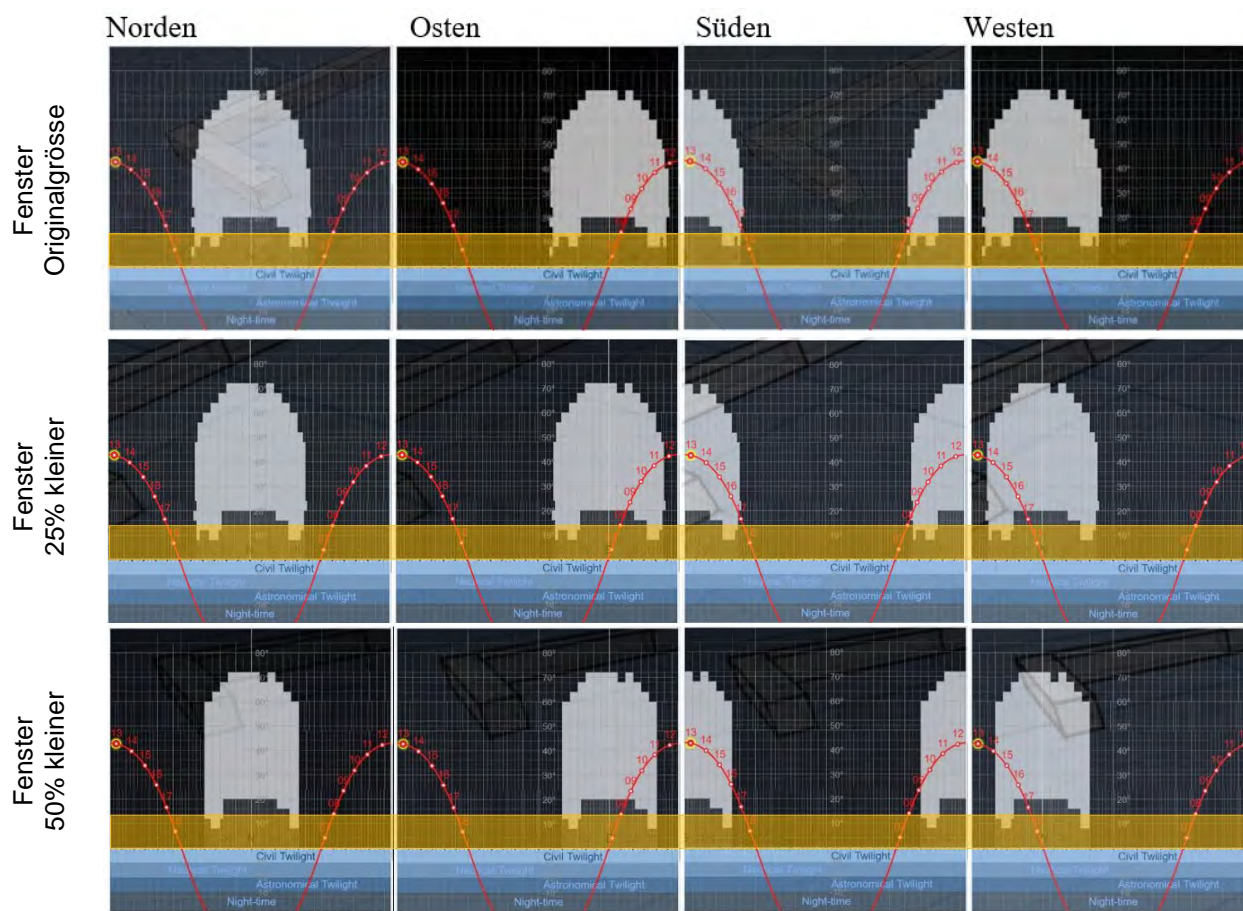


Abbildung 98: Grafiken der Besonnungsdauer gemäss «AndrewMarsh» für Zimmer 1 im 2. OG mit Originalfensteranteil (oben), um 25% reduzierter Fensteranteil (Mitte) und um 50% reduzierter Fensteranteil (unten) mit unterschiedlichen Orientierungen unter Berücksichtigung der umliegenden Gebäude.

### 9.6.3 Fenstersturz und Fensterbrüstung

#### 9.6.3.1 Energiebedarf und –verbrauch

##### In der Wohnung

Tabelle 51: Heizwärme-, Klimakälte- und Elektrizitätsbedarf und –leistung (ungefärbte Zellen) für Beleuchtung und Endenergieverbrauch in Abhängigkeit der Sturzhöhe und der Orientierung in der Wohnung.

		Heutiges warmes Referenzjahr (2003)				Zukünftiges warmes Jahr (Periode 2045-2074)			
		Heizwärme- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a) Heizwärme- leistung (W/m <sup>2</sup> )	Klimakälte- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a) Klimakälte- leistung (W/m <sup>2</sup> )	Elektrizit. Beleucht. (kWh/m <sup>2</sup> a) Elektrizität- leistung Beleucht. (W/m <sup>2</sup> )	Endenergie- verbrauch (kWh/m <sup>2</sup> a)	Heizwärme- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a) Heizwärme- leistung (W/m <sup>2</sup> )	Klimakälte- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a) Klimakälte- leistung (W/m <sup>2</sup> )	Elektrizit. Beleucht. (kWh/m <sup>2</sup> a) Elektrizität- leistung Beleucht. (W/m <sup>2</sup> )	Endenergie- verbrauch (kWh/m <sup>2</sup> a)
<b>Referenz</b> Fenstersturz 20 cm	Wohn. Süd Zimmer Ost	10.5	3.4	1.7	5.8	7.1	9.9	1.7	7.1
	Zimmer Ost	14.3	19.3	1.5		12.8	21.9	1.5	
	Wohn. West Zimmer Süd	10.5	3.1	1.7	5.8	7.1	9.2	1.8	6.9
	Zimmer Süd	15.0	19.9	1.5		12.8	21.2	1.5	
	Wohn. Ost Zimmer Nord	13.6	3.1	1.7	6.6	9.7	9.4	1.7	7.6
Zimmer Nord	15.8	17.4	1.5	12.8		19.9	1.5		
<b>Option 1</b> Fenstersturz 0 cm	Wohn. Süd Zimmer Ost	10.4	3.4	1.7	5.8	7.0	10.0	1.7	7.1
	Zimmer Ost	14.3	19.9	1.5		12.8	21.9	1.5	
	Wohn. West Zimmer Süd	10.4	3.1	1.7	5.8	7.0	9.3	1.8	6.9
	Zimmer Süd	15.0	19.9	1.5		12.8	21.2	1.5	
	Wohn. Ost Zimmer Nord	13.5	3.1	1.7	6.6	9.6	9.4	1.7	7.6
Zimmer Nord	15.8	17.4	1.5	12.8		19.9	1.5		
<b>Option 2</b> Fenstersturz 40 cm	Wohn. Süd Zimmer Ost	10.6	3.4	1.7	5.9	7.1	9.9	1.7	7.1
	Zimmer Ost	15.0	19.3	1.5		12.8	21.9	1.5	
	Wohn. West Zimmer Süd	10.6	3.1	1.8	5.8	7.2	9.2	1.8	6.9
	Zimmer Süd	15.0	19.9	1.5		12.8	21.9	1.5	
	Wohn. Ost Zimmer Nord	13.6	3.1	1.7	6.6	9.7	9.3	1.7	7.6
Zimmer Nord	15.8	17.4	1.5	12.8		19.9	1.5		
<b>Option 3</b> Fenstersturz 85 cm	Wohn. Süd Zimmer Ost	10.7	3.3	1.7	5.9	7.2	9.7	1.7	7.1
	Zimmer Ost	15.0	19.3	1.5		12.8	21.9	1.5	
	Wohn. West Zimmer Süd	10.7	3.1	1.8	5.9	7.3	9.2	1.8	6.9
	Zimmer Süd	15.0	19.9	1.5		12.8	21.2	1.5	
	Wohn. Ost Zimmer Nord	13.6	3.0	1.7	6.6	9.8	9.2	1.8	7.6
Zimmer Nord	15.8	17.4	1.5	12.8		19.3	1.5		

##### In den Zonen:

##### Zimmer 1

Tabelle 52: Heizwärme-, Klimakälte- und Elektrizitätsbedarf für Beleuchtung und Endenergieverbrauch in Abhängigkeit der Sturzhöhe und der Orientierung in Zimmer 1.

		Heutiges warmes Referenzjahr (2003)			Zukünftiges warmes Jahr (Periode 2045-2074)		
		Heizwärme- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a)	Klimakälte- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a)	Endenergie- verbrauch (kWh/m <sup>2</sup> a)	Heizwärme- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a)	Klimakälte- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a)	Endenergie- verbrauch (kWh/m <sup>2</sup> a)
<b>Referenz</b> Fenstersturz 20 cm	Zimmer 1 Ost	8.6	3.1	4.8	5.6	8.8	5.8
	Zimmer 1 Süd	6.2	2.6	4.0	3.9	7.7	5.1
	Zimmer 1 Nord	10.3	2.0	5.0	7.0	6.2	5.4
<b>Option 1</b> Fenstersturz 0 cm	Zimmer 1 Ost	8.5	3.2	4.8	5.5	8.9	5.9
	Zimmer 1 Süd	6.1	2.7	4.0	3.8	7.8	5.0
	Zimmer 1 Nord	10.3	2.0	5.0	6.9	6.2	5.4
<b>Option 2</b> Fenstersturz 40 cm	Zimmer 1 Ost	8.6	3.1	4.8	5.6	8.7	5.8
	Zimmer 1 Süd	6.3	2.6	4.1	4.0	7.7	5.1
	Zimmer 1 Nord	10.4	1.9	5.0	7.1	6.1	5.4
<b>Option 3</b> Fenstersturz 85 cm	Zimmer 1 Ost	8.8	3.0	4.8	5.8	8.5	5.8
	Zimmer 1 Süd	6.5	2.6	4.1	4.1	7.6	5.1
	Zimmer 1 Nord	10.5	1.9	5.0	7.1	6.0	5.4

### 9.6.3.2 Thermische Behaglichkeit

In der Wohnung:

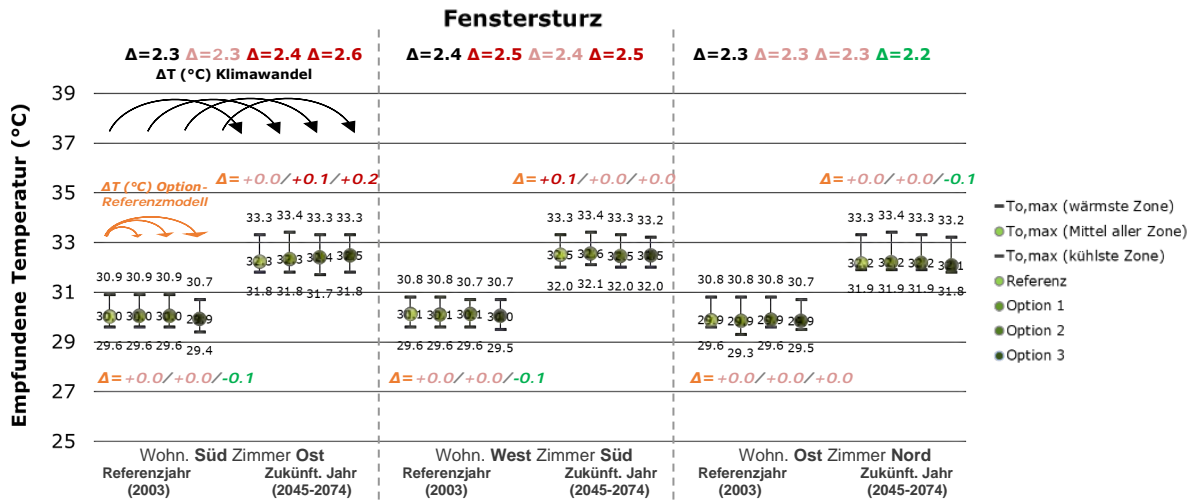


Abbildung 99: Maximale empfundene Temperatur in Abhängigkeit des Fenstersturzes in der Wohnung. Die Temperaturdifferenzen im oberen Bereich der Abbildung (schwarze Pfeile) sind primär auf den Klimawandel zurückzuführen, die in der Mitte (orange Pfeile) auf die Parametervariation bei denselben klimatischen Bedingungen.

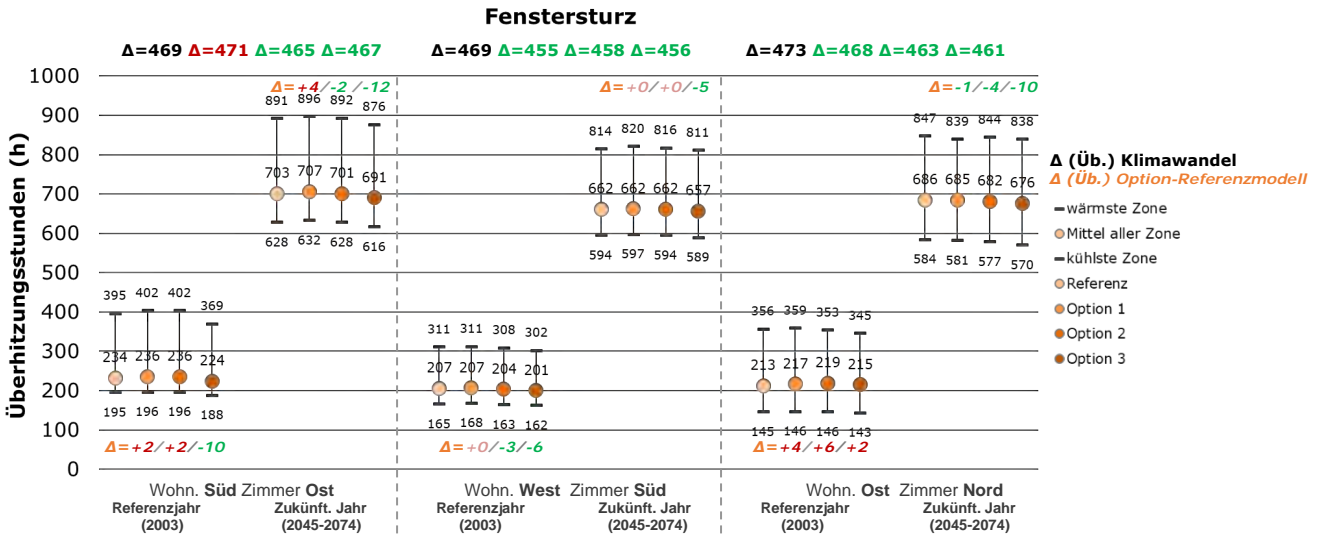


Abbildung 100: Anzahl Überheizungsstunden in Abhängigkeit vom Fenstersturz und Fensterbrüstung.

In den Zonen:

Tabelle 53: Maximal empfundene Temperatur und Anzahl Überhitzungsstunden, bezogen auf den Grenzwert der Anforderungen an Räume, während diese beheizt, gekühlt oder mechanisch belüftet (SIA 180:2014, Figur 4) sind und auf den Grenzwert der Anforderungen an Räume mit natürlicher Lüftung (SIA 180:2014, Figur 3).

		Heutiges warmes Referenzjahr (2003)						Zukünftiges warmes Jahr (Periode 2045-2074)					
		Zimmer 1			Wohnbereich			Zimmer 1			Wohnbereich		
		Emp. Temp. Max (°C)	Überhitz. mech. Lüftung (h)	Überhitz. natur. Lüftung (h)	Emp. Temp. Max (°C)	Überhitz. mit mech. Lüftung (h)	Überhitz. mit natur. Lüftung (h)	Emp. Temp. Max (°C)	Überhitz. mit mech. Lüftung (h)	Überhitz. mit natur. Lüftung (h)	Emp. Temp. Max (°C)	Überhitz. mit mech. Lüftung (h)	Überhitz. mit natur. Lüftung (h)
Referenz Fenstersturz 20 cm	Wohn Süd Zimmer Ost	29.9	250	0	30.1	227	0	32.2	760	22	32.3	674	24
	Wohn West Zimmer Süd	29.8	198	0	30.4	212	0	32.2	701	21	32.7	643	25
	Wohn Ost Zimmer Nord	29.6	175	0	30.1	234	0	31.9	633	4	32.3	715	24
Option 1 Fenstersturz 0 cm	Wohn Süd Zimmer Ost	29.9	254	0	30.1	228	0	32.2	766	23	32.4	677	24
	Wohn West Zimmer Süd	29.8	200	0	30.3	212	0	32.3	697	22	32.7	646	26
	Wohn Ost Zimmer Nord	29.7	179	0	30.1	239	0	32.0	636	5	32.4	714	25
Option 2 Fenstersturz 40 cm	Wohn Süd Zimmer Ost	29.9	254	0	30.1	228	0	32.1	761	21	32.6	673	24
	Wohn West Zimmer Süd	29.8	196	0	30.3	209	0	32.2	700	23	32.6	643	25
	Wohn Ost Zimmer Nord	29.6	175	0	30.1	243	0	31.9	631	3	32.3	711	22
Option 3 Fenstersturz 85 cm	Wohn Süd Zimmer Ost	29.7	234	0	30.0	220	0	32.4	746	29	32.6	663	27
	Wohn West Zimmer Süd	29.7	191	0	30.3	207	0	32.4	696	32	32.6	638	24
	Wohn Ost Zimmer Nord	29.6	171	0	30.0	239	0	31.9	623	4	32.2	706	21

**9.6.3.3 Besonnungsdauer**

Tabelle 16: Besonnungsdauer gemäss SN EN 17037:2019 in Zimmer 1 im 2. OG mit unterschiedlichen Sturzhöhen und Orientierungen unter Berücksichtigung der umliegenden Gebäude; grau hinterlegte Werte erfüllen die Anforderungen nicht.

		Besonnungsdauer	
		Stunden	Stufe
Referenz Fenstersturz 20 cm	Zimmer 1 Ost	3 h	Mittel
	Zimmer 1 Süd	9 h	Hoch
	Zimmer 1 Nord	0 h	Ungenügend
Option 1 Fenstersturz 0 cm	Zimmer 1 Ost	3.5 h	Mittel
	Zimmer 1 Süd	9 h	Hoch
	Zimmer 1 Nord	0 h	Ungenügend
Option 2 Fenstersturz 40 cm	Zimmer 1 Ost	3 h	Mittel
	Zimmer 1 Süd	9 h	Hoch
	Zimmer 1 Nord	0 h	Ungenügend
Option 3 Fenstersturz 85 cm	Zimmer 1 Ost	2 h	Gering
	Zimmer 1 Süd	9 h	Hoch
	Zimmer 1 Nord	0 h	Ungenügend



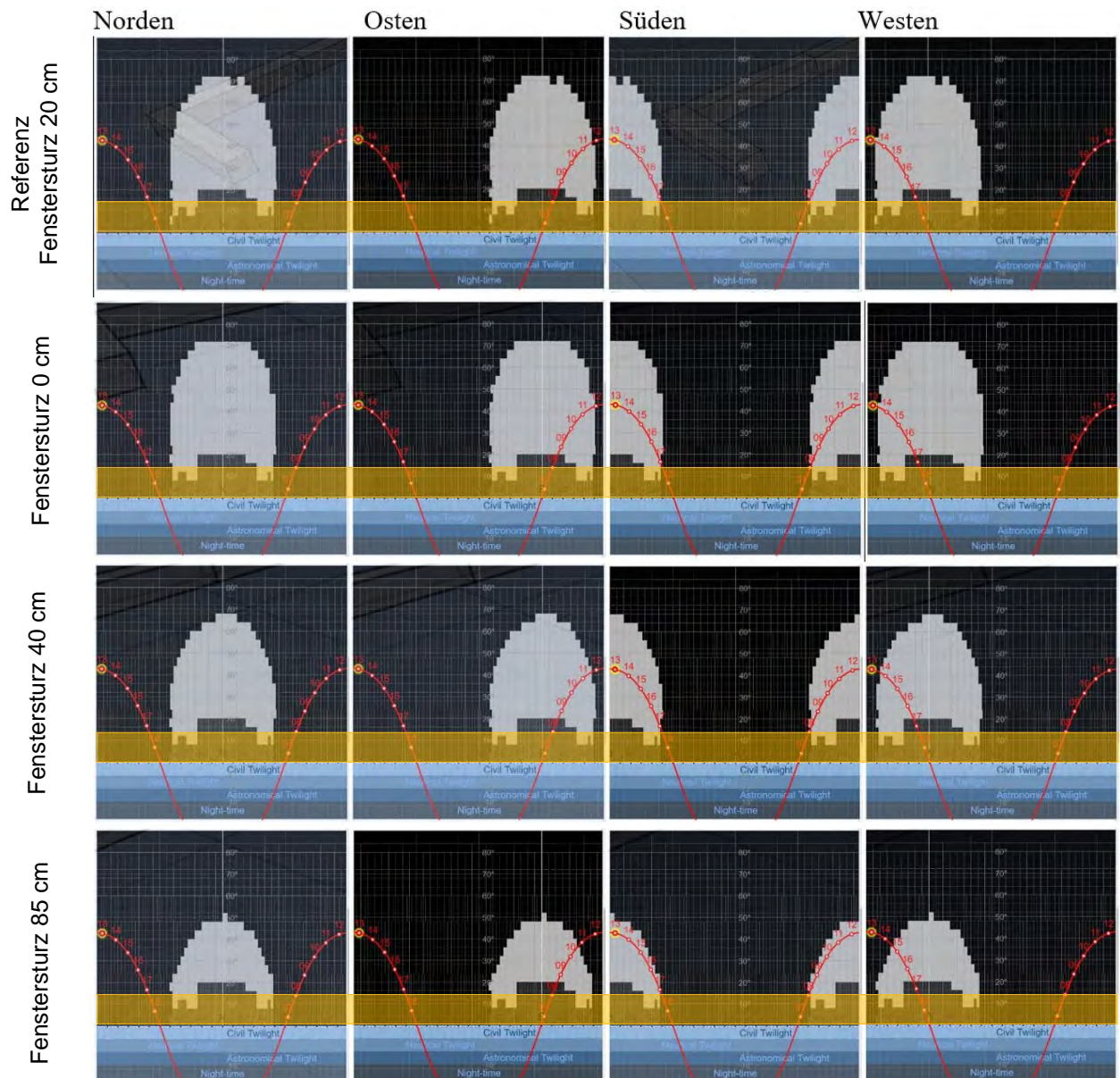


Abbildung 101: Grafiken der Besonnungsdauer gemäss «AndrewMarsh» für Zimmer 1 im 2. OG mit 20 cm Fenstersturz (erste Zeile), ohne Fenstersturz (zweite Zeile), mit 40 cm Fenstersturz (dritte Zeile) und mit 85 cm Fenstersturz (vierte Zeile) mit unterschiedlichen Orientierungen unter Berücksichtigung der umliegenden Gebäude.

## 9.6.4 Fassadengestaltung: Anzahl der Fenster / Fensterform

### 9.6.4.1 Energiebedarf und -verbrauch

#### In der Wohnung

Tabelle 54: Heizwärme-, Klimakälte- und Elektrizitätsbedarf und –leistung (ungefärbte Zellen) für Beleuchtung und Endenergieverbrauch in Abhängigkeit der Fassadengestaltung und der Orientierung in der Wohnung.

		Heutiges warmes Referenzjahr (2003)				Zukünftiges warmes Jahr (Periode 2045-2074)				
		Heizwärme- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a) Heizwärme- leistung (W/m <sup>2</sup> )	Klimakälte- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a) Klimakälte- leistung (W/m <sup>2</sup> )	Elektrizit. Beleucht. (kWh/m <sup>2</sup> a) Elektrizität- leistung Beleucht. (W/m <sup>2</sup> )	Endenergie- verbrauch (kWh/m <sup>2</sup> a)	Heizwärme- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a) Heizwärme- leistung (W/m <sup>2</sup> )	Klimakälte- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a) Klimakälte- leistung (W/m <sup>2</sup> )	Elektrizit. Beleucht. (kWh/m <sup>2</sup> a) Elektrizität- leistung Beleucht. (W/m <sup>2</sup> )	Endenergie- verbrauch (kWh/m <sup>2</sup> a)	
<b>Referenz</b> Fenster 25 % kleiner	Wohn. Süd Zimmer Ost	8.5 12.8	2.2 16.1	1.8 1.5	5.0	5.5 11.3	7.3 18.7	1.8 1.5	5.8	
	Wohn. West Zimmer Süd	8.6 12.8	2.1 16.7	1.8 1.5		5.0	5.5 11.3	6.9 18.0		1.8 1.5
	Wohn. Nord Zimmer West	10.8 16.5	1.9 16.7	1.8 1.5	5.6	7.5 11.3	6.6 18.0	1.8 1.5	6.2	
	Wohn. Ost Zimmer Nord	10.8 14.3	2.0 14.8	1.8 1.5		5.6	7.5 11.3	6.8 16.7		1.8 1.5
	<b>Option 1</b> Bandfenster «horizontal»	Wohn. Süd Zimmer Ost	8.8 13.5	2.3 16.7	1.8 1.5	5.1	5.7 11.3	7.3 18.7	1.8 1.5	5.9
		Wohn. West Zimmer Süd	8.9 13.5	2.1 16.7	1.8 1.5		5.1	5.7 11.3	7.0 18.0	
Wohn. Nord Zimmer West		11.2 17.3	2.0 16.7	1.8 1.5	5.7	7.7 12.0	6.7 18.0	1.8 1.5	6.3	
Wohn. Ost Zimmer Nord		11.2 15.8	2.0 14.8	1.8 1.5		5.7	7.8 11.3	6.9 16.7		1.8 1.5
<b>Option 2</b> 3 Fenster „vertikal“		Wohn. Süd Zimmer Ost	10.3 13.5	2.2 16.1	1.8 1.5	5.5	6.9 12.0	7.1 18.7	1.8 1.5	6.1
		Wohn. West Zimmer Süd	10.3 13.5	2.1 16.7	1.8 1.5		5.5	6.9 12.0	6.7 18.0	
	Wohn. Nord Zimmer West	12.7 17.3	1.9 16.7	1.8 1.5	6.1	9.0 12.0	6.3 18.0	1.8 1.5	6.5	
	Wohn. Ost Zimmer Nord	12.8 15.8	2.0 14.8	1.8 1.5		6.1	9.0 12.0	6.7 16.7		1.8 1.5

#### In den Zonen:

##### Zimmer 1

Tabelle 55: Heizwärme-, Klimakälte- und Elektrizitätsbedarf für Beleuchtung und Endenergieverbrauch in Abhängigkeit der Fassadengestaltung und der Orientierung in Zimmer 1.

		Heutiges warmes Referenzjahr (2003)			Zukünftiges warmes Jahr (Periode 2045-2074)		
		Heizwärme- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a)	Klimakälte- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a)	Endenergie- verbrauch (kWh/m <sup>2</sup> a)	Heizwärme- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a)	Klimakälte- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a)	Endenergie- verbrauch (kWh/m <sup>2</sup> a)
<b>Referenz</b> Fenster 25 % kleiner	Zimmer 1 Ost	7.0	2.0	4.1	4.4	6.2	4.7
	Zimmer 1 Süd	5.2	1.8	3.5	3.1	5.4	4.1
	Zimmer 1 West	7.3	1.9	4.1	4.7	5.9	4.8
	Zimmer 1 Nord	8.3	1.3	4.3	5.5	4.4	4.5



<b>Option 1</b> Bandfenster «horizontal»	Zimmer 1 <b>Ost</b>	7.4	2.2	4.2	4.7	6.6	4.9
	Zimmer 1 <b>Süd</b>	5.6	1.8	3.6	3.3	5.7	4.3
	Zimmer 1 <b>West</b>	7.8	2.0	4.3	5.1	6.2	5.0
	Zimmer 1 <b>Nord</b>	8.9	1.4	4.4	5.9	4.8	4.7
<b>Option 2</b> 3 Fenster „vertikal“	Zimmer 1 <b>Ost</b>	11.7	1.8	5.4	7.9	5.7	5.6
	Zimmer 1 <b>Süd</b>	9.5	1.7	4.7	6.2	5.0	4.9
	Zimmer 1 <b>West</b>	12.1	1.7	5.5	8.4	5.3	5.6
	Zimmer 1 <b>Nord</b>	13.3	1.3	5.7	9.4	4.1	5.5

### Wohnbereich

Tabelle 56: Heizwärme-, Klimakälte- und Elektrizitätsbedarf für Beleuchtung und Endenergieverbrauch in Abhängigkeit der Fassadengestaltung und der Orientierung im Wohnbereich.

		Heutiges warmes Referenzjahr (2003)			Zukünftiges warmes Jahr (Periode 2045-2074)		
		Heizwärme- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a)	Klimakälte- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a)	Endenergie- verbrauch (kWh/m <sup>2</sup> a)	Heizwärme- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a)	Klimakälte- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a)	Endenergie- verbrauch (kWh/m <sup>2</sup> a)
<b>Referenz</b> Fenster 25 % kleiner	Wohn. <b>Süd</b>	12.1	2.7	5.6	7.9	7.7	6.1
	Wohn. <b>West</b>	13.2	2.6	5.9	8.7	7.6	6.3
	Wohn. <b>Nord</b>	16.3	2.2	6.7	11.4	6.7	6.8
	Wohn. <b>Ost</b>	15.7	2.6	6.6	11.0	7.8	7.0
<b>Option 1</b> Bandfenster «horizontal»	Wohn. <b>Süd</b>	12.4	2.7	5.7	8.1	7.7	6.1
	Wohn. <b>West</b>	13.6	2.6	6.1	8.9	7.6	6.4
	Wohn. <b>Nord</b>	16.7	2.3	6.8	11.8	6.8	6.9
	Wohn. <b>Ost</b>	16.2	2.7	6.8	11.4	7.8	7.1
<b>Option 2</b> 3 Fenster „vertikal“	Wohn. <b>Süd</b>	13.3	2.6	5.9	8.9	7.5	6.3
	Wohn. <b>West</b>	14.5	2.6	6.3	9.8	7.4	6.6
	Wohn. <b>Nord</b>	17.6	2.2	7.1	12.7	6.5	7.1
	Wohn. <b>Ost</b>	17.1	2.6	7.0	12.2	7.7	7.3

9.6.4.2 Thermische Behaglichkeit

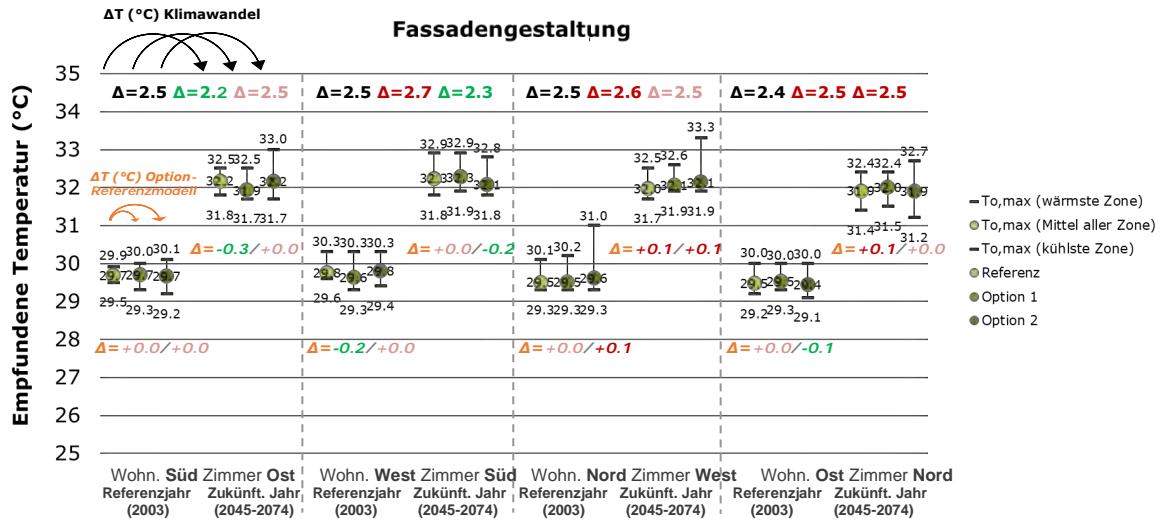


Abbildung 102: Maximale empfundene Temperatur in Abhängigkeit der Fenstergrosse und der Orientierung in der Wohnung. Die Temperaturdifferenzen im oberen Bereich der Abbildung (schwarze Pfeile) sind primär auf den Klimawandel zurückzuführen, die in der Mitte (orange Pfeile) auf die Parametervariation bei denselben klimatischen Bedingungen.

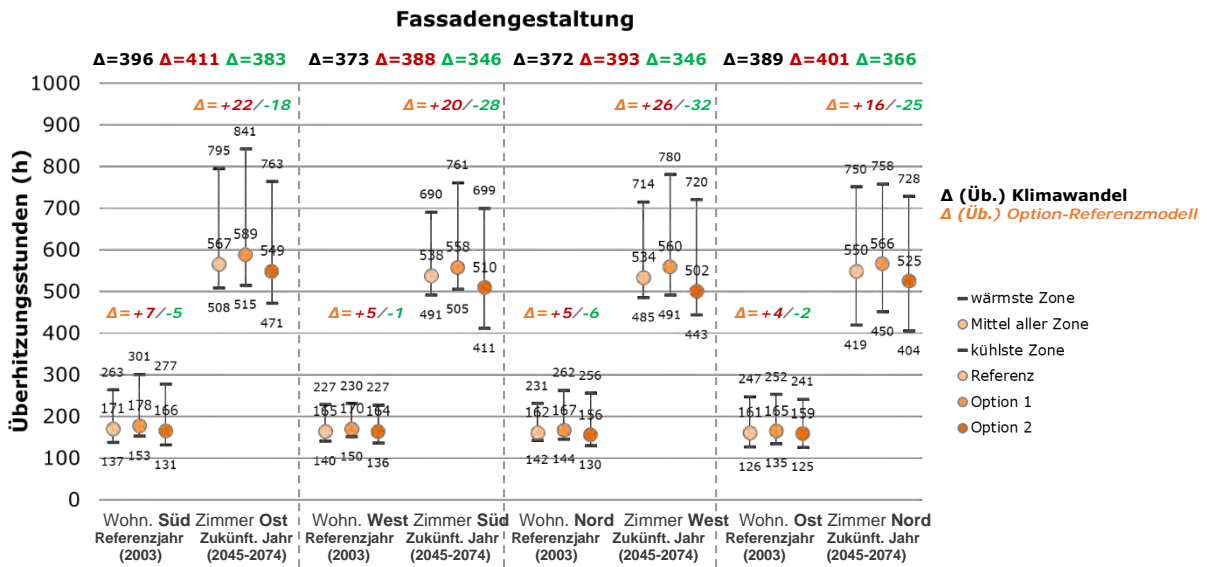


Abbildung 103: Anzahl Überheizungsstunden in Abhängigkeit von der Fassadengestaltung.

### In den Zonen:

Tabelle 57: Maximal empfundene Temperatur und Anzahl Überheizungsstunden, bezogen auf den Grenzwert der Anforderungen an Räume, während diese beheizt, gekühlt oder mechanisch belüftet (SIA 180:2014, Figur 4) sind und auf den Grenzwert der Anforderungen an Räume mit natürlicher Lüftung (SIA 180:2014, Figur 3).

		Heutiges warmes Referenzjahr (2003)						Zukünftiges warmes Jahr (Periode 2045-2074)					
		Zimmer 1			Wohnbereich			Zimmer 1			Wohnbereich		
		Emp. Temp. Max (°C)	Überhitz. mech. Lüftung (h)	Überhitz. natur. Lüftung (h)	Emp. Temp. Max (°C)	Überhitz. mit mech. Lüftung (h)	Überhitz. mit natur. Lüftung (h)	Emp. Temp. Max (°C)	Überhitz. mit mech. Lüftung (h)	Überhitz. mit natur. Lüftung (h)	Emp. Temp. Max (°C)	Überhitz. mit mech. Lüftung (h)	Überhitz. mit natur. Lüftung (h)
<b>Referenz</b> Fenster 25 % kleiner	Wohn. Süd Zimmer Ost	29.6	170	0	29.8	173	0	31.9	601	3	32.4	552	12
	Wohn. West Zimmer Süd	29.8	152	0	29.8	172	0	31.9	545	4	32.5	538	8
	Wohn. Nord Zimmer West	29.7	168	0	29.5	160	0	31.9	567	4	32.1	520	6
	Wohn. Ost Zimmer Nord	29.3	139	0	29.6	173	0	31.6	472	3	32.1	593	13
<b>Option 1</b> Bandfenster «horizontal»	Wohn. Süd Zimmer Ost	29.5	190	0	29.9	172	0	32.0	656	11	31.9	554	8
	Wohn. West Zimmer Süd	29.4	164	0	29.8	174	0	32.0	600	6	32.5	539	9
	Wohn. Nord Zimmer West	29.5	177	0	29.5	163	0	32.1	632	9	32.1	524	7
	Wohn. Ost Zimmer Nord	29.4	147	0	29.6	175	0	31.7	513	5	32.2	596	13
<b>Option 2</b> 3 Fenster „vertikal“	Wohn. Süd Zimmer Ost	29.7	150	0	29.8	169	0	32.0	523	5	32.3	556	10
	Wohn. West Zimmer Süd	29.6	144	0	29.9	170	0	32.0	457	5	32.1	531	4
	Wohn. Nord Zimmer West	29.6	144	0	29.6	158	0	32.1	495	8	32.1	501	7
	Wohn. Ost Zimmer Nord	29.2	131	0	29.6	171	0	31.4	442	1	32.1	562	10

### 9.6.4.3 Besonnungsdauer

Tabelle 58: Besonnungsdauer gemäss SN EN 17037:2019 in Zimmer 1 im 2. OG mit unterschiedlichen Fensterformen und Orientierungen unter Berücksichtigung der umliegenden Gebäude; grau hinterlegte Werte erfüllen die Anforderungen nicht.

		Besonnungsdauer	
		Stunden	Stufe
<b>Referenz</b> Fenster 25 % kleiner	Zimmer 1 Ost	3 h	Mittel
	Zimmer 1 Süd	8 h	Hoch
	Zimmer 1 West	3 h	Mittel
	Zimmer 1 Nord	0 h	Ungenügend
<b>Option 1</b> Bandfenster	Zimmer 1 Ost	3 h	Mittel
	Zimmer 1 Süd	9 h	Hoch
	Zimmer 1 West	3 h	Mittel
	Zimmer 1 Nord	0 h	Ungenügend
<b>Option 2</b> 3 Fenster „vertikal“	Zimmer 1 Ost	0.5 h	Ungenügend
	Zimmer 1 Süd	3.5 h	Mittel
	Zimmer 1 West	0.5 h	Ungenügend
	Zimmer 1 Nord	0 h	Ungenügend
3 Fenster „vertikal“ (vereint)	Zimmer 1 Ost	3 h	Mittel
	Zimmer 1 Süd	9 h	Hoch
	Zimmer 1 West	3 h	Mittel
	Zimmer 1 Nord	0 h	Ungenügend

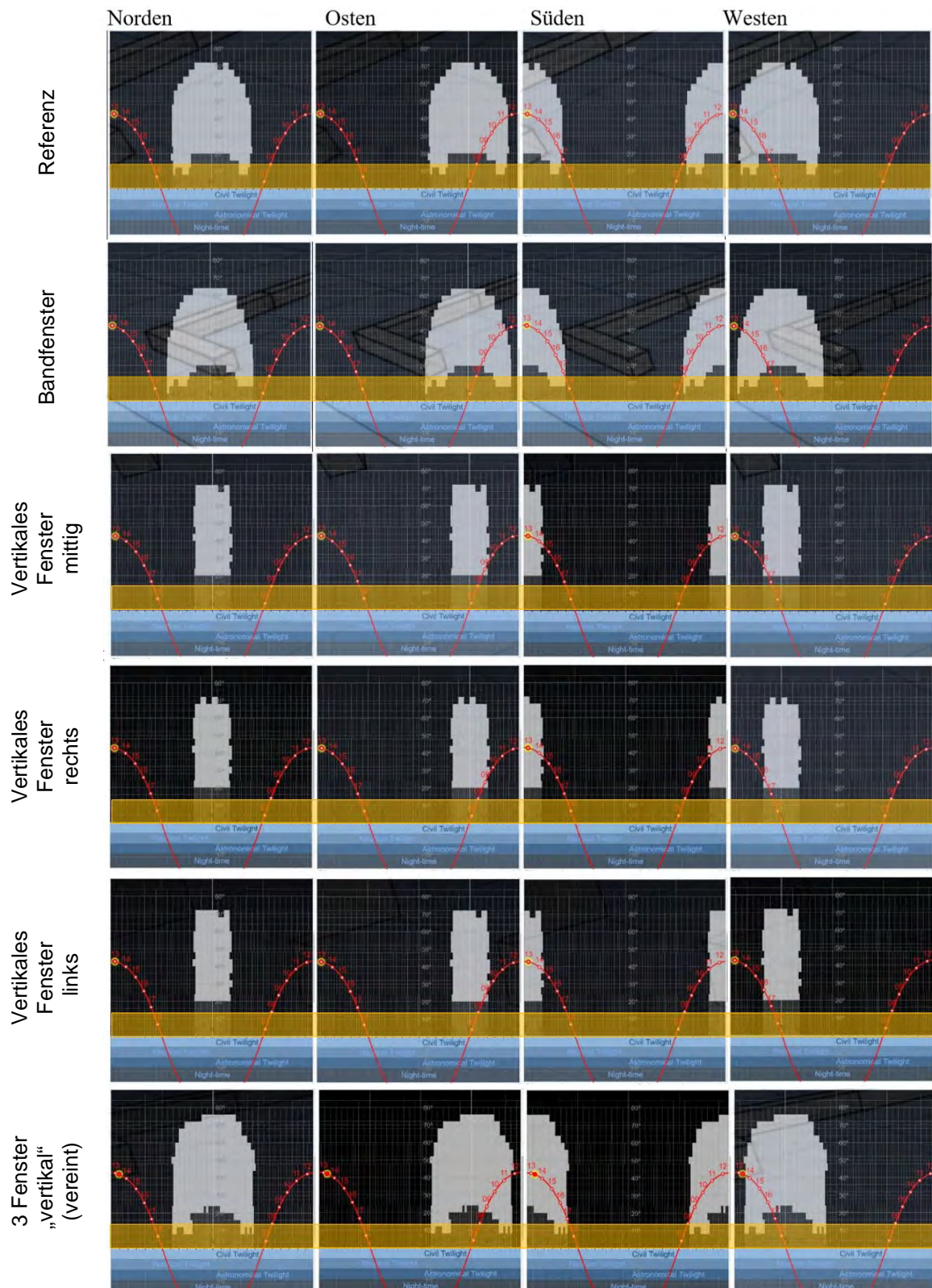


Abbildung 104: Grafiken der Besonnungsdauer gemäss «AndrewMarsh» für Zimmer 1 im 2. OG mit unterschiedlichen Fensterformen und Orientierungen unter Berücksichtigung der umliegenden Gebäude.

## 9.6.5 Bauliche Elemente: Auskragung (horizontal)

### 9.6.5.1 Energiebedarf und –verbrauch

#### In der Wohnung

Tabelle 59: Heizwärme-, Klimakälte- und Elektrizitätsbedarf und –leistung (ungefärbte Zellen) für Beleuchtung und Endenergieverbrauch in Abhängigkeit der Auskragung und der Orientierung in der Wohnung.

		Heutiges warmes Referenzjahr (2003)				Zukünftiges warmes Jahr (Periode 2045-2074)			
		Heizwärm e-bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a) Heizwärm e-leistung (W/m <sup>2</sup> )	Klimakälte- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a) Klimakälte- leistung (W/m <sup>2</sup> )	Elektrizit. Beleucht. (kWh/m <sup>2</sup> a) Elektrizität -leistung (W/m <sup>2</sup> )	Endenergie -verbrauch (kWh/m <sup>2</sup> a)	Heizwärm e-bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a) Heizwärm e-leistung (W/m <sup>2</sup> )	Klimakälte- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a) Klimakälte- leistung (W/m <sup>2</sup> )	Elektrizit. Beleucht. (kWh/m <sup>2</sup> a) Elektrizität -leistung (W/m <sup>2</sup> )	Endenergie -verbrauch (kWh/m <sup>2</sup> a)
Referenz keine Auskragung	Wohn. Süd	10.5	3.4	1.7	5.8	7.1	9.9	1.7	7.1
	Zimmer Ost	14.3	19.3	1.5		12.8	21.9	1.5	
	Wohn. West	10.5	3.1	1.7	5.8	7.1	9.2	1.8	6.9
	Zimmer Süd	15.0	19.9	1.5		12.8	21.2	1.5	
	Wohn. Ost	13.6	3.1	1.7	6.6	9.7	9.4	1.7	7.6
Zimmer Nord	15.8	17.4	1.5	12.8		19.9	1.5		
Option 1 Auskragung 1 m	Wohn. Süd	11.5	2.6	1.8	5.9	7.9	8.2	1.8	6.8
	Zimmer Ost	15.0	18.0	1.5		12.8	20.6	1.5	
	Wohn. West	12.0	2.5	1.8	6.1	8.3	7.7	1.8	6.8
	Zimmer Süd	15.0	18.0	1.5		12.8	19.3	1.5	
	Wohn. Ost	14.4	2.6	1.8	6.8	10.4	8.3	1.8	7.5
Zimmer Nord	16.5	16.1	1.5	12.8		18.7	1.5		
Option 2 Auskragung 2 m	Wohn. Süd	12.0	2.3	1.8	6.0	8.3	7.6	1.8	6.7
	Zimmer Ost	15.0	17.4	1.5		12.8	19.9	1.5	
	Wohn. West	12.8	2.3	1.8	6.3	9.0	7.5	1.9	6.9
	Zimmer Süd	15.8	17.4	1.5		13.5	18.7	1.5	
	Wohn. Ost	14.8	2.5	1.8	6.9	10.7	7.9	1.8	7.5
Zimmer Nord	17.3	16.1	1.5	12.8		18.0	1.5		

#### In den Zonen:

##### Zimmer 1

Tabelle 60: Heizwärme-, Klimakälte- und Elektrizitätsbedarf für Beleuchtung und Endenergieverbrauch in Abhängigkeit der Auskragung und der Orientierung in Zimmer 1.

		Heutiges warmes Referenzjahr (2003)			Zukünftiges warmes Jahr (Periode 2045-2074)		
		Heizwärme- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a)	Klimakälte- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a)	Endenergie- verbrauch (kWh/m <sup>2</sup> a)	Heizwärme- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a)	Klimakälte- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a)	Endenergie- verbrauch (kWh/m <sup>2</sup> a)
Referenz keine Auskragung	Zimmer 1 Ost	8.6	3.1	4.8	5.6	8.8	5.8
	Zimmer 1 Süd	6.2	2.6	4.0	3.9	7.7	5.1
	Zimmer 1 Nord	10.3	2.0	5.0	7.0	6.2	5.4
Option 1 Auskragung 1 m	Zimmer 1 Ost	10.4	1.9	5.1	7.0	5.9	5.4
	Zimmer 1 Süd	8.5	1.6	4.5	5.5	5.1	4.8
	Zimmer 1 Nord	11.9	1.4	5.4	8.2	4.5	5.4
Option 2 Auskragung 2 m	Zimmer 1 Ost	11.2	1.5	5.3	7.6	5.0	5.4
	Zimmer 1 Süd	9.6	1.5	4.8	6.3	4.7	5.0
	Zimmer 1 Nord	12.4	1.2	5.5	8.7	4.1	5.5



### 9.6.5.2 Thermische Behaglichkeit

In der Wohnung:

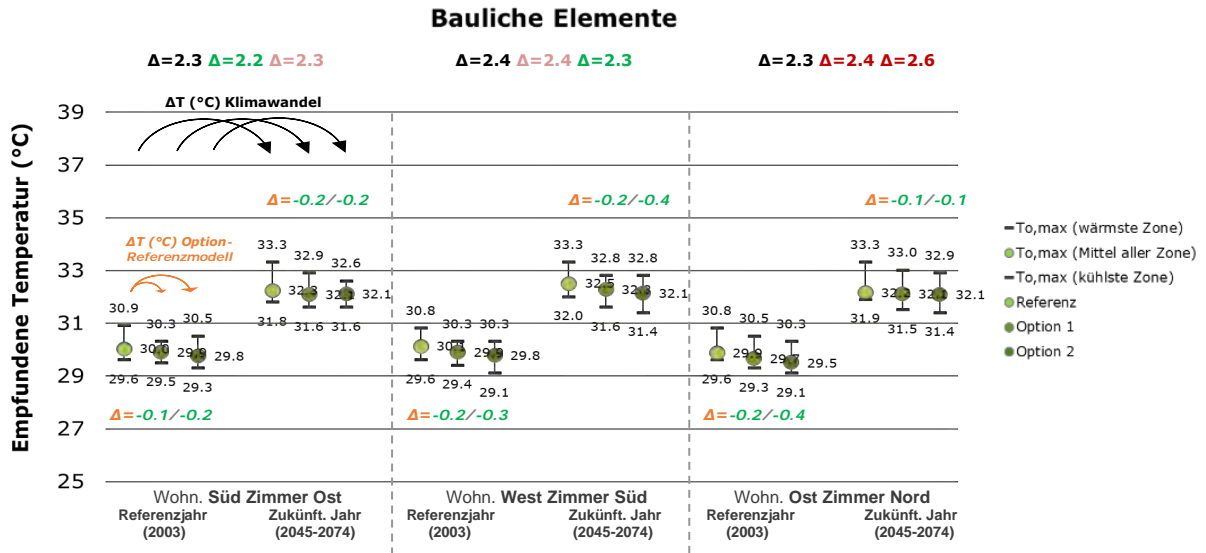


Abbildung 105: Maximale empfundene Temperatur in Abhängigkeit des baulichen Elements und der Orientierung in der Wohnung. Die Temperaturdifferenzen im oberen Bereich der Abbildung (schwarze Pfeile) sind primär auf den Klimawandel zurückzuführen, die in der Mitte (orange Pfeile) auf die Parametervariation bei denselben klimatischen Bedingungen.

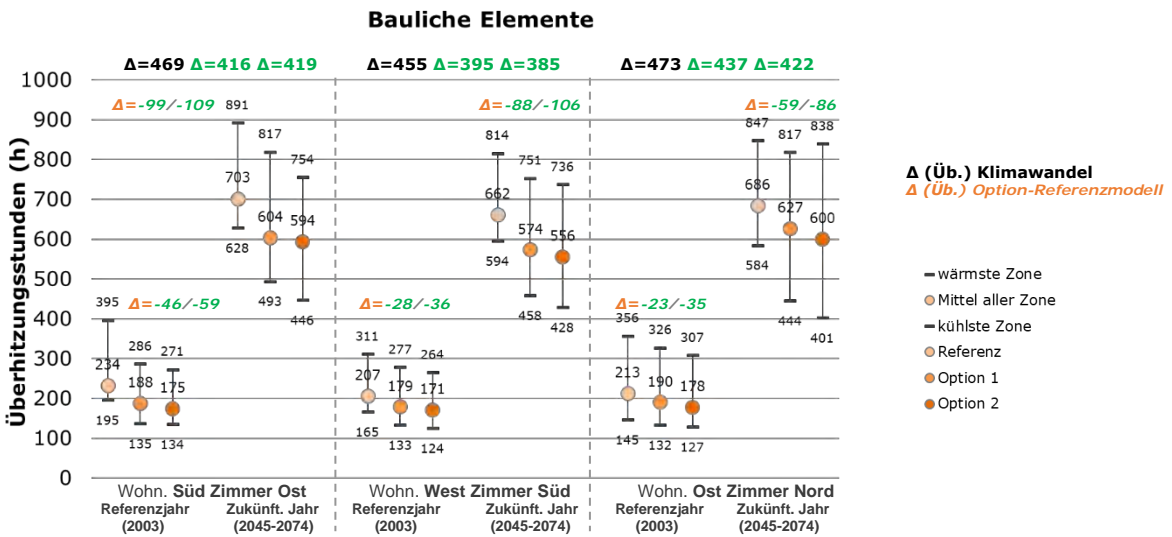


Abbildung 106: Anzahl Überheizungsstunden in Abhängigkeit von baulichen Elementen: Auskragung (horizontal).

Zimmer 1:

Tabelle 61: Maximal empfundene Temperatur und Anzahl Überhitzungsstunden, bezogen auf den Grenzwert der Anforderungen an Räume, während diese beheizt, gekühlt oder mechanisch belüftet (SIA 180:2014, Figur 4) sind und auf den Grenzwert der Anforderungen an Räume mit natürlicher Lüftung (SIA 180:2014, Figur 3).

		Heutiges warmes Referenzjahr (2003)			Zukünftiges warmes Jahr (Periode 2045-2074)		
		Emp. Temp. Max (°C)	Überhitz. mech. Lüftung (h)	Überhitz. natur. Lüftung (h)	Emp. Temp. Max (°C)	Überhitz. mit mech. Lüftung (h)	Überhitz. mit natur. Lüftung (h)
Referenz keine Auskragung	Wohn Süd Zimmer Ost	29.9	250	0	32.2	760	22
	Wohn West Zimmer Süd	29.8	198	0	32.2	701	21
	Wohn Ost Zimmer Nord	29.6	175	0	31.9	633	4
Option 1 Auskragung 1 m	Wohn Süd Zimmer Ost	29.6	173	0	31.8	574	6
	Wohn West Zimmer Süd	29.6	151	0	31.7	538	2
	Wohn Ost Zimmer Nord	29.5	145	0	31.6	510	1
Option 2 Auskragung 2 m	Wohn Süd Zimmer Ost	29.4	155	0	31.8	530	3
	Wohn West Zimmer Süd	29.2	140	0	31.8	488	2
	Wohn Ost Zimmer Nord	29.2	139	0	31.6	472	2

**9.6.5.3 Besonnungsdauer**

Tabelle 62: Besonnungsdauer gemäss SN EN 17037:2019 in Zimmer 1 im 2. OG mit unterschiedlichen Auskragungstiefen und Orientierungen unter Berücksichtigung der umliegenden Gebäude; grau hinterlegte Werte erfüllen die Anforderungen nicht.

		Besonnungsdauer	
		Stunden	Stufe
Referenz keine Auskragung	Zimmer 1 Ost	3 h	Mittel
	Zimmer 1 Süd	9 h	Hoch
	Zimmer 1 Nord	0 h	Ungenügend
Option 1 Auskragung 1 m	Zimmer 1 Ost	1.5 h	Gering
	Zimmer 1 Süd	4.5 h	Hoch
	Zimmer 1 Nord	0 h	Ungenügend
Option 2 Auskragung 2 m	Zimmer 1 Ost	0.5 h	Ungenügend
	Zimmer 1 Süd	0 h	Ungenügend
	Zimmer 1 Nord	0 h	Ungenügend

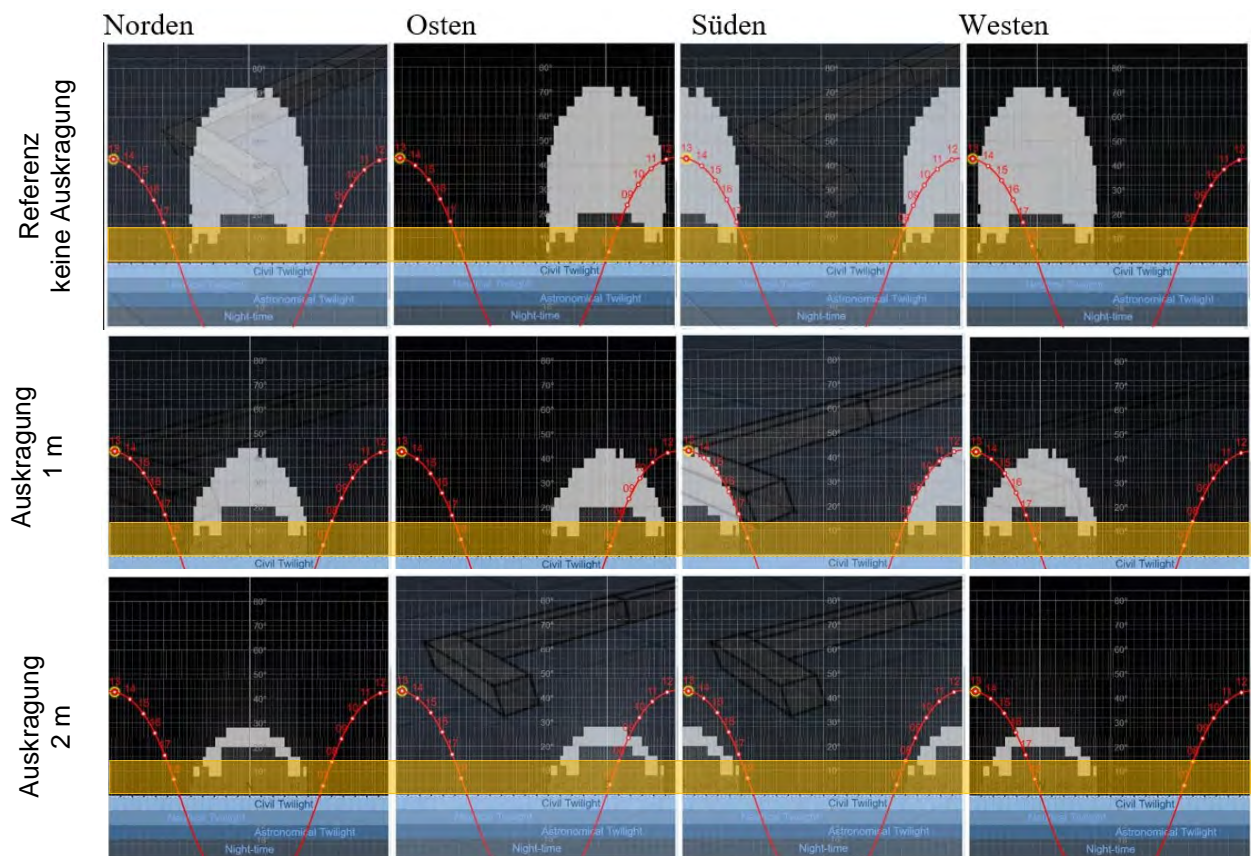


Abbildung 107: Grafiken der Besonnungsdauer gemäss «AndrewMarsh» für Zimmer 1 im 2. OG ohne Auskrragung (oben), mit einer 1 m Auskrragung (Mitte) und mit einer 2 m Auskrragung (unten) mit unterschiedlichen Orientierungen unter Berücksichtigung der umliegenden Gebäude.



## 9.6.6 Beweglicher Sonnenschutz

### 9.6.6.1 Energiebedarf und –verbrauch

#### In der Wohnung

Tabelle 63: Heizwärme-, Klimakälte- und Elektrizitätsbedarf und –leistung (ungefärbte Zellen) für Beleuchtung und Endenergieverbrauch in Abhängigkeit des Sonnenschutzes und der Orientierung in der Wohnung.

		Heutiges warmes Referenzjahr (2003)				Zukünftiges warmes Jahr (Periode 2045-2074)			
		Heizwärme- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a) Heizwärme- leistung (W/m <sup>2</sup> )	Klimakälte- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a) Klimakälte- leistung (W/m <sup>2</sup> )	Elektrizit. Beleucht. (kWh/m <sup>2</sup> a) Elektrizität- leistung Beleucht. (W/m <sup>2</sup> )	Endenergie- verbrauch (kWh/m <sup>2</sup> a)	Heizwärme- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a) Heizwärme- leistung (W/m <sup>2</sup> )	Klimakälte- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a) Klimakälte- leistung (W/m <sup>2</sup> )	Elektrizit. Beleucht. (kWh/m <sup>2</sup> a) Elektrizität- leistung Beleucht. (W/m <sup>2</sup> )	Endenergie- verbrauch (kWh/m <sup>2</sup> a)
<b>Referenz</b> Stoffmarkise "hell"	Wohn. Süd	10.5	3.4	1.7	5.8	7.1	9.9	1.7	7.1
	Zimmer Ost	14.3	19.3	1.5		12.8	21.9	1.5	
	Wohn. West	10.5	3.1	1.7	5.8	7.1	9.2	1.8	6.9
	Zimmer Süd	15.0	19.9	1.5		12.8	21.2	1.5	
	Wohn. Ost	13.6	3.1	1.7	6.6	9.7	9.4	1.7	7.6
Zimmer Nord	15.8	17.4	1.5	12.8		19.9	1.5		
<b>Option 1</b> Stoffmarkise "dunkel"	Wohn. Süd	10.6	3.2	1.7	5.8	7.1	9.6	1.7	7.0
	Zimmer Ost	14.3	19.3	1.5		12.8	21.2	1.5	
	Wohn. West	10.6	3.0	1.8	5.8	7.1	8.9	1.8	6.8
	Zimmer Süd	14.3	19.3	1.5		12.8	21.2	1.5	
	Wohn. Ost	13.3	3.0	1.7	6.6	9.6	9.2	1.8	7.6
Zimmer Nord	15.8	17.4	1.5	12.8		19.9	1.5		
<b>Option 2</b> Lamellen- storen "hell"	Wohn. Süd	10.9	3.1	1.7	5.9	7.4	9.4	1.7	7.0
	Zimmer Ost	15.0	18.7	1.5		12.8	20.6	1.5	
	Wohn. West	10.9	2.8	1.8	5.8	7.4	8.6	1.8	6.8
	Zimmer Süd	15.0	19.3	1.5		12.8	21.2	1.5	
	Wohn. Ost	13.5	3.0	1.7	6.6	9.6	9.2	1.8	7.6
Zimmer Nord	16.5	16.7	1.5	12.8		19.9	1.5		

#### In den Zonen:

##### Zimmer 1

Tabelle 64: Heizwärme-, Klimakälte- und Elektrizitätsbedarf für Beleuchtung und Endenergieverbrauch in Abhängigkeit des Sonnenschutzes und der Orientierung in Zimmer 1.

		Heutiges warmes Referenzjahr (2003)			Zukünftiges warmes Jahr (Periode 2045-2074)		
		Heizwärme- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a)	Klimakälte- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a)	Endenergie- verbrauch (kWh/m <sup>2</sup> a)	Heizwärme- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a)	Klimakälte- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a)	Endenergie- verbrauch (kWh/m <sup>2</sup> a)
<b>Referenz</b> Stoffmarkise "hell"	Zimmer 1 Ost	8.6	3.1	4.8	5.6	8.8	5.8
	Zimmer 1 Süd	6.2	2.6	4.0	3.9	7.7	5.1
	Zimmer 1 Nord	10.3	2.0	5.0	7.0	6.2	5.4
<b>Option 1</b> Stoffmarkise "dunkel"	Zimmer 1 Ost	8.5	2.9	4.7	5.6	8.3	5.7
	Zimmer 1 Süd	6.3	2.4	4.0	3.9	7.1	4.8
	Zimmer 1 Nord	10.1	2.0	4.9	6.8	6.2	5.4
<b>Option 2</b> Lamellenstoren "hell"	Zimmer 1 Ost	8.7	2.7	4.7	5.7	7.9	5.6
	Zimmer 1 Süd	6.6	2.2	4.0	4.1	6.6	4.8
	Zimmer 1 Nord	10.2	2.0	5.0	6.8	6.3	5.5

### 9.6.6.2 Thermische Behaglichkeit

In der Wohnung:

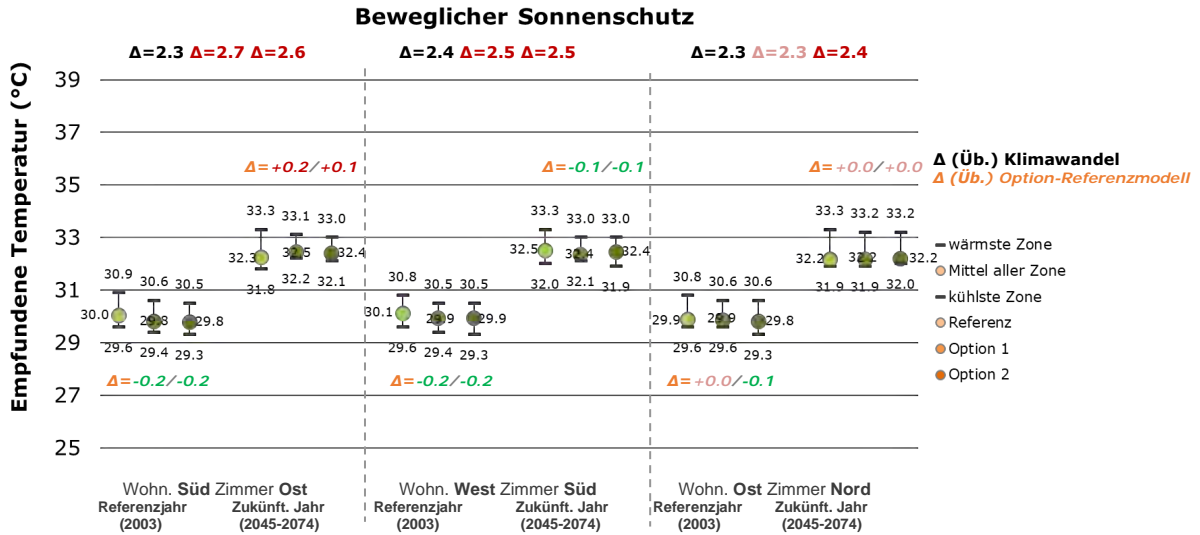


Abbildung 108: Maximale empfundene Temperatur in Abhängigkeit des Sonnenschutzes und der Orientierung in der Wohnung. Die Temperaturdifferenzen im oberen Bereich der Abbildung (schwarze Pfeile) sind primär auf den Klimawandel zurückzuführen, die in der Mitte (orange Pfeile) auf die Parametervariation bei denselben klimatischen Bedingungen.

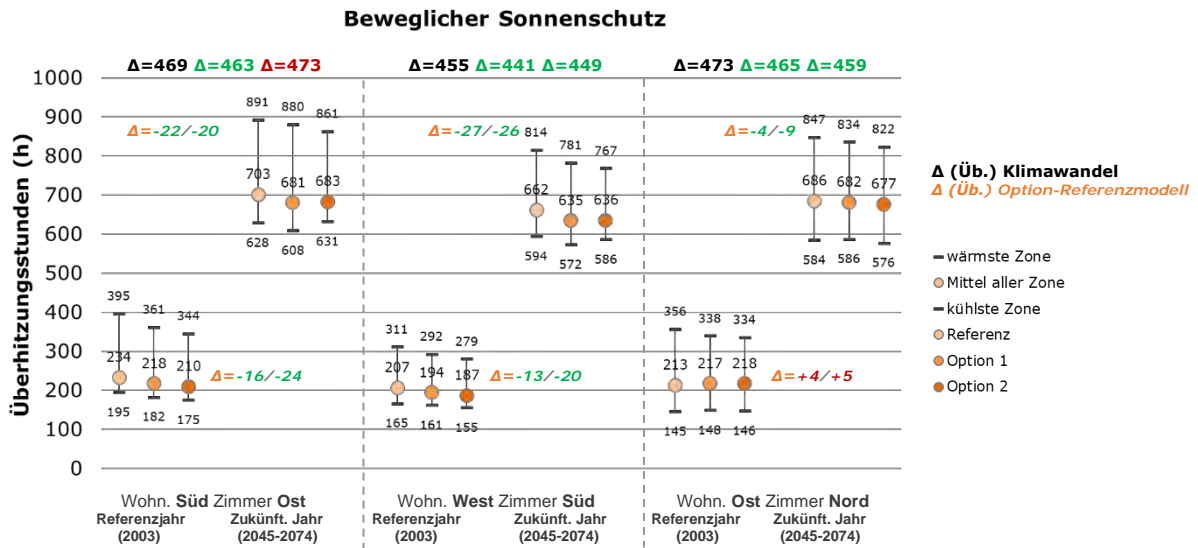


Abbildung 109: Anzahl Überhitzungsstunden in Abhängigkeit vom beweglichem Sonnenschutz.

Zimmer 1:

Tabelle 65: Maximal empfundene Temperatur und Anzahl Überheizungsstunden, bezogen auf den Grenzwert der Anforderungen an Räume, während diese beheizt, gekühlt oder mechanisch belüftet (SIA 180:2014, Figur 4) sind und auf den Grenzwert der Anforderungen an Räume mit natürlicher Lüftung (SIA 180:2014, Figur 3).

		Heutiges warmes Referenzjahr (2003)			Zukünftiges warmes Jahr (Periode 2045-2074)		
		Emp. Temp. Max (°C)	Überhitz . mech. Lüftung (h)	Überhitz . natur. Lüftung (h)	Emp. Temp. Max (°C)	Überhitz . mit mech. Lüftung (h)	Überhitz z. mit natur. Lüftung (h)
<b>Referenz</b> Stoffmarkise "hell"	Wohn <b>Süd</b> Zimmer <b>Ost</b>	29.9	250	0	32.2	760	22
	Wohn <b>West</b> Zimmer <b>Süd</b>	29.8	198	0	32.2	701	21
	Wohn <b>Ost</b> Zimmer <b>Nord</b>	29.6	175	0	31.9	633	4
<b>Option 1</b> Stoffmarkise "dunkel"	Wohn <b>Süd</b> Zimmer <b>Ost</b>	29.7	228	0	32.4	736	29
	Wohn <b>West</b> Zimmer <b>Süd</b>	29.7	189	0	32.2	670	21
	Wohn <b>Ost</b> Zimmer <b>Nord</b>	29.6	176	0	31.9	636	3
<b>Option 2</b> Lamellen- storen "hell"	Wohn <b>Süd</b> Zimmer <b>Ost</b>	29.6	219	0	32.3	713	20
	Wohn <b>West</b> Zimmer <b>Süd</b>	29.8	186	0	32.0	656	11
	Wohn <b>Ost</b> Zimmer <b>Nord</b>	29.4	176	0	32.0	628	6

## 9.6.7 Neigung des Fensters: Oblichter

### 9.6.7.1 Energiebedarf und –verbrauch

#### In der Wohnung

Tabelle 66: Heizwärme-, Klimakälte- und Elektrizitätsbedarf und –leistung (ungefärbte Zellen) für Beleuchtung und Endenergieverbrauch in Abhängigkeit des Fensters und der Orientierung in der Wohnung.

	Heutiges warmes Referenzjahr (2003)				Zukünftiges warmes Jahr (Periode 2045-2074)			
	Heizwärme- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a) Heizwärme- leistung (W/m <sup>2</sup> )	Klimakälte- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a) Klimakälte- leistung (W/m <sup>2</sup> )	Elektrizit. Beleucht. (kWh/m <sup>2</sup> a) Elektrizität- leistung (W/m <sup>2</sup> )	Endenergie- verbrauch (kWh/m <sup>2</sup> a)	Heizwärme- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a) Heizwärme- leistung (W/m <sup>2</sup> )	Klimakälte- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a) Klimakälte- leistung (W/m <sup>2</sup> )	Elektrizit. Beleucht. (kWh/m <sup>2</sup> a) Elektrizität- leistung (W/m <sup>2</sup> )	Endenergie- verbrauch (kWh/m <sup>2</sup> a)
<b>Original</b>	10.5	3.4	1.7	<b>5.8</b>	7.1	9.9	1.7	<b>7.1</b>
	14.3	19.3	1.5		12.8	21.9	1.5	
<b>Option 1</b> zwei zusätzliche Oblichter pro Zimmer, vier zusätzliche Oblichter im Wohnbereich	11.4	3.6	1.7	<b>6.2</b>	7.8	9.7	1.7	<b>7.2</b>
	14.3	20.6	1.5		12.8	23.2	1.5	
<b>Option 2</b> ein Oblicht pro Zimmer, zwei zusätzliche Oblichter im Wohnbereich, Reduzierung der Fensterfläche	10.9	3.1	1.6	<b>5.7</b>	7.4	9.1	1.6	<b>6.7</b>
	14.3	19.3	1.3		12.8	21.9	1.3	

#### In den Zonen:

##### Zimmer 1

Tabelle 67: Heizwärme-, Klimakälte- und Elektrizitätsbedarf für Beleuchtung und Endenergieverbrauch in Abhängigkeit des Fensters in Zimmer 1.

	Heutiges warmes Referenzjahr (2003)			Zukünftiges warmes Jahr (Periode 2045-2074)		
	Heizwärme- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a)	Klimakälte- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a)	Endenergie- verbrauch (kWh/m <sup>2</sup> a)	Heizwärme- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a)	Klimakälte- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a)	Endenergie- verbrauch (kWh/m <sup>2</sup> a)
<b>Original</b>	8.6	3.1	4.8	5.6	8.8	5.8
<b>Option 1</b> zwei zusätzliche Oblichter	10.1	3.5	5.4	6.8	8.3	6.0
<b>Oblicht:</b> ein Oblicht, Reduktion der Fensterfläche	9.1	2.6	4.7	6.0	7.2	5.4

##### Wohnbereich

Tabelle 68: Heizwärme-, Klimakälte- und Elektrizitätsbedarf für Beleuchtung und Endenergieverbrauch in Abhängigkeit des Fensters im Wohnbereich.

	Heutiges warmes Referenzjahr (2003)			Zukünftiges warmes Jahr (Periode 2045-2074)		
	Heizwärme- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a)	Klimakälte- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a)	Endenergie- verbrauch (kWh/m <sup>2</sup> a)	Heizwärme- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a)	Klimakälte- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a)	Endenergie- verbrauch (kWh/m <sup>2</sup> a)
<b>Referenz</b> Kein Oblicht	15.1	4.1	6.9	10.3	10.9	7.8
<b>Option 1</b> vier zusätzliche Oblichter	16.0	4.4	7.2	11.1	11.1	8.0

<b>Option 2</b> zwei Oblichter, Reduktion der Fensterfläche	15.7	3.9	6.7	10.8	10.5	7.5
--	------	-----	-----	------	------	-----

**9.6.7.2 Thermische Behaglichkeit**

In der Wohnung:

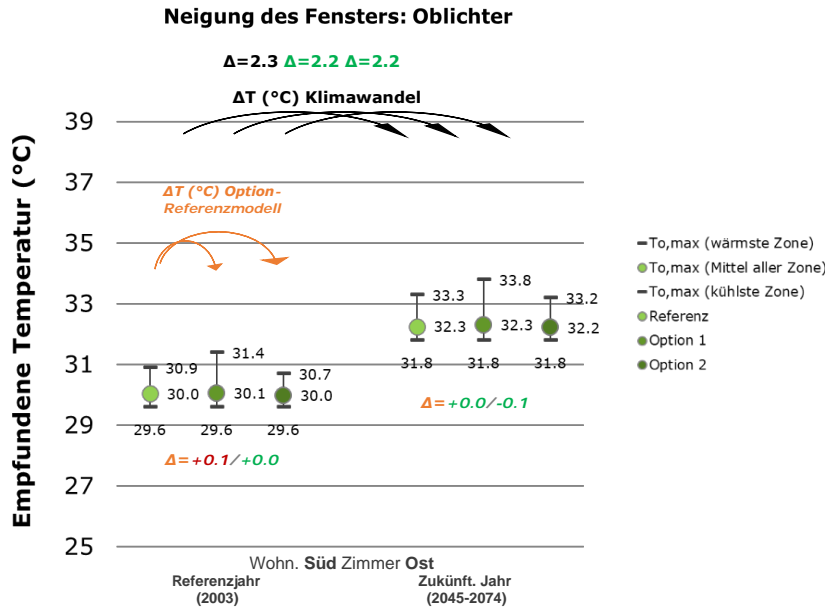


Abbildung 110: Maximale empfundene Temperatur in Abhängigkeit des Fensters in der Wohnung. Die Temperaturdifferenzen im oberen Bereich der Abbildung (schwarze Pfeile) sind primär auf den Klimawandel zurückzuführen, die in der Mitte (orange Pfeile) auf die Parametervariation bei denselben klimatischen Bedingungen.

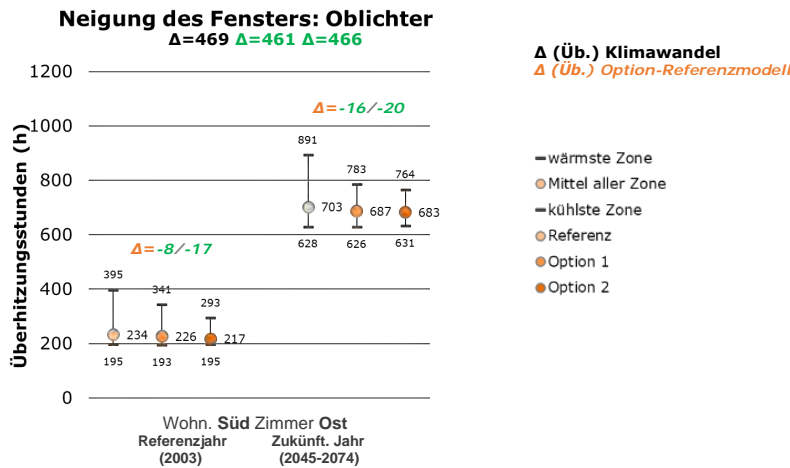


Abbildung 111: Anzahl Überhitzungsstunden in Abhängigkeit von der Neigung des Fensters.

In den Zonen:

Tabelle 69: Maximal empfundene Temperatur und Anzahl Überhitzungsstunden, bezogen auf den Grenzwert der Anforderungen an Räume, während diese beheizt, gekühlt oder mechanisch belüftet (SIA 180:2014, Figur 4) sind und auf den Grenzwert der Anforderungen an Räume mit natürlicher Lüftung (SIA 180:2014, Figur 3).

	Heutiges warmes Referenzjahr (2003)						Zukünftiges warmes Jahr (Periode 2045-2074)					
	Zimmer 1			Wohnbereich			Zimmer 1			Wohnbereich		
	Emp. Temp. Max (°C)	Überhitz. mech. Lüftung (h)	Überhitz. natur. Lüftung (h)	Emp. Temp. Max (°C)	Überhitz. mit mech. Lüftung (h)	Überhitz. mit natur. Lüftung (h)	Emp. Temp. Max (°C)	Überhitz. mit mech. Lüftung (h)	Überhitz. mit natur. Lüftung (h)	Emp. Temp. Max (°C)	Überhitz. mit mech. Lüftung (h)	Überhitz. mit natur. Lüftung (h)
<b>Referenz</b> Kein Oblicht	29.9	250	0	30.1	227	0	32.2	760	22	32.3	674	24
<b>Option 1</b> zwei zusätzliche Oblichter pro Zimmer, vier zusätzliche Oblichter im Wohnbereich	30.1	235	1	30.1	224	0	32.3	733	27	32.3	665	24
<b>Option 2</b> ein Oblicht pro Zimmer, zwei zusätzliche Oblichter im Wohnbereich, Reduzierung der Fensterfläche	29.8	216	0	30.1	219	0	32.1	724	11	32.3	664	19

## 9.6.8 Vertikale Beschattungselemente: Fixer Sonnenschutz / Fensterlaibung

### 9.6.8.1 Energiebedarf und –verbrauch

#### In der Wohnung

Tabelle 70: Heizwärme-, Klimakälte- und Elektrizitätsbedarf und –leistung (ungefärbte Zellen) für Beleuchtung und Endenergieverbrauch in Abhängigkeit der Fensterlaibung und der Orientierung in der Wohnung.

		Heutiges warmes Referenzjahr (2003)				Zukünftiges warmes Jahr (Periode 2045-2074)			
		Heizwärme- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a) Heizwärme- leistung (W/m <sup>2</sup> )	Klimakälte- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a) Klimakälte- leistung (W/m <sup>2</sup> )	Elektrizit. Beleucht. (kWh/m <sup>2</sup> a) Elektrizität- leistung Beleucht. (W/m <sup>2</sup> )	Endenergie- verbrauch (kWh/m <sup>2</sup> a)	Heizwärme- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a) Heizwärme- leistung (W/m <sup>2</sup> )	Klimakälte- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a) Klimakälte- leistung (W/m <sup>2</sup> )	Elektrizit. Beleucht. (kWh/m <sup>2</sup> a) Elektrizität- leistung Beleucht. (W/m <sup>2</sup> )	Endenergie- verbrauch (kWh/m <sup>2</sup> a)
Referenz Fensterlaibung 36 cm	Wohn. Süd Zimmer Ost	10.5	3.4	1.7	5.8	7.1	9.9	1.7	7.1
	Wohn. West Zimmer Süd	14.3	19.3	1.5		12.8	21.9	1.5	
	Wohn. Süd Zimmer Ost	10.5	3.1	1.7	5.8	7.1	9.2	1.8	6.9
	Wohn. West Zimmer Süd	15.0	19.9	1.5		12.8	21.2	1.5	
	Wohn. Nord Zimmer West	13.5	2.9	1.8	6.6	9.6	8.9	1.8	7.5
	Wohn. Ost Zimmer Nord	17.3	18.7	1.5		13.5	21.2	1.5	
Wohn. Süd Zimmer Ost	13.6	3.1	1.7	6.6	9.7	9.4	1.7	7.6	
Wohn. West Zimmer Süd	15.8	17.4	1.5		12.8	19.9	1.5		
Option 1 Fensterlaibung 70 cm	Wohn. Süd Zimmer Ost	10.7	3.2	1.7	5.8	7.2	9.5	1.7	7.0
	Wohn. West Zimmer Süd	14.3	19.3	1.5		12.8	21.2	1.5	
	Wohn. Süd Zimmer Ost	10.7	3.0	1.8	5.8	7.3	8.9	1.8	6.8
	Wohn. West Zimmer Süd	15.0	19.3	1.5		12.8	21.2	1.5	
	Wohn. Nord Zimmer West	13.7	2.8	1.8	6.6	9.8	8.7	1.8	7.5
	Wohn. Ost Zimmer Nord	17.3	18.7	1.5		12.8	20.6	1.5	
Wohn. Süd Zimmer Ost	13.6	3.0	1.7	6.6	9.8	9.1	1.8	7.6	
Wohn. West Zimmer Süd	15.8	16.7	1.5		12.8	19.3	1.5		
Option 2 Vertikale Beschattungselement: 100 cm	Wohn. Süd Zimmer Ost	11.3	3.0	1.8	6.0	7.8	9.1	1.8	7.0
	Wohn. West Zimmer Süd	15.0	18.7	1.5		12.8	20.6	1.5	
	Wohn. Süd Zimmer Ost	11.5	2.8	1.8	6.0	7.9	8.4	1.8	6.8
	Wohn. West Zimmer Süd	15.0	18.7	1.5		12.8	20.6	1.5	
	Wohn. Nord Zimmer West	14.3	2.6	1.8	6.7	10.3	8.1	1.8	7.4
	Wohn. Ost Zimmer Nord	18.0	18.0	1.5		13.5	19.9	1.5	
Wohn. Süd Zimmer Ost	14.2	2.7	1.8	6.8	10.3	8.5	1.8	7.5	
Wohn. West Zimmer Süd	16.5	16.7	1.5		12.8	18.7	1.5		

#### In den Zonen:

##### Zimmer 1

Tabelle 71: Heizwärme-, Klimakälte- und Elektrizitätsbedarf für Beleuchtung und Endenergieverbrauch in Abhängigkeit der Fensterlaibung und der Orientierung in Zimmer 1.

		Heutiges warmes Referenzjahr (2003)			Zukünftiges warmes Jahr (Periode 2045-2074)		
		Heizwärme- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a)	Klimakälte- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a)	Endenergie- verbrauch (kWh/m <sup>2</sup> a)	Heizwärme- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a)	Klimakälte- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a)	Endenergie- verbrauch (kWh/m <sup>2</sup> a)
Referenz Fensterlaibung 36 cm	Zimmer 1 Ost	8.6	3.1	4.8	5.6	8.8	5.8
	Zimmer 1 Süd	6.2	2.6	4.0	3.9	7.7	5.1
	Zimmer 1 West	8.9	2.9	4.9	6.0	8.3	5.8
	Zimmer 1 Nord	10.3	2.0	5.0	6.9	6.1	5.4
Option 1 Fensterlaibung 70 cm	Zimmer 1 Ost	8.8	2.9	4.8	5.7	8.3	5.7
	Zimmer 1 Süd	6.5	2.4	4.0	4.1	7.1	4.9
	Zimmer 1 West	9.2	2.7	4.9	6.1	7.8	5.7
	Zimmer 1 Nord	10.5	1.9	5.0	7.1	5.9	5.4
Option 2 Vertikale Beschattungselemente 100 cm	Zimmer 1 Ost	9.9	2.4	5.0	6.6	7.3	5.7
	Zimmer 1 Süd	7.7	2.1	4.3	4.9	6.2	4.9
	Zimmer 1 West	10.1	2.3	5.1	6.9	6.9	5.7
	Zimmer 1 Nord	11.3	1.5	5.2	7.8	5.0	5.3

### 9.6.8.2 Thermische Behaglichkeit

In der Wohnung:

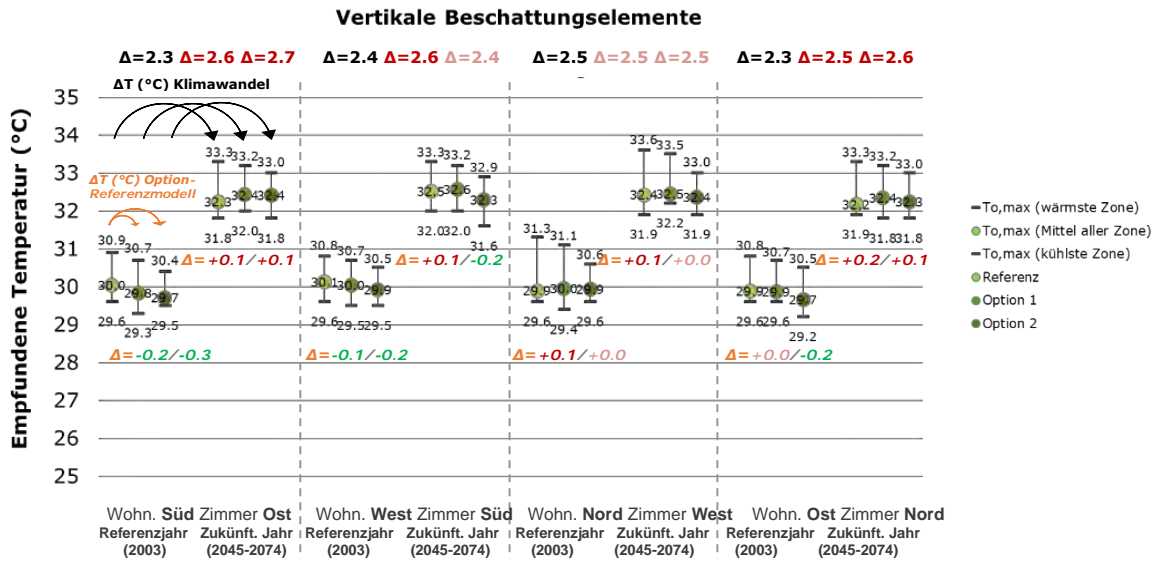


Abbildung 112: Maximale empfundene Temperatur in Abhängigkeit des Beschattungselements und der Orientierung in der Wohnung. Die Temperaturdifferenzen im oberen Bereich der Abbildung (schwarze Pfeile) sind primär auf den Klimawandel zurückzuführen, die in der Mitte (orange Pfeile) auf die Parametervariation bei denselben klimatischen Bedingungen.

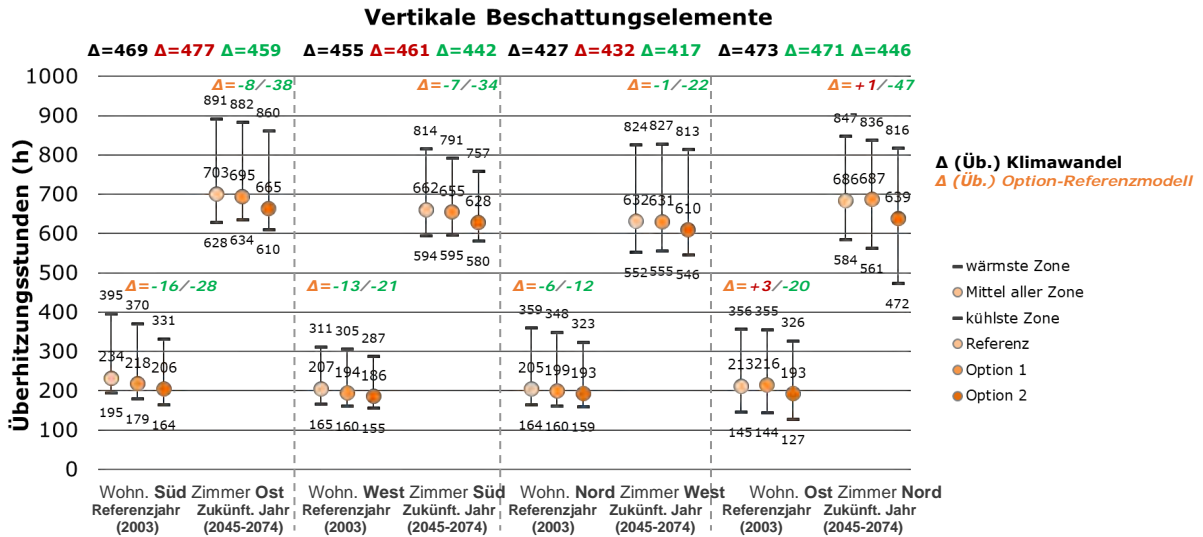


Abbildung 113: Anzahl Überhitzungsstunden in Abhängigkeit von vertikalen Beschattungselementen.



**Zimmer 1:**

Tabelle 72: Maximal empfundene Temperatur und Anzahl Überhitzungsstunden, bezogen auf den Grenzwert der Anforderungen an Räume, während diese beheizt, gekühlt oder mechanisch belüftet (SIA 180:2014, Figur 4) sind und auf den Grenzwert der Anforderungen an Räume mit natürlicher Lüftung (SIA 180:2014, Figur 3).

		Heutiges warmes Referenzjahr (2003)			Zukünftiges warmes Jahr (Periode 2045-2074)		
		Emp. Temp. Max (°C)	Überhitz. mech. Lüftung (h)	Überhitz. natür. Lüftung (h)	Emp. Temp. Max (°C)	Überhitz. mit mech. Lüftung (h)	Überhitz. mit natür. Lüftung (h)
Referenz Fensterlaibung 36 cm	Wohn. Süd Zimmer Ost	29.9	250	0	32.2	761	22
	Wohn. West Zimmer Süd	29.8	198	0	32.2	702	21
	Wohn. Nord Zimmer West	30.1	220	1	32.3	694	22
	Wohn. Ost Zimmer Nord	29.6	175	0	31.9	633	4
Option 1 Fensterlaibung 70 cm	Wohn. Süd Zimmer Ost	29.7	229	0	32.3	735	24
	Wohn. West Zimmer Süd	29.7	186	0	32.2	687	21
	Wohn. Nord Zimmer West	29.9	215	0	32.6	684	22
	Wohn. Ost Zimmer Nord	29.6	172	0	32.0	614	4
Option 2 Vertikale Be- schattungselemente 100 cm	Wohn. Süd Zimmer Ost	29.8	208	0	32.1	681	12
	Wohn. West Zimmer Süd	29.6	177	0	31.8	630	4
	Wohn. Nord Zimmer West	29.9	200	0	32.3	652	14
	Wohn. Ost Zimmer Nord	29.4	143	0	31.9	532	4

**9.6.8.3 Besonnungsdauer**

Tabelle 73: Besonnungsdauer gemäss SN EN 17037:2019 in Zimmer 1 im 2. OG mit unterschiedlichen vertikalen Beschattungselementen und Orientierungen unter Berücksichtigung der umliegenden Gebäude; grau hinterlegte Werte erfüllen die Anforderungen nicht.

		Besonnungsdauer	
		Stunden	Stufe
Referenz Fensterlaibung 36 cm	Zimmer 1 Ost	3 h	Mittel
	Zimmer 1 Süd	9 h	Hoch
	Zimmer 1 West	3 h	Mittel
	Zimmer 1 Nord	0 h	Ungenügend
Option 1 Fensterlaibung 70 cm	Zimmer 1 Ost	2.5 h	Gering
	Zimmer 1 Süd	7 h	Hoch
	Zimmer 1 West	2.5 h	Gering
	Zimmer 1 Nord	0 h	Ungenügend
Option 2 Vertikale Beschattungselemente 100 cm	Zimmer 1 Ost	1.5 h	Gering
	Zimmer 1 Süd	4.5 h	Hoch
	Zimmer 1 West	1.5 h	Gering
	Zimmer 1 Nord	0 h	Ungenügend

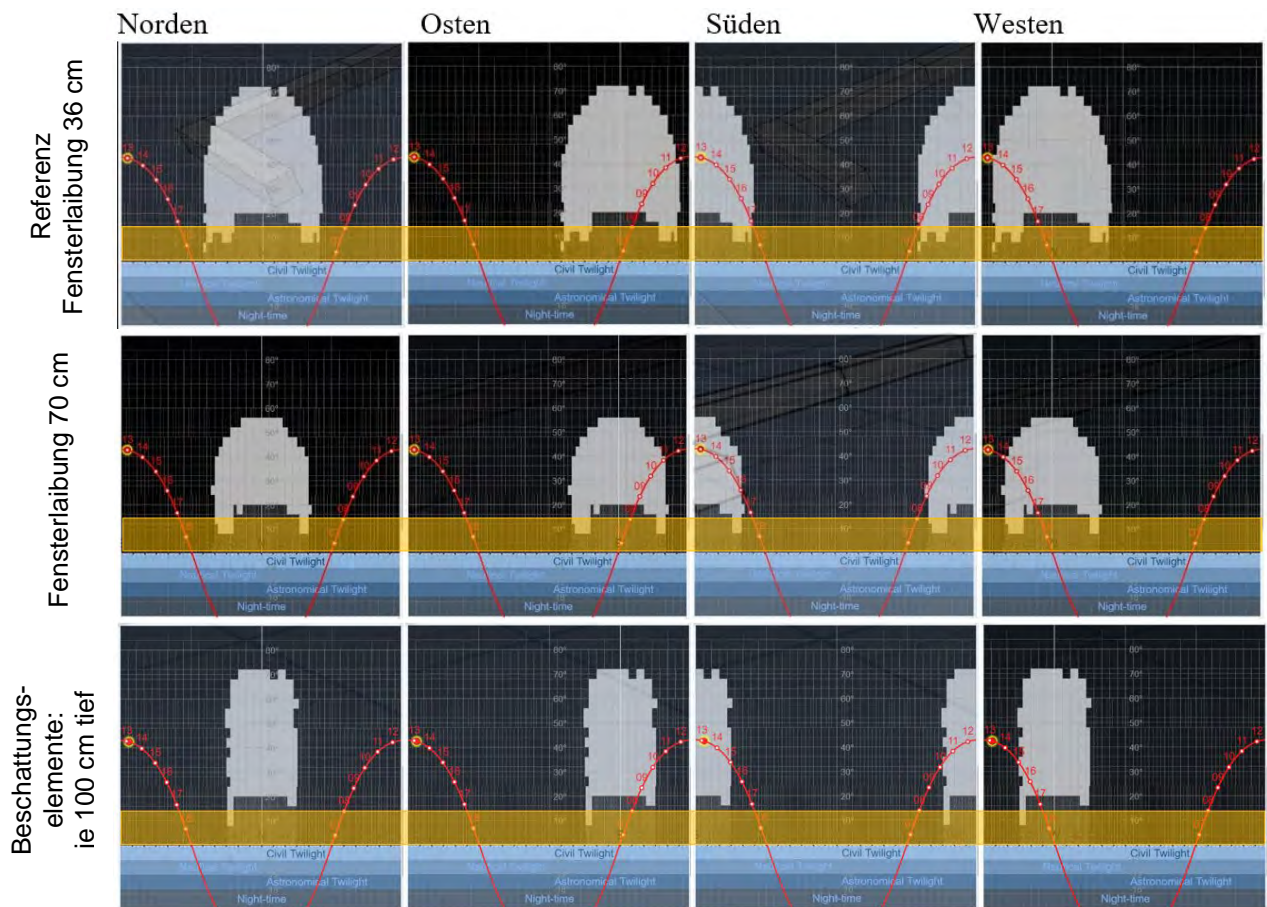


Abbildung 114: Grafiken der Besonnungsdauer gemäss «AndrewMarsh» für Zimmer 1 im 2. OG mit einer 36 cm Fensterlaibung (oben), mit einer 70 cm Fensterlaibung (Mitte) und mit beidseitig 100 cm tiefen vertikalen Beschattungselementen (unten) mit unterschiedlichen Orientierungen unter Berücksichtigung der umliegenden Gebäude.

## 9.6.9 Qualität der Verglasung / technologischer Fortschritt

### 9.6.9.1 Energiebedarf und -verbrauch

#### In der Wohnung

Tabelle 74: Heizwärme-, Klimakälte- und Elektrizitätsbedarf und -leistung (ungefärbte Zellen) für Beleuchtung und Endenergieverbrauch in Abhängigkeit der Verglasung und der Orientierung in der Wohnung.

		Heutiges warmes Referenzjahr (2003)				Zukünftiges warmes Jahr (Periode 2045-2074)			
		Heizwärme- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a) Heizwärme- leistung (W/m <sup>2</sup> )	Klimakälte- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a) Klimakälte- leistung (W/m <sup>2</sup> )	Elektrizit. Beleucht. (kWh/m <sup>2</sup> a) Elektrizität- leistung Beleucht. (W/m <sup>2</sup> )	Endenergie- verbrauch (kWh/m <sup>2</sup> a)	Heizwärme- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a) Heizwärme- leistung (W/m <sup>2</sup> )	Klimakälte- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a) Klimakälte- leistung (W/m <sup>2</sup> )	Elektrizit. Beleucht. (kWh/m <sup>2</sup> a) Elektrizität- leistung Beleucht. (W/m <sup>2</sup> )	Endenergie- verbrauch (kWh/m <sup>2</sup> a)
Referenz Original- verglasung	Wohn. Süd	10.5	3.4	1.7	5.8	7.1	9.9	1.7	7.1
	Zimmer Ost	14.3	19.3	1.5		12.8	21.9	1.5	
	Wohn. West	10.5	3.1	1.7	5.8	7.1	9.2	1.8	6.9
	Zimmer Süd	15.0	19.9	1.5		12.8	21.2	1.5	
	Wohn. Nord	13.5	2.9	1.8	6.6	9.6	8.9	1.8	7.5
Zimmer West	17.3	18.7	1.5	13.5		21.2	1.5		
Option 1 zusätzl. Fenster- folien	Wohn. Ost	13.6	3.1	1.7	6.6	9.7	9.4	1.7	7.6
	Zimmer Nord	15.8	17.4	1.5		12.8	19.9	1.5	
	Wohn. Süd	16.1	1.2	1.9	6.9	11.7	4.5	1.9	6.8
	Zimmer Ost	17.3	12.9	1.5		13.5	14.8	1.5	
	Wohn. West	16.1	1.2	1.9	6.9	11.7	4.2	1.9	6.7
Zimmer Süd	19.5	13.5	1.5	13.5		15.4	1.5		
Option 2 Elektro- chromes Glas	Wohn. Nord	18.1	1.1	1.9	7.5	13.5	4.2	1.9	7.2
	Zimmer West	21.0	13.5	1.5		15.8	14.8	1.5	
	Wohn. Ost	18.2	1.1	1.9	7.5	13.6	4.3	1.9	7.2
	Zimmer Nord	20.3	12.9	1.5		15.0	13.5	1.5	
	Option 2 Elektro- chromes Glas	Wohn. Süd	12.9	1.4	1.8	6.0	9.0	5.2	1.8
Zimmer Ost		30.8	14.1	1.5	24.0		15.4	1.5	
Wohn. West		12.9	1.3	1.8	5.9	8.9	4.7	1.8	5.9
Zimmer Süd		31.5	14.8	1.5		17.3	15.4	1.5	
Wohn. Nord		13.9	1.5	1.8	6.3	9.9	5.5	1.8	6.5
Zimmer West	31.5	14.8	1.5	24.8		16.7	1.5		
Option 2 Elektro- chromes Glas	Wohn. Ost	13.8	1.6	1.8	6.3	9.8	6.0	1.8	6.6
	Zimmer Nord	31.5	14.1	1.5		24.8	16.1	1.5	

#### In den Zonen:

##### Zimmer 1

Tabelle 75: Heizwärme-, Klimakälte- und Elektrizitätsbedarf für Beleuchtung und Endenergieverbrauch in Abhängigkeit der Verglasung und der Orientierung in Zimmer 1.

		Heutiges warmes Referenzjahr (2003)			Zukünftiges warmes Jahr (Periode 2045-2074)		
		Heizwärme- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a)	Klimakälte- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a)	Endenergie- verbrauch (kWh/m <sup>2</sup> a)	Heizwärme- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a)	Klimakälte- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a)	Endenergie- verbrauch (kWh/m <sup>2</sup> a)
Referenz Originalvergl. asung	Zimmer 1 Ost	8.6	3.1	4.8	5.6	8.8	5.8
	Zimmer 1 Süd	6.2	2.6	4.0	3.9	7.7	5.1
	Zimmer 1 West	8.9	2.9	4.9	6.0	8.3	5.8
	Zimmer 1 Nord	10.3	2.0	5.0	6.9	6.1	5.4
Option 1 zusätzl. Fensterfolie n	Zimmer 1 Ost	12.6	1.1	5.5	8.7	3.6	5.2
	Zimmer 1 Süd	11.0	1.0	5.1	7.4	3.3	4.8
	Zimmer 1 West	12.9	1.0	5.6	9.0	3.5	5.3
	Zimmer 1 Nord	13.9	0.8	5.8	9.8	2.9	5.4
Option 2 Elektro- chromes Glas	Zimmer 1 Ost	9.9	1.1	4.6	6.5	3.8	4.5
	Zimmer 1 Süd	9.3	0.8	4.3	6.0	2.9	4.1
	Zimmer 1 West	10.0	1.1	4.6	6.7	3.8	4.6
	Zimmer 1 Nord	10.3	1.3	4.8	7.0	4.4	4.9

### 9.6.9.2 Thermische Behaglichkeit

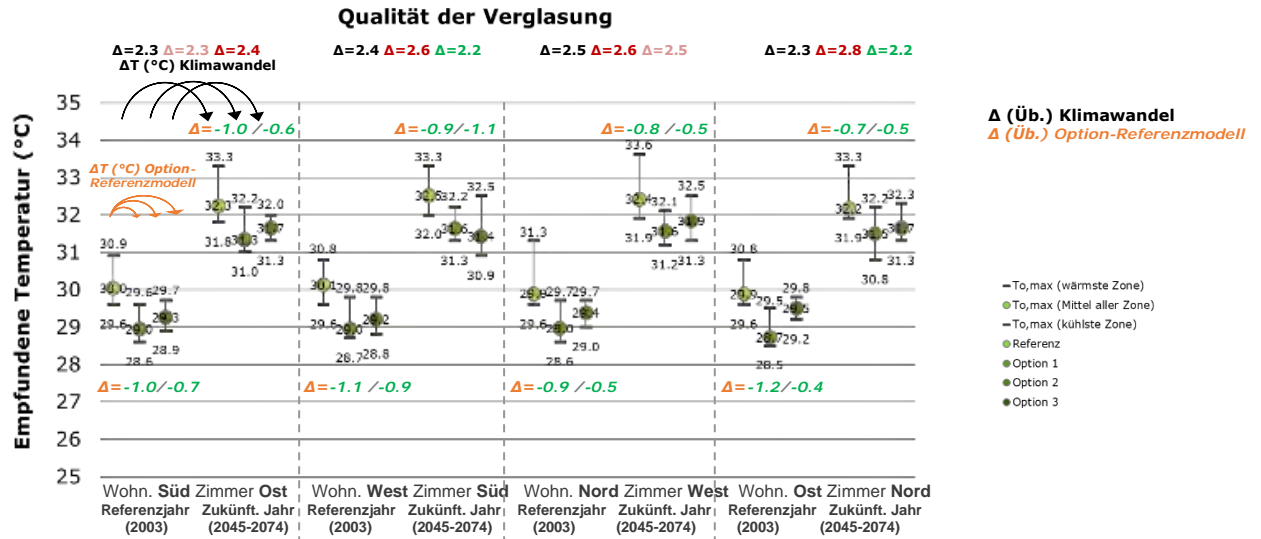


Abbildung 115: Maximale empfundene Temperatur in Abhängigkeit der Verglasung und der Orientierung in der Wohnung. Die Temperaturdifferenzen im oberen Bereich der Abbildung (schwarze Pfeile) sind primär auf den Klimawandel zurückzuführen, die in der Mitte (orange Pfeile) auf die Parametervariation bei denselben klimatischen Bedingungen.

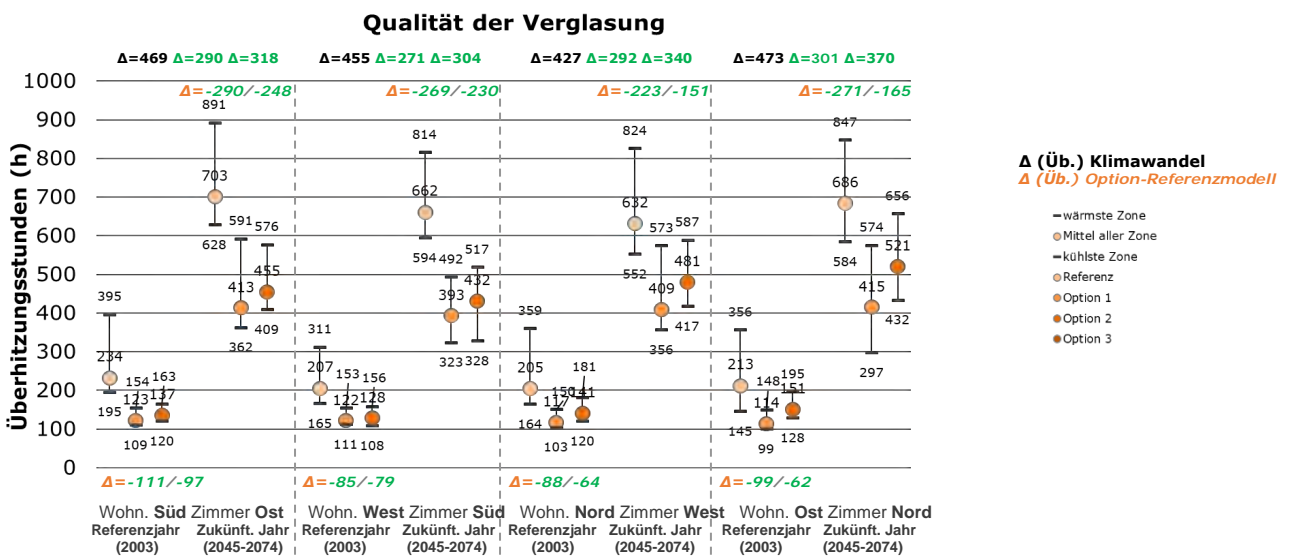


Abbildung 116: Anzahl Überhitzungsstunden in Abhängigkeit von der Qualität der Verglasung sowie dem technologischen Fortschritt.

In Zimmer 1:

Tabelle 76: Maximal empfundene Temperatur und Anzahl Überheizungsstunden, bezogen auf den Grenzwert der Anforderungen an Räume, während diese beheizt, gekühlt oder mechanisch belüftet (SIA 180:2014, Figur 4) sind und auf den Grenzwert der Anforderungen an Räume mit natürlicher Lüftung (SIA 180:2014, Figur 3).

		Heutiges warmes Referenzjahr (2003)			Zukünftiges warmes Jahr (Periode 2045-2074)		
		Zimmer 1			Zimmer 1		
		Emp. Temp. Max  (°C)	Überhitz. mech. Lüftung  (h)	Überhitz. natür. Lüftung  (h)	Emp. Temp. Max  (°C)	Überhitz. mit mech. Lüftung  (h)	Überhitz. mit natür. Lüftung  (h)
<b>Referenz</b> Originalverglasung	Wohn <b>Süd</b> Zimmer <b>Ost</b>	29.9	250	0	32.2	760	22
	Wohn <b>West</b> Zimmer <b>Süd</b>	29.8	198	0	32.2	701	21
	Wohn <b>Nord</b> Zimmer <b>West</b>	30.1	220	1	32.3	693	22
	Wohn <b>Ost</b> Zimmer <b>Nord</b>	29.6	175	0	31.9	633	4
<b>Option 1</b> zusätzl. Fensterfolien	Wohn <b>Süd</b> Zimmer <b>Ost</b>	28.8	120	0	31.4	419	1
	Wohn <b>West</b> Zimmer <b>Süd</b>	29.0	118	0	31.4	365	0
	Wohn <b>Nord</b> Zimmer <b>West</b>	29.3	121	0	31.4	416	2
	Wohn <b>Ost</b> Zimmer <b>Nord</b>	28.7	106	0	31.0	339	0
<b>Option 2</b> Elektrochromes Glas	Wohn <b>Süd</b> Zimmer <b>Ost</b>	29.0	127	0	31.7	457	2
	Wohn <b>West</b> Zimmer <b>Süd</b>	28.9	113	0	31.1	361	1
	Wohn <b>Nord</b> Zimmer <b>West</b>	29.1	126	0	31.8	454	1
	Wohn <b>Ost</b> Zimmer <b>Nord</b>	29.3	139	0	31.5	484	2

## 9.6.10 Bauliche Elemente: Wintergarten / verglaste Loggia

### 9.6.10.1 Energiebedarf und –verbrauch

#### In der Wohnung

Tabelle 77: Heizwärme-, Klimakälte- und Elektrizitätsbedarf und –leistung (ungefärbte Zellen) für Beleuchtung und Endenergieverbrauch in Abhängigkeit des bauliche Elements und der Orientierung in der Wohnung.

		Heutiges warmes Referenzjahr (2003)				Zukünftiges warmes Jahr (Periode 2045-2074)			
		Heizwärmebedarf (kWh/m <sup>2</sup> a) Heizwärmeleistung (W/m <sup>2</sup> )	Klimakältebedarf (kWh/m <sup>2</sup> a) Klimakälteleistung (W/m <sup>2</sup> )	Elektrizit. Beleucht. (kWh/m <sup>2</sup> a) Elektrizitätsleistung (W/m <sup>2</sup> )	Endenergieverbrauch (kWh/m <sup>2</sup> a)	Heizwärmebedarf (kWh/m <sup>2</sup> a) Heizwärmeleistung (W/m <sup>2</sup> )	Klimakältebedarf (kWh/m <sup>2</sup> a) Klimakälteleistung (W/m <sup>2</sup> )	Elektrizit. Beleucht. (kWh/m <sup>2</sup> a) Elektrizitätsleistung (W/m <sup>2</sup> )	Endenergieverbrauch (kWh/m <sup>2</sup> a)
Referenz Loggia "unverglast"	Wohn. Süd	10.5	3.4	1.7	5.8	7.1	9.9	1.7	7.1
	Zimmer Ost	14.3	19.3	1.5		12.8	21.9	1.5	
	Wohn. West	10.5	3.1	1.7	5.8	7.1	9.2	1.8	6.9
	Zimmer Süd	15.0	19.9	1.5		12.8	21.2	1.5	
	Wohn. Nord	13.5	2.9	1.8	6.6	9.6	8.9	1.8	7.5
	Zimmer West	17.3	18.7	1.5		13.5	21.2	1.5	
Wohn. Ost	13.6	3.1	1.7	6.6	9.7	9.4	1.7	7.6	
Zimmer Nord	15.8	17.4	1.5		12.8	19.9	1.5		
Option 1 Loggia "verglast"	Wohn. Süd	7.2	2.5	2.1	5.0	4.5	7.8	2.1	6.0
	Zimmer Ost	12.0	18.0	1.7		10.5	18.7	1.7	
	Wohn. West	6.9	2.3	2.1	4.8	4.2	7.3	2.1	5.8
	Zimmer Süd	12.0	18.0	1.7		10.5	19.3	1.7	
	Wohn. Nord	9.3	2.2	2.1	5.5	6.2	7.1	2.1	6.3
	Zimmer West	16.5	16.7	1.7		10.5	18.7	1.7	
Wohn. Ost	9.4	2.1	2.1	5.5	6.3	7.2	2.1	6.3	
Zimmer Nord	15.0	16.7	1.7		10.5	16.1	1.7		
Option 2 Wintergarten	Wohn. Süd	7.2	2.6	2.1	5.0	4.5	8.0	2.1	6.1
	Zimmer Ost	12.0	16.7	1.7		10.5	19.3	1.7	
	Wohn. West	6.9	2.4	2.1	4.9	4.3	7.5	2.1	5.8
	Zimmer Süd	12.8	18.0	1.7		10.5	19.3	1.7	
	Wohn. Nord	9.4	2.2	2.1	5.6	6.3	7.3	2.1	6.4
	Zimmer West	16.5	16.7	1.7		11.3	19.3	1.7	
Wohn. Ost	9.6	2.2	2.1	5.6	6.4	7.4	2.1	6.4	
Zimmer Nord	15.0	16.7	1.7		10.5	16.7	1.7		

#### In den Zonen:

#### Wohnbereich

Tabelle 78: Heizwärme-, Klimakälte- und Elektrizitätsbedarf für Beleuchtung und Endenergieverbrauch in Abhängigkeit des bauliche Elements und der Orientierung im Wohnbereich.

		Heutiges warmes Referenzjahr (2003)			Zukünftiges warmes Jahr (Periode 2045-2074)		
		Heizwärmebedarf (kWh/m <sup>2</sup> a)	Klimakältebedarf (kWh/m <sup>2</sup> a)	Endenergieverbrauch (kWh/m <sup>2</sup> a)	Heizwärmebedarf (kWh/m <sup>2</sup> a)	Klimakältebedarf (kWh/m <sup>2</sup> a)	Endenergieverbrauch (kWh/m <sup>2</sup> a)
Referenz Loggia "unverglast"	Wohn. Süd	15.1	4.1	6.9	10.3	10.9	7.8
	Wohn. West	16.5	4.0	7.3	11.3	10.5	8.0
	Wohn. Nord	20.6	3.4	8.3	15.0	9.5	8.7
	Wohn. Ost	20.0	4.2	8.3	14.5	11.2	9.1
Option 1 Loggia "verglast"	Wohn. Süd	8.6	2.6	4.9	5.2	7.2	5.4
	Wohn. West	9.3	2.5	5.0	5.7	7.0	5.5
	Wohn. Nord	12.4	2.1	5.8	8.2	6.3	6.0
	Wohn. Ost	11.8	2.4	5.7	7.9	7.4	6.3
Wintergarten	Wohn. Süd	8.7	2.7	4.9	5.3	7.6	5.6
	Wohn. West	9.4	2.6	5.1	5.8	7.3	5.7



	Wohn. Nord	12.5	2.2	5.9	8.4	6.6	6.2
	Wohn. Ost	12.1	2.6	5.9	8.0	7.8	6.4

### 9.6.10.2 Thermische Behaglichkeit

In der Wohnung:

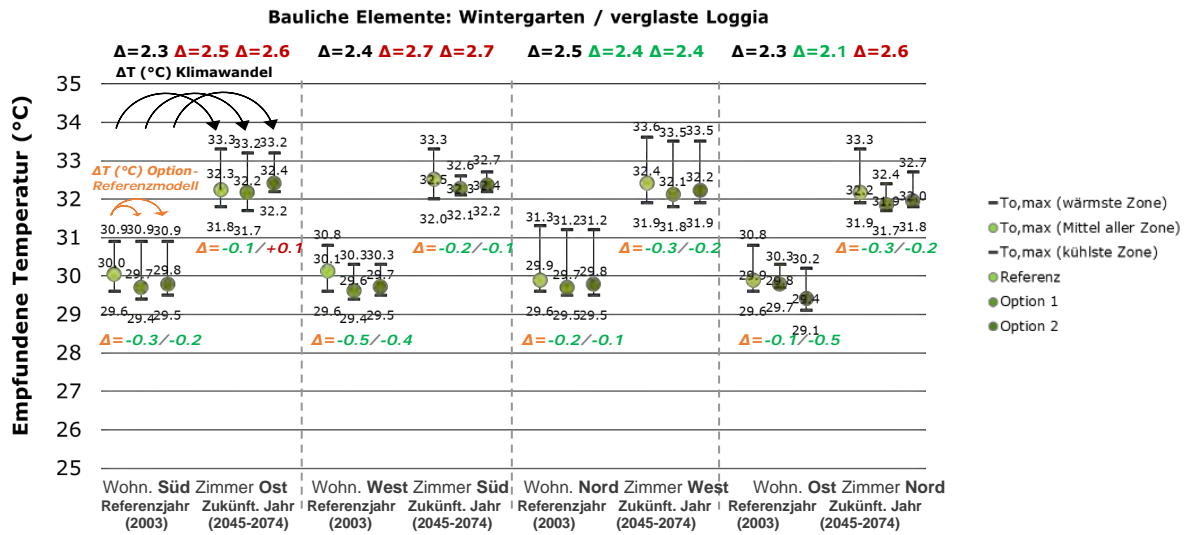


Abbildung 117: Maximale empfundene Temperatur in Abhängigkeit der Fenstergröße und der Orientierung in der Wohnung. Die Temperaturdifferenzen im oberen Bereich der Abbildung (schwarze Pfeile) sind primär auf den Klimawandel zurückzuführen, die in der Mitte (orange Pfeile) auf die Parametervariation bei denselben klimatischen Bedingungen.

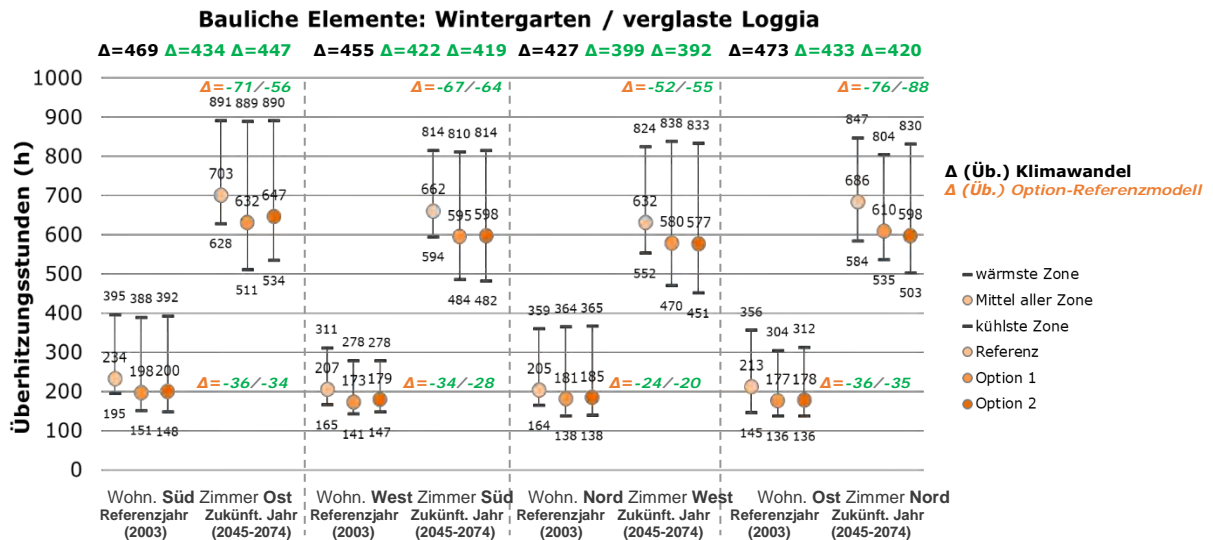


Abbildung 118: Anzahl Überheizungsstunden in Abhängigkeit von baulichen Elementen: Wintergarten / verglaste Loggia.

Wohnbereich:

Tabelle 79: Maximal empfundene Temperatur und Anzahl Überhitzungsstunden, bezogen auf den Grenzwert der Anforderungen an Räume, während diese beheizt, gekühlt oder mechanisch belüftet (SIA 180:2014, Figur 4) sind und auf den Grenzwert der Anforderungen an Räume mit natürlicher Lüftung (SIA 180:2014, Figur 3).

		Heutiges warmes Referenzjahr (2003)			Zukünftiges warmes Jahr (Periode 2045-2074)		
		Emp. Temp. Max (°C)	Überhitz. mit mech. Lüftung (h)	Überhitz. mit natür. Lüftung (h)	Emp. Temp. Max (°C)	Überhitz. mit mech. Lüftung (h)	Überhitz. mit natür. Lüftung (h)
Referenz Loggia "unverglast"	Wohn Süd Zimmer Ost	30.1	227	0	32.3	674	23
	Wohn West Zimmer Süd	30.4	212	0	32.7	645	26
	Wohn Nord Zimmer West	29.8	196	0	32.5	603	20
	Wohn Ost Zimmer Nord	30.1	234	0	32.3	715	24
Option 1 Loggia "verglast"	Wohn Süd Zimmer Ost	29.7	179	0	32.2	570	11
	Wohn West Zimmer Süd	29.5	162	0	32.2	544	16
	Wohn Nord Zimmer West	29.6	160	0	31.9	520	7
	Wohn Ost Zimmer Nord	29.9	178	0	31.9	602	3
Option 2 Wintergarten	Wohn Süd Zimmer Ost	29.8	181	0	32.4	593	17
	Wohn West Zimmer Süd	29.7	172	0	32.3	550	12
	Wohn Nord Zimmer West	29.7	165	0	32.0	517	10
	Wohn Ost Zimmer Nord	29.4	180	0	32.0	584	7



## 9.6.11 Raumbooberflächen

### 9.6.11.1 Energiebedarf und –verbrauch

#### In der Wohnung

Tabelle 80: Heizwärme-, Klimakälte- und Elektrizitätsbedarf und –leistung (ungefärbte Zellen) für Beleuchtung und Endenergieverbrauch in Abhängigkeit der Raumbooberflächen in der Wohnung.

		Heutiges warmes Referenzjahr (2003)				Zukünftiges warmes Jahr (Periode 2045-2074)			
		Heizwärme- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a) Heizwärme- leistung (W/m <sup>2</sup> )	Klimakälte- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a) Klimakälte- leistung (W/m <sup>2</sup> )	Elektrizit. Beleucht. (kWh/m <sup>2</sup> a) Elektrizität- leistung Beleucht. (W/m <sup>2</sup> )	Endenergie- verbrauch (kWh/m <sup>2</sup> a)	Heizwärme- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a) Heizwärme- leistung (W/m <sup>2</sup> )	Klimakälte- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a) Klimakälte- leistung (W/m <sup>2</sup> )	Elektrizit. Beleucht. (kWh/m <sup>2</sup> a) Elektrizität- leistung Beleucht. (W/m <sup>2</sup> )	Endenergie- verbrauch (kWh/m <sup>2</sup> a)
<b>Referenz</b>	Wohn. Süd	10.5	3.4	1.7	5.8	7.1	9.9	1.7	7.1
	Zimmer Ost	14.3	19.3	1.5		12.8	21.9	1.5	
<b>Option 1</b> Boden "dunkel"	Wohn. West	10.5	3.4	1.7	5.9	7.1	9.9	1.7	7.1
	Zimmer Süd	15.0	19.3	1.5		12.8	21.9	1.5	
<b>Option 2</b> Boden "hell"	Wohn. Nord	10.6	3.4	1.7	5.8	7.2	9.8	1.7	7.0
	Zimmer West	15.0	19.9	1.5		12.8	22.5	1.5	
<b>Option 3</b> Innenwände Lehmputz	Wohn. Ost	10.4	3.4	1.8	5.9	7.0	10.0	1.8	7.1
	Zimmer Nord	14.3	19.9	1.5		12.8	21.9	1.5	

#### In den Zonen:

#### Zimmer 1 1

Tabelle 81: Heizwärme-, Klimakälte- und Elektrizitätsbedarf für Beleuchtung und Endenergieverbrauch in Abhängigkeit der Raumbooberfläche in Zimmer 1.

		Heutiges warmes Referenzjahr (2003)			Zukünftiges warmes Jahr (Periode 2045-2074)		
		Heizwärme- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a)	Klimakälte- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a)	Endenergie- verbrauch (kWh/m <sup>2</sup> a)	Heizwärme- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a)	Klimakälte- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a)	Endenergie- verbrauch (kWh/m <sup>2</sup> a)
<b>Referenz</b>	Zimmer 1 Ost	8.6	3.1	4.8	5.6	8.8	5.8
<b>Option 1</b> Boden "dunkel"	Zimmer 1 Süd	8.6	3.1	4.8	5.6	8.8	5.8
<b>Option 2</b> Boden "hell"	Zimmer 1 West	8.6	3.2	4.8	5.6	8.8	5.8
<b>Option 3</b> Innenwände Lehmputz	Zimmer 1 Nord	8.5	3.2	4.8	5.6	8.8	5.9

#### Wohnbereich

Tabelle 82: Heizwärme-, Klimakälte- und Elektrizitätsbedarf für Beleuchtung und Endenergieverbrauch in Abhängigkeit der Raumbooberfläche im Wohnbereich.

		Heutiges warmes Referenzjahr (2003)			Zukünftiges warmes Jahr (Periode 2045-2074)		
		Heizwärme- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a)	Klimakälte- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a)	Endenergie- verbrauch (kWh/m <sup>2</sup> a)	Heizwärme- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a)	Klimakälte- bedarf (kWh/m <sup>2</sup> a)	Endenergie- verbrauch (kWh/m <sup>2</sup> a)
<b>Referenz</b>	Wohn. Süd	15.1	4.1	6.9	10.3	10.9	7.8
<b>Option 1</b> Boden "dunkel"	Wohn. West	15.1	4.1	6.9	10.3	11.0	7.8
<b>Option 2</b> Boden "hell"	Wohn. Nord	15.4	4.1	6.9	10.5	10.8	7.8
<b>Option 3</b> Innenwände Lehmputz	Wohn. Ost	15.1	4.2	6.9	10.3	11.0	7.8

### 9.6.11.2 Thermische Behaglichkeit

In der Wohnung:

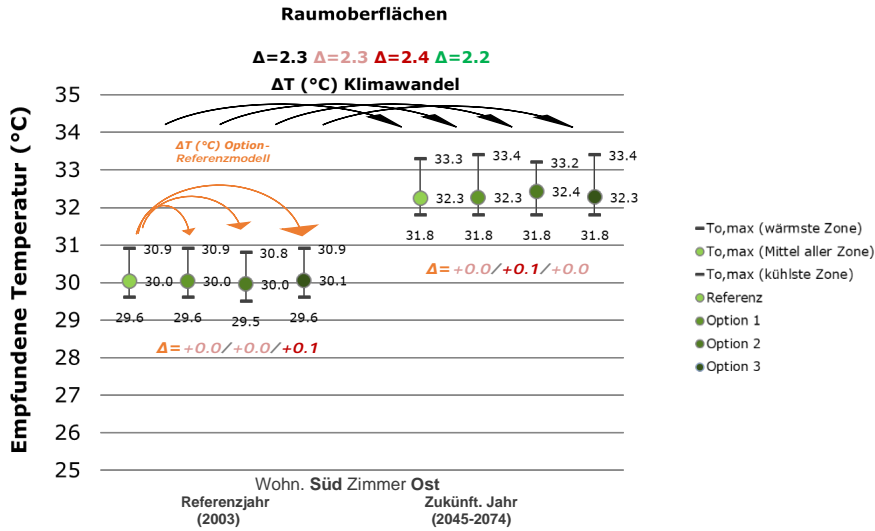


Abbildung 119: Maximale empfundene Temperatur in Abhängigkeit der Fenstergröße und der Orientierung in der Wohnung. Die Temperaturdifferenzen im oberen Bereich der Abbildung (schwarze Pfeile) sind primär auf den Klimawandel zurückzuführen, die in der Mitte (orange Pfeile) auf die Parametervariation bei denselben klimatischen Bedingungen.

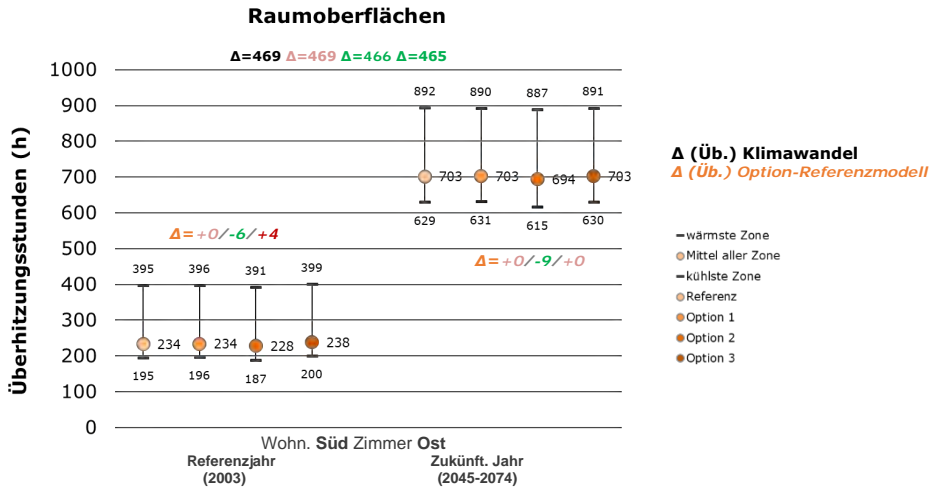


Abbildung 120: Anzahl Überheizungsstunden in Abhängigkeit von Raumoberflächen.

In den Zonen:

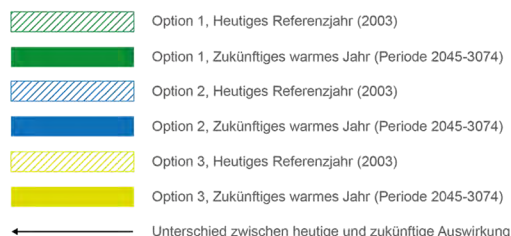
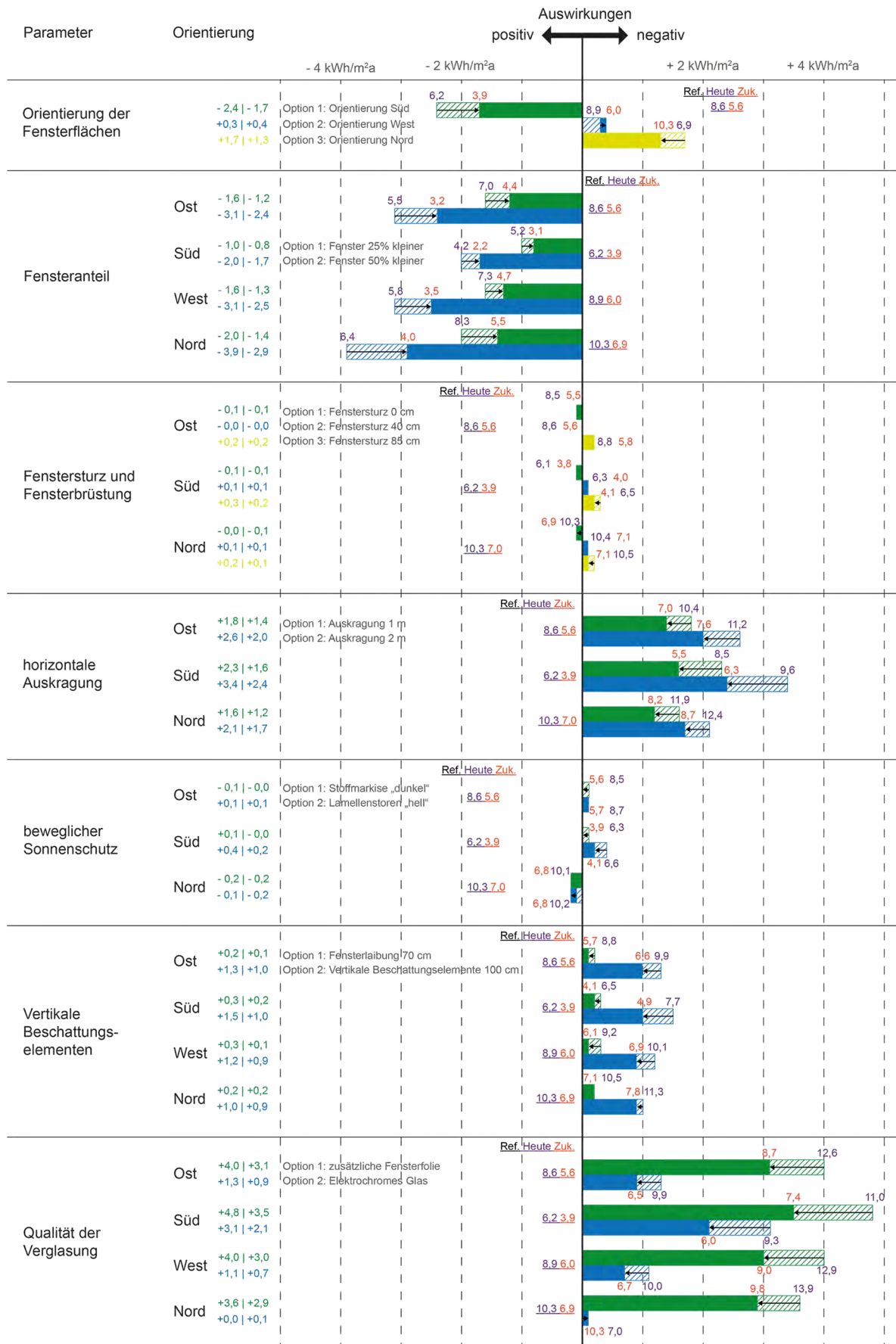
Tabelle 83: Maximal empfundene Temperatur und Anzahl Überheizungsstunden, bezogen auf den Grenzwert der Anforderungen an Räume, während diese beheizt, gekühlt oder mechanisch belüftet (SIA 180:2014, Figur 4) sind und auf den Grenzwert der Anforderungen an Räume mit natürlicher Lüftung (SIA 180:2014, Figur 3).

		Heutiges warmes Referenzjahr (2003)						Zukünftiges warmes Jahr (Periode 2045-2074)					
		Zimmer 1			Wohnbereich			Zimmer 1			Wohnbereich		
		Emp. Temp. Max (°C)	Überhitz. mech. Lüftung (h)	Überhitz. natür. Lüftung (h)	Emp. Temp. Max (°C)	Überhitz. mit mech. Lüftung (h)	Überhitz. mit natür. Lüftung (h)	Emp. Temp. Max (°C)	Überhitz. mit mech. Lüftung (h)	Überhitz. mit natür. Lüftung (h)	Emp. Temp. Max (°C)	Überhitz. mit mech. Lüftung (h)	Überhitz. mit natür. Lüftung (h)
<b>Referenz</b>	Wohn. Süd Zimmer Ost	29.9	249.8	0.0	30.1	226.7	0.0	32.2	760	22	32.3	674	24
<b>Option 1</b>	Boden "dunkel" Wohn West Zimmer Süd	29.9	249.8	0.0	30.1	228.1	0.0	32.2	701	21	32.7	643	25
<b>Option 2</b>	Boden "hell" Wohn. Nord Zimmer West	29.8	248.2	0.0	30.0	218.9	0.0	32.3	693	22	32.5	602	20
<b>Option 3</b>	Innenwände Lehmputz Wohn Ost Zimmer Nord	29.9	253.7	0.0	30.2	231.7	0.0	31.9	633	4	32.3	715	24

## **9.7 Auswirkung der Parameter (grafische Darstellung)**

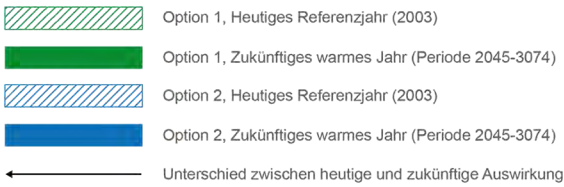
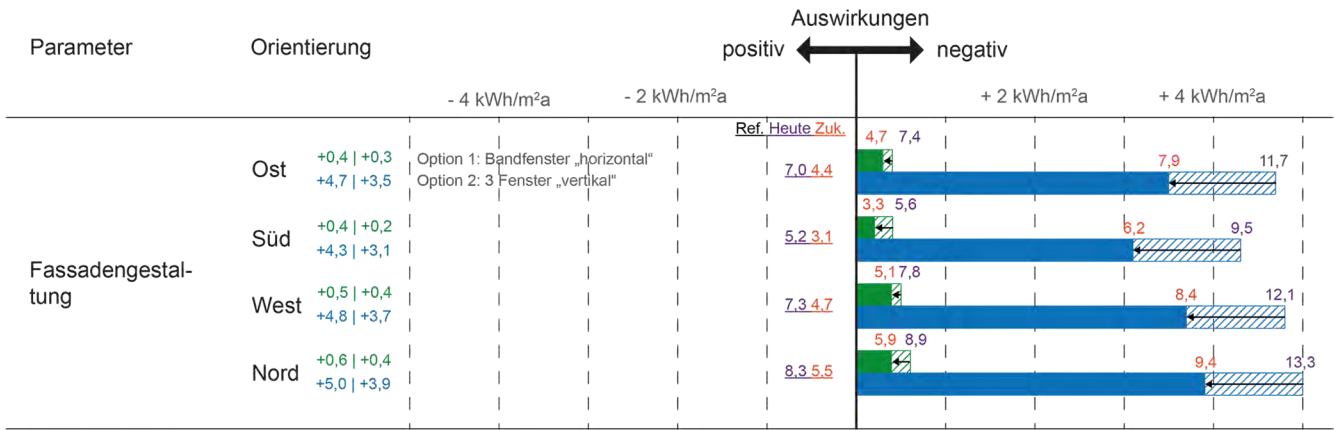
# Heizwärmebedarf

Dargestellt sind die Ergebnisse für Zimmer 1 im 2. OG.



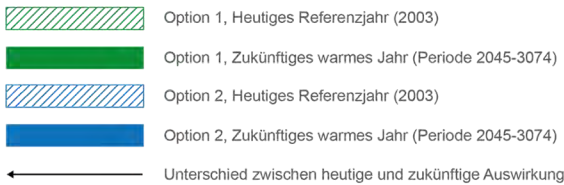
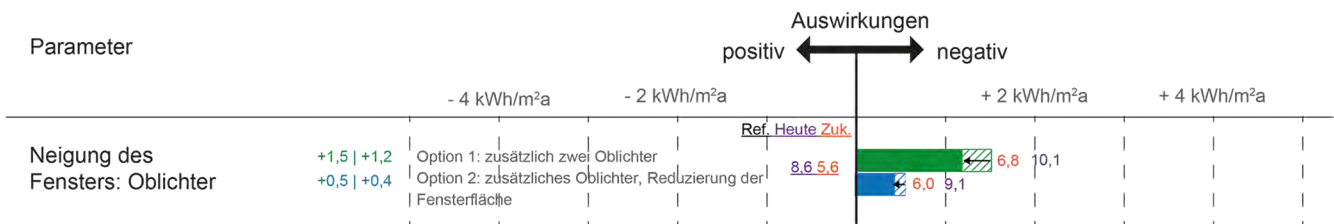
### Heizwärmebedarf

Dargestellt sind die Ergebnisse für Zimmer 1 im 2. OG (Referenz: Fensteranteil - 25 %).



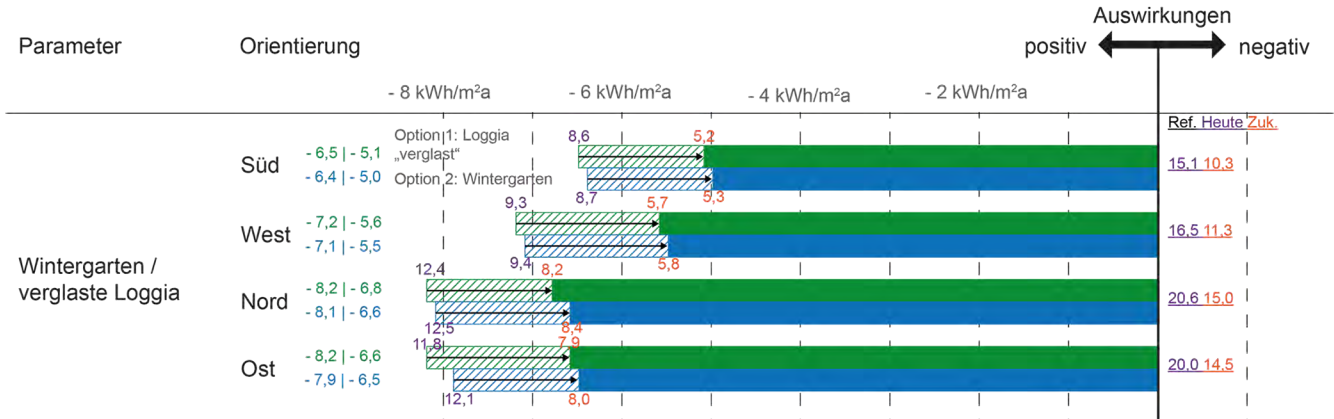
### Heizwärmebedarf

Dargestellt sind die Ergebnisse für Zimmer 1 im Dachgeschoss.



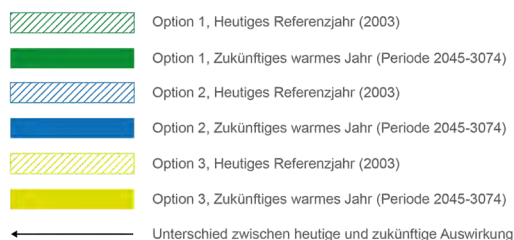
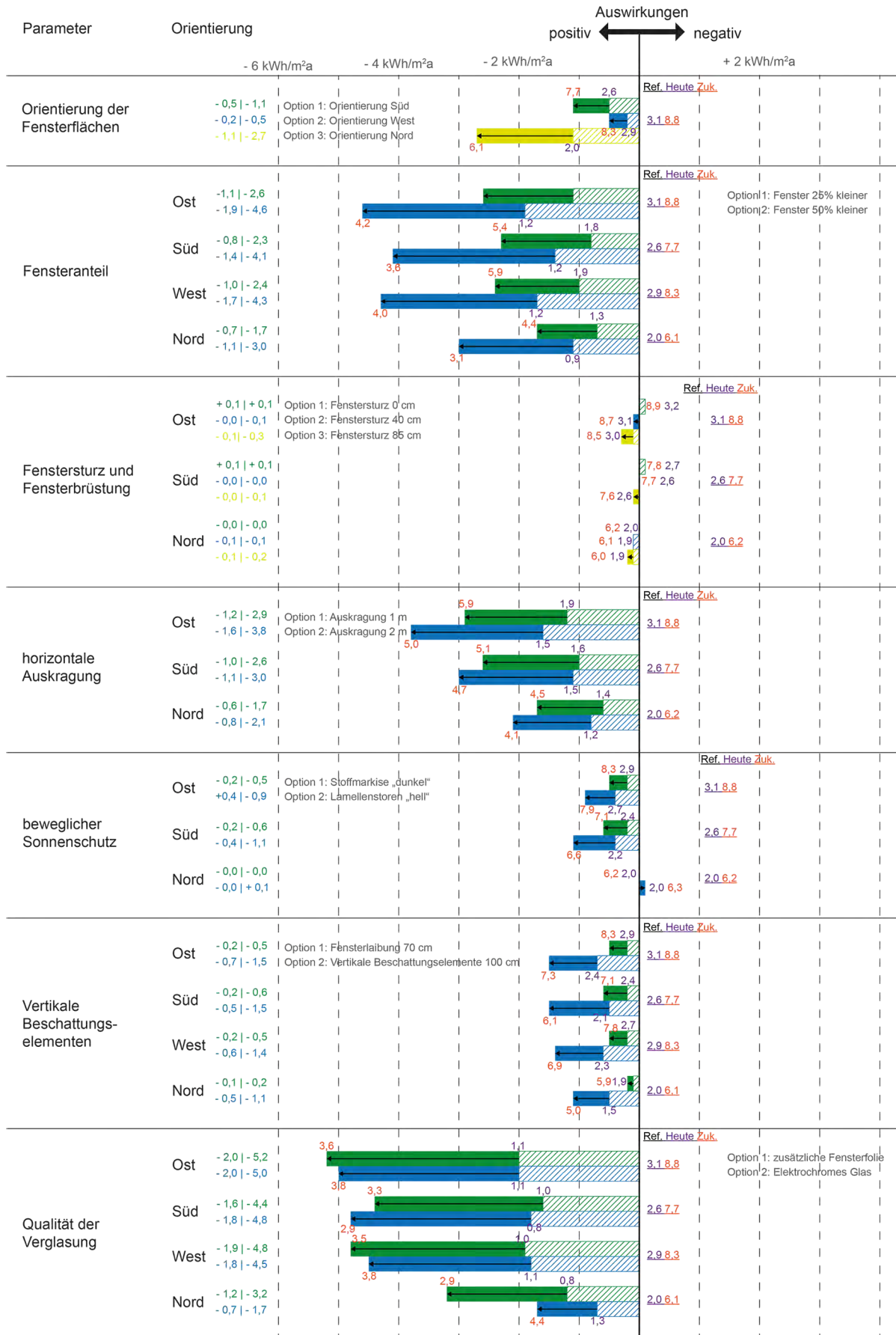
### Heizwärmebedarf

Dargestellt sind die Ergebnisse für den Wohnbereich im 2. OG.



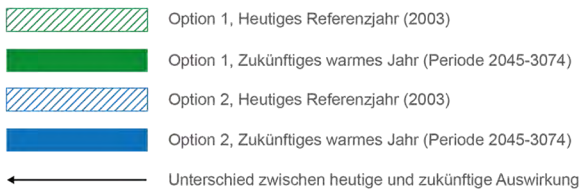
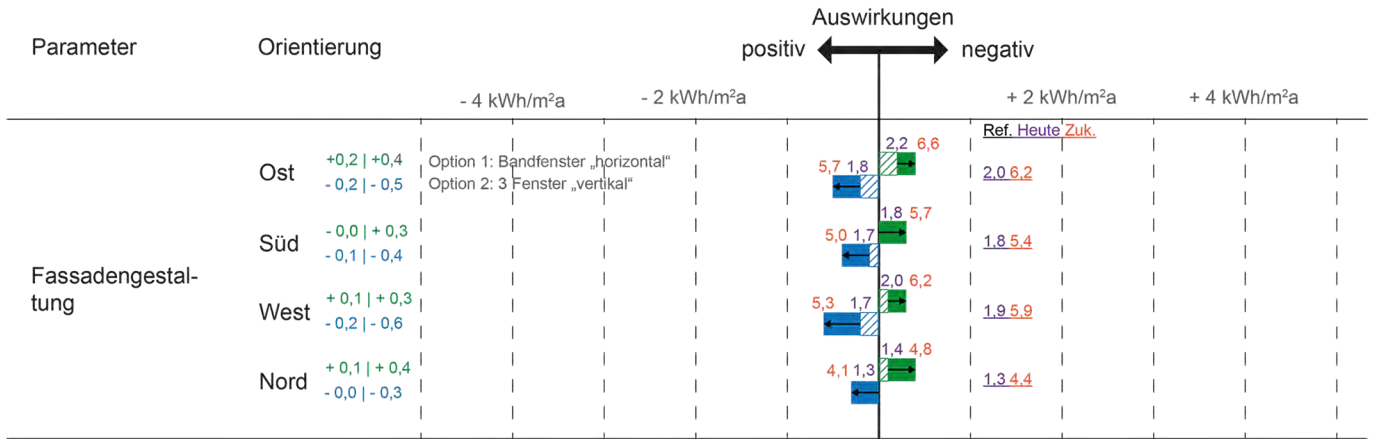
# Klimakältebedarf

Dargestellt sind die Ergebnisse für Zimmer 1 im 2. OG.



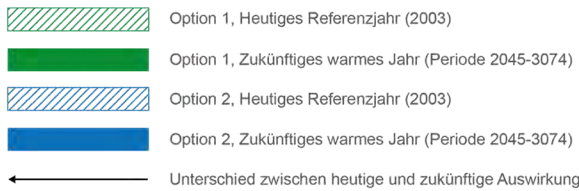
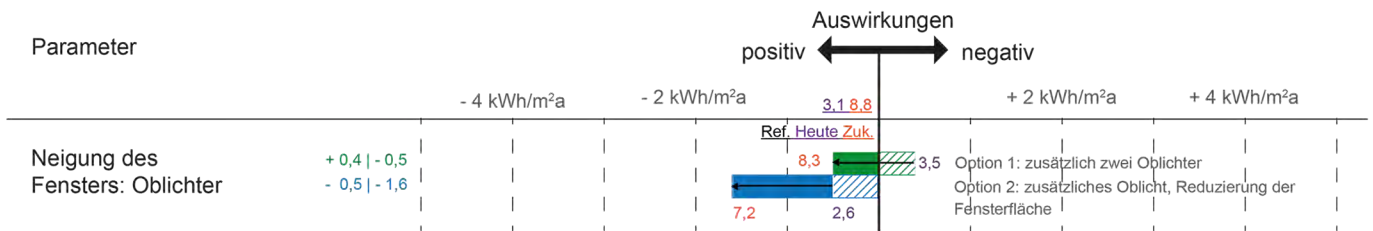
### Klimakältebedarf

Dargestellt sind die Ergebnisse für Zimmer 1 im 2. OG (Referenz: Fensteranteil - 25 %).



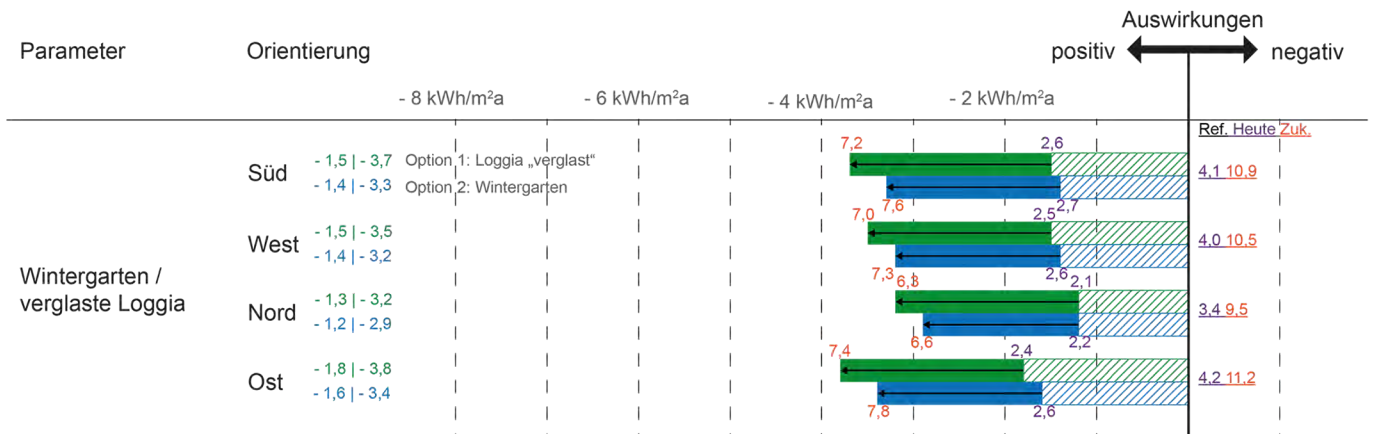
### Klimakältebedarf

Dargestellt sind die Ergebnisse für Zimmer 1 im Dachgeschoss.



### Klimakältebedarf

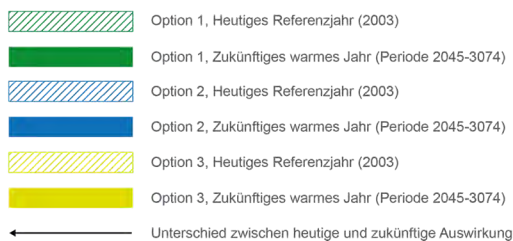
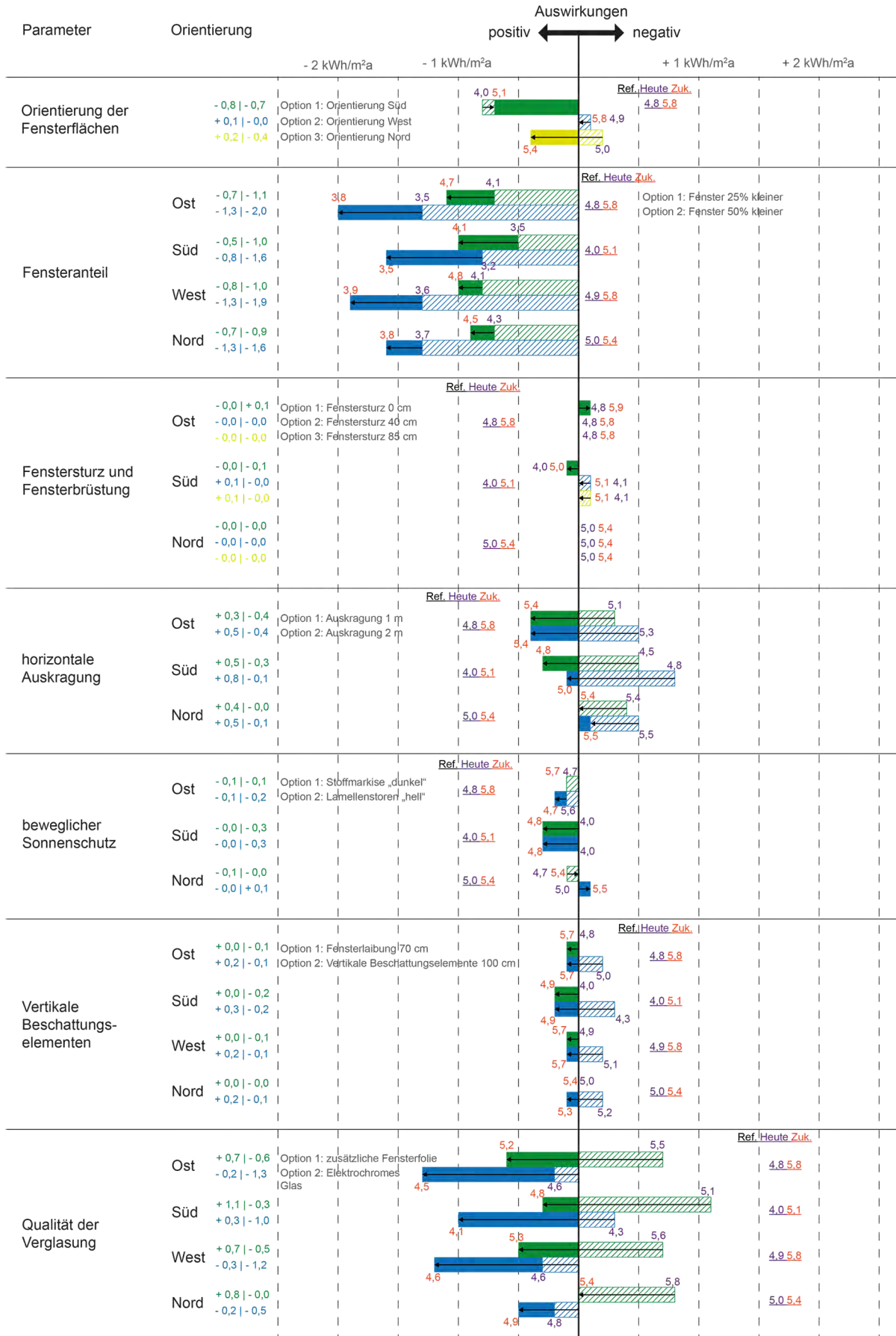
Dargestellt sind die Ergebnisse für den Wohnbereich im 2. OG.





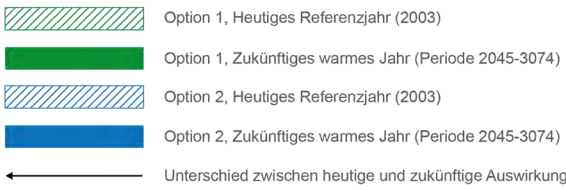
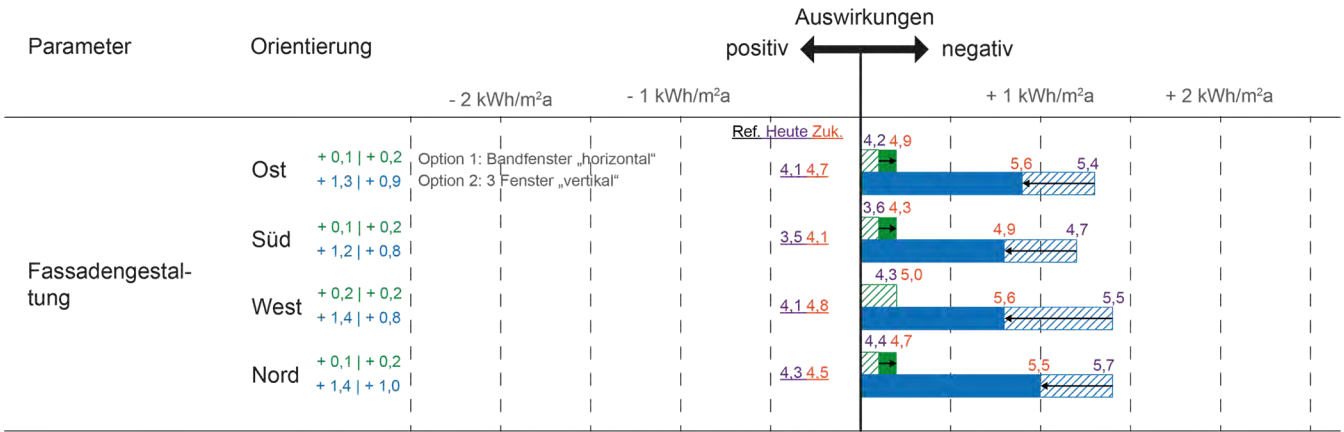
# Endenergie

Dargestellt sind die Ergebnisse für Zimmer 1 im 2. OG.



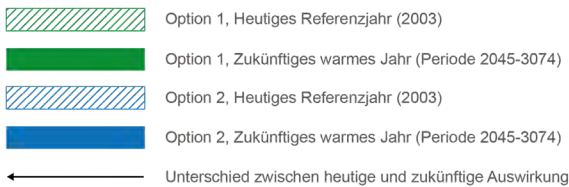
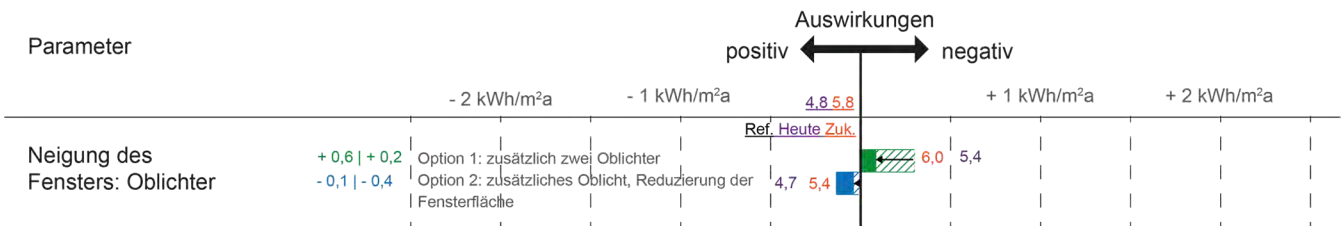
### Endenergie

Dargestellt sind die Ergebnisse für Zimmer 1 im 2. OG (Referenz: Fensteranteil - 25 %).



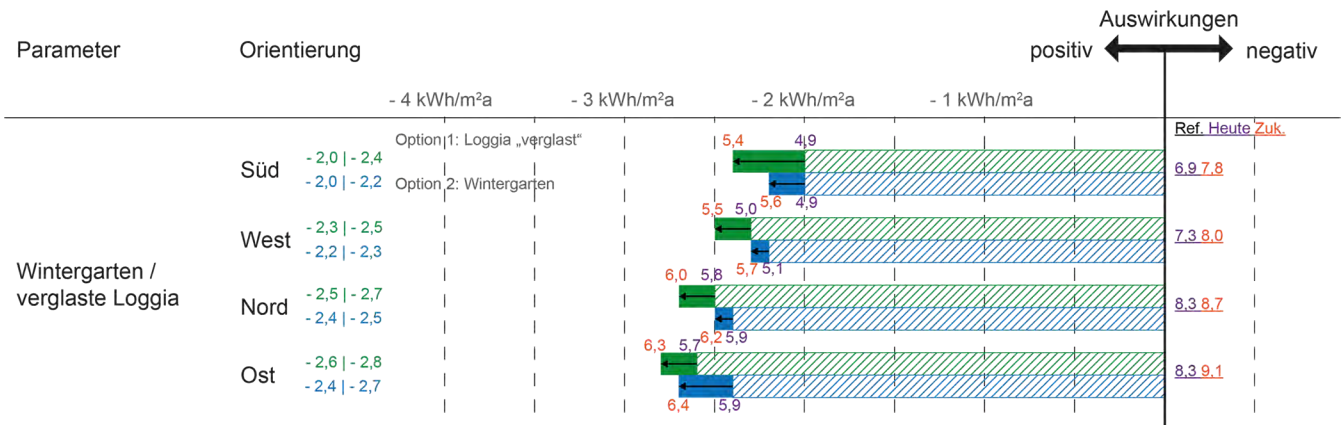
### Endenergie

Dargestellt sind die Ergebnisse für Zimmer 1 im Dachgeschoss.



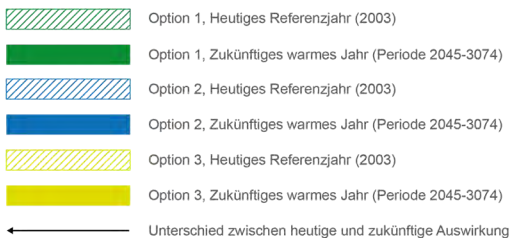
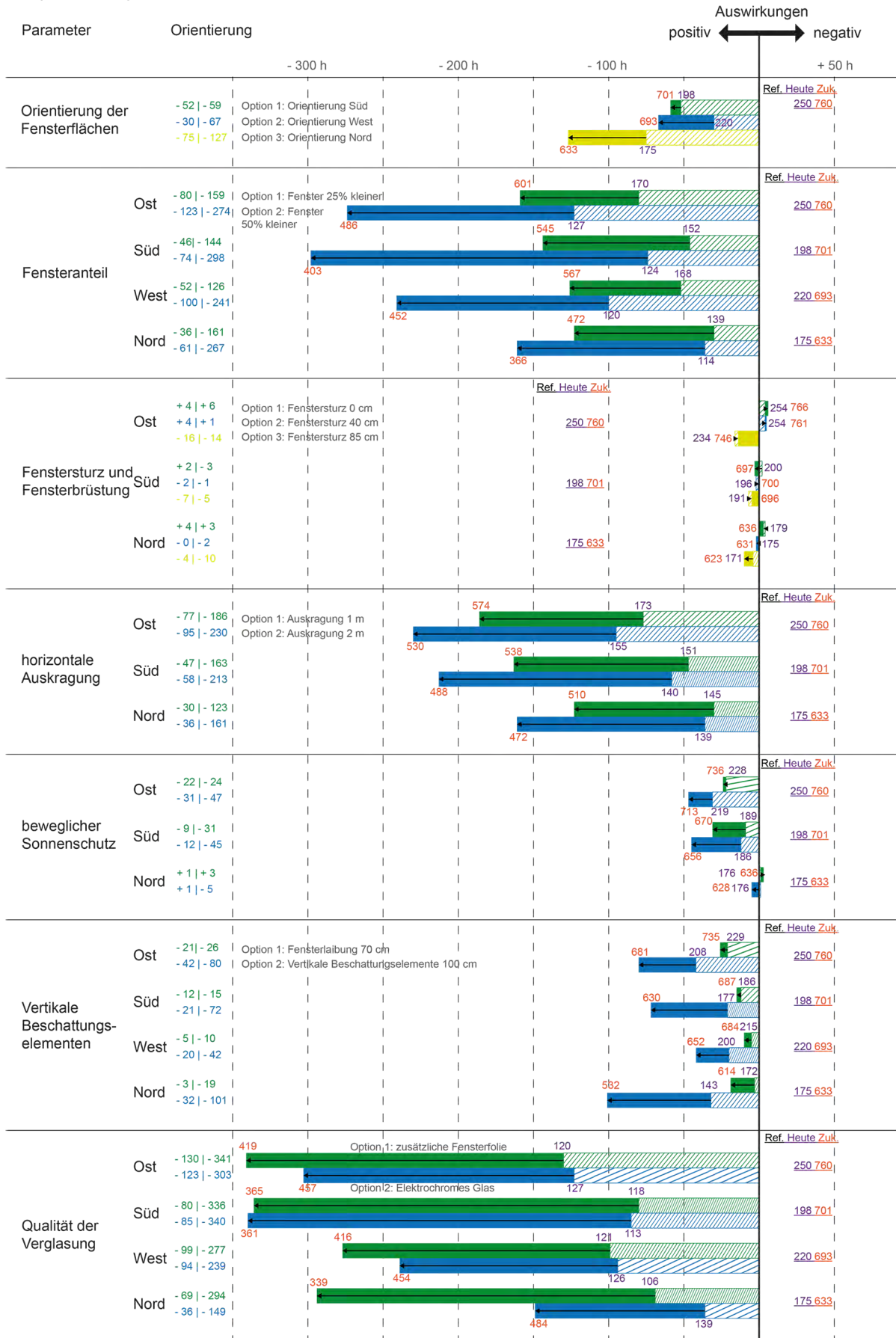
### Endenergie

Dargestellt sind die Ergebnisse für den Wohnbereich im 2. OG.



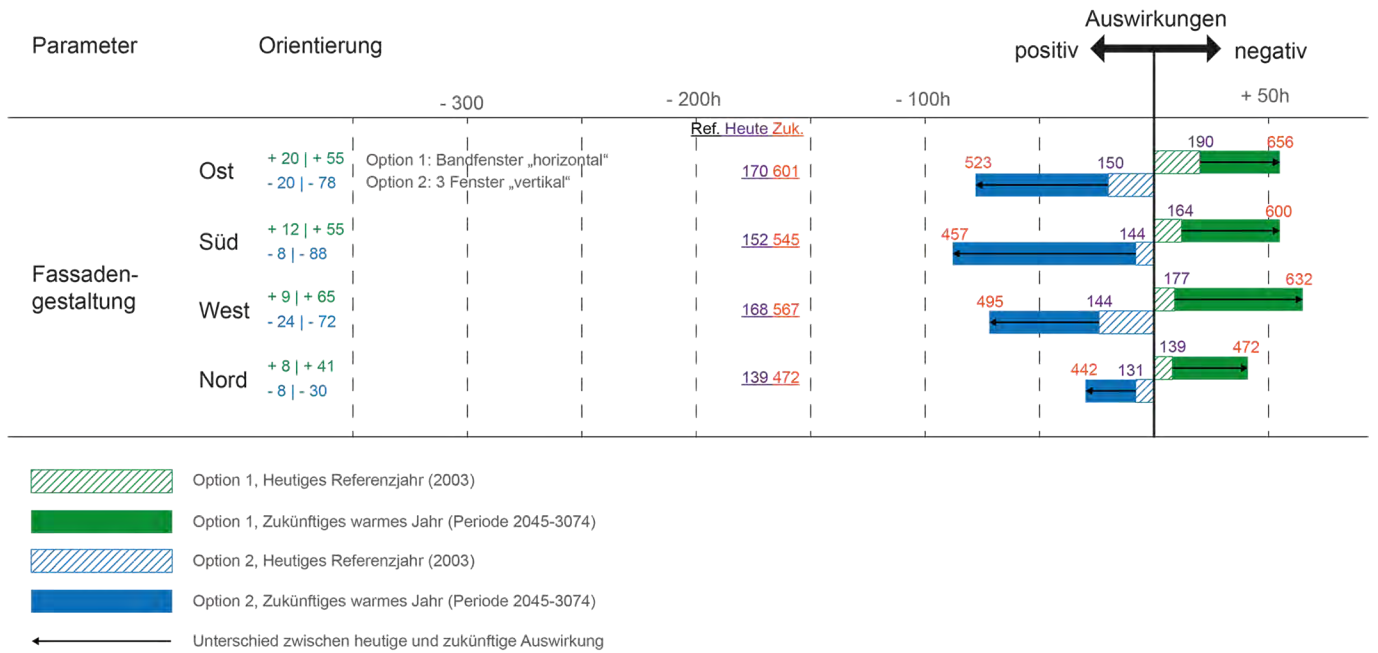
# Thermische Behaglichkeit: Anzahl Überhitzungsstunden

Dargestellt sind die Ergebnisse für Zimmer 1 im 2. OG.



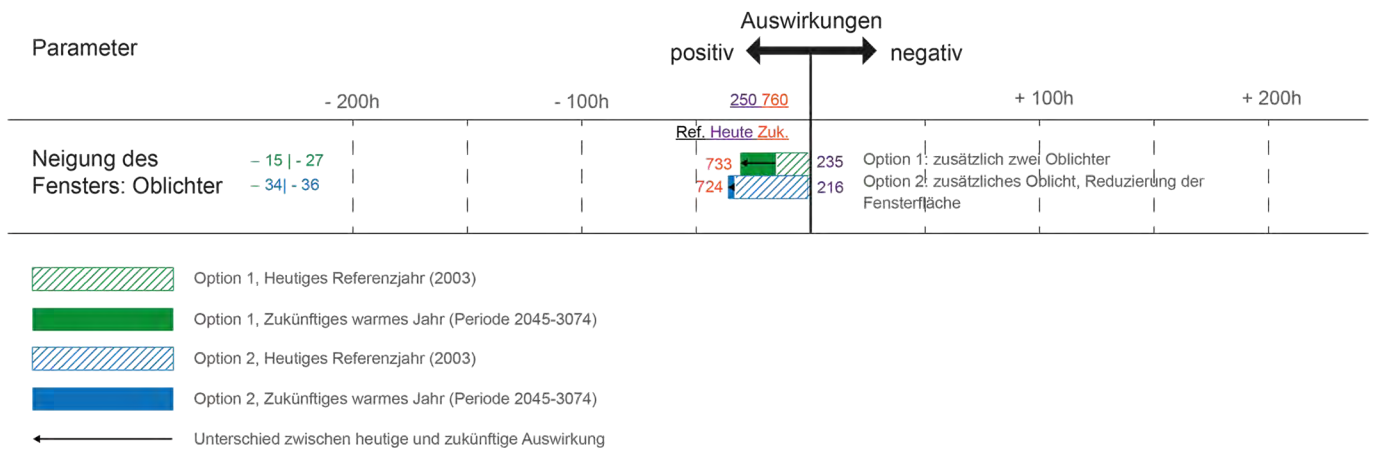
### Thermische Behaglichkeit : Anzahl Überhitzungsstunden

Dargestellt sind die Ergebnisse für Zimmer 1 im 2. OG (Referenz: Fensteranteil - 25 %).



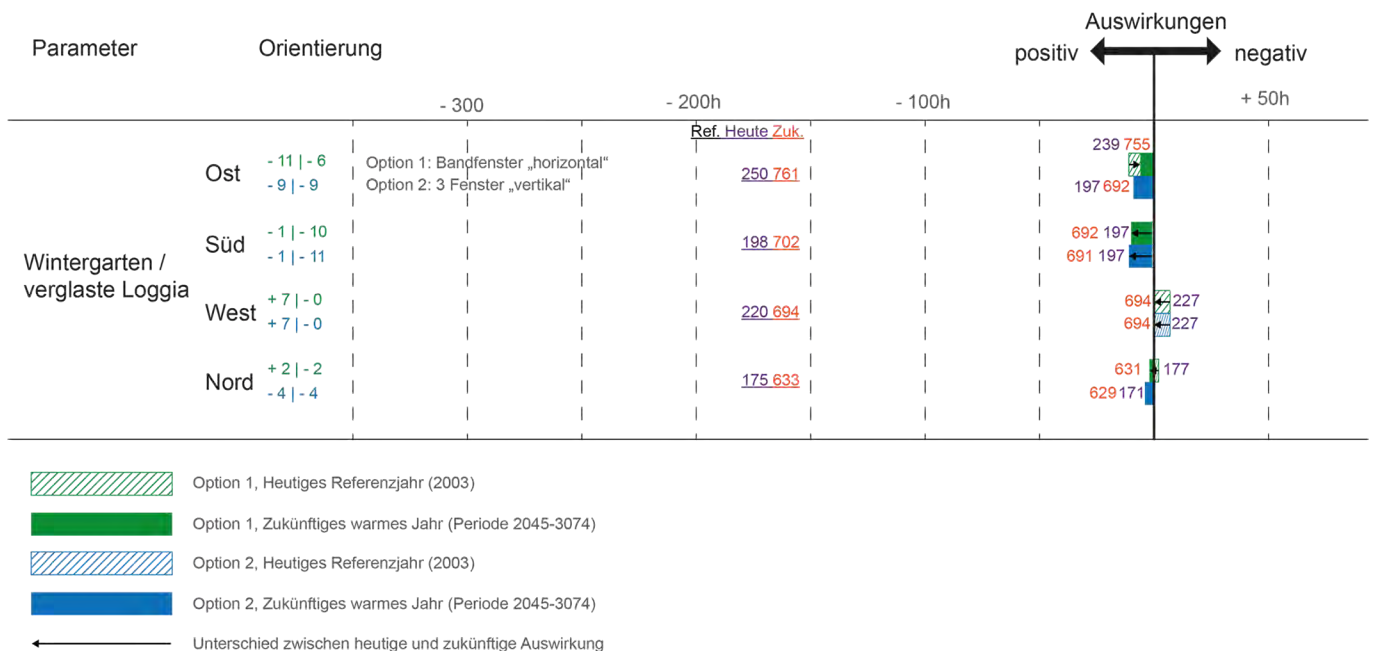
### Thermische Behaglichkeit: Anzahl Überhitzungsstunden

Dargestellt sind die Ergebnisse für Zimmer 1 im Dachgeschoss.



### Thermische Behaglichkeit: Anzahl Überhitzungsstunden

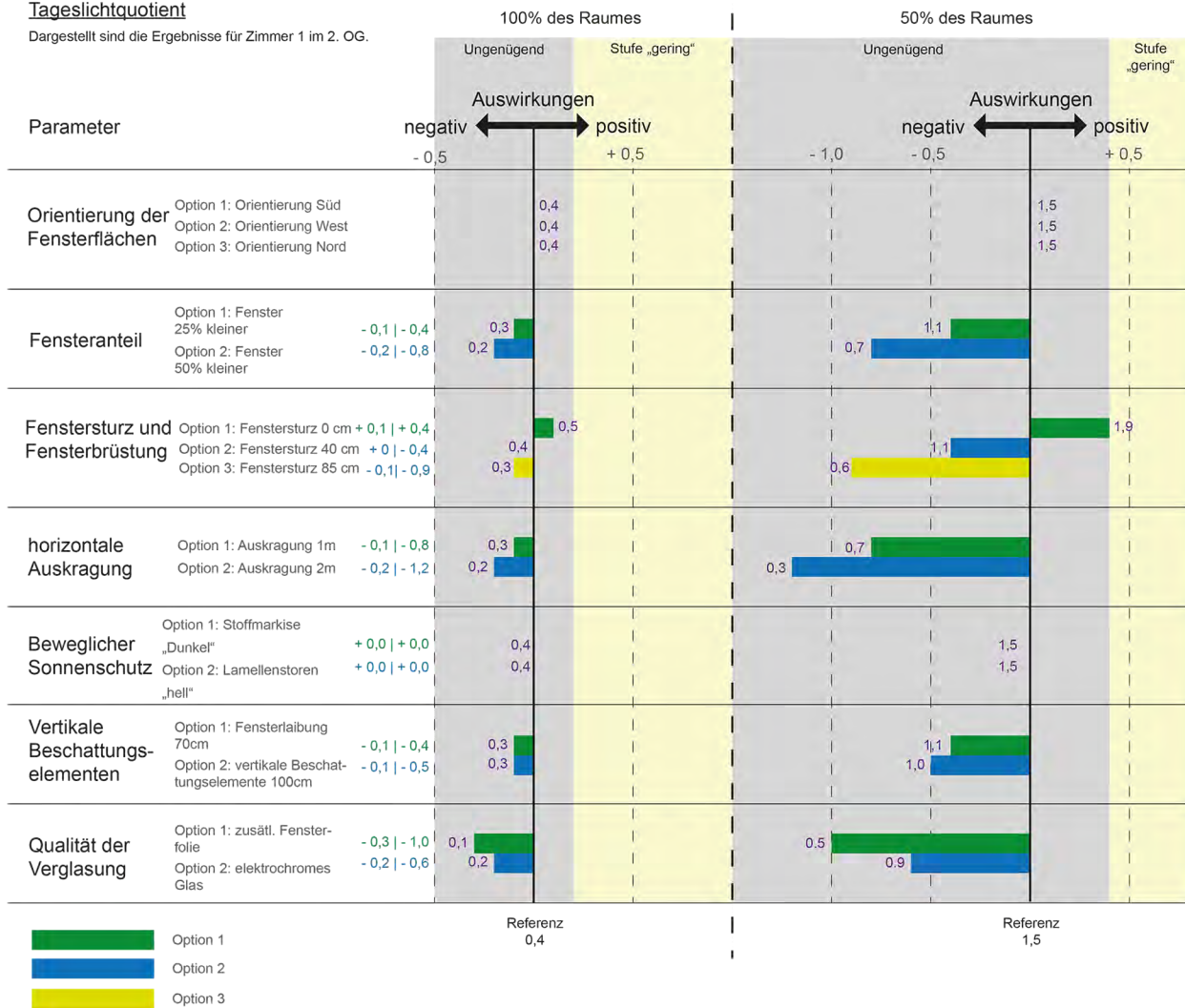
Dargestellt sind die Ergebnisse für den Wohnbereich im 2. OG.





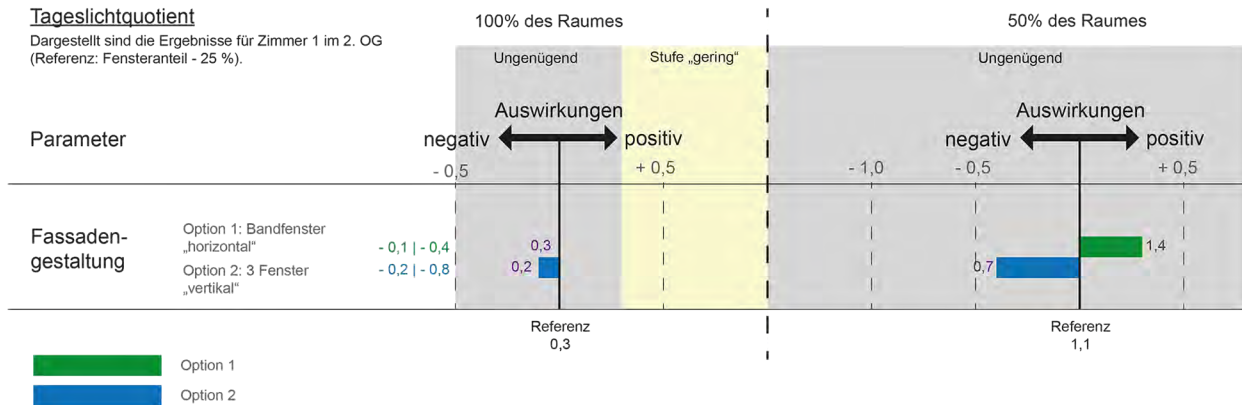
### Tageslichtquotient

Dargestellt sind die Ergebnisse für Zimmer 1 im 2. OG.



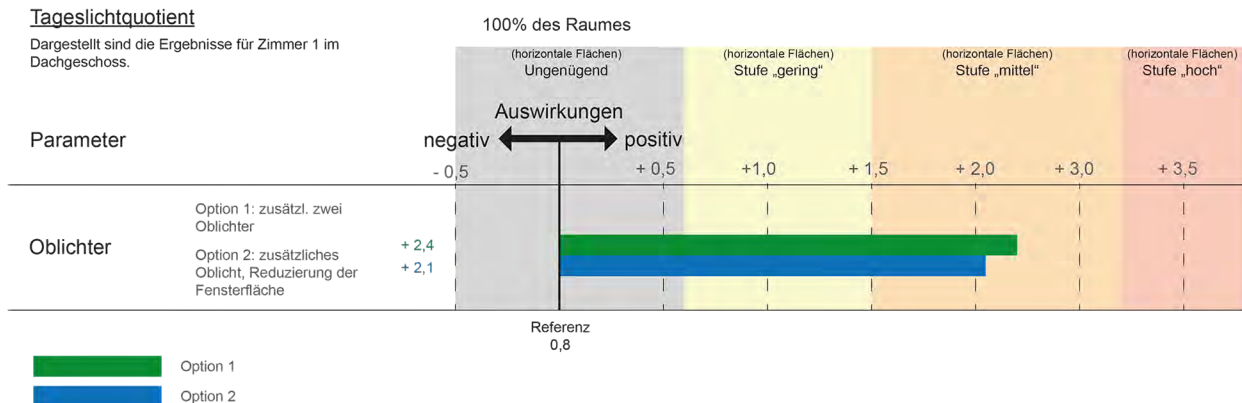
### Tageslichtquotient

Dargestellt sind die Ergebnisse für Zimmer 1 im 2. OG (Referenz: Fensteranteil - 25%).



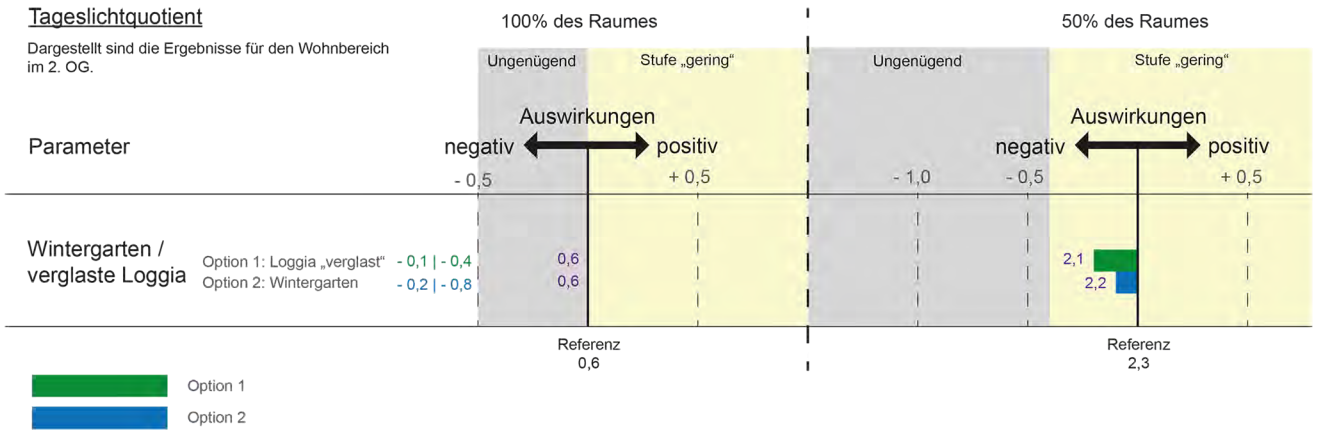
### Tageslichtquotient

Dargestellt sind die Ergebnisse für Zimmer 1 im Dachgeschoss.



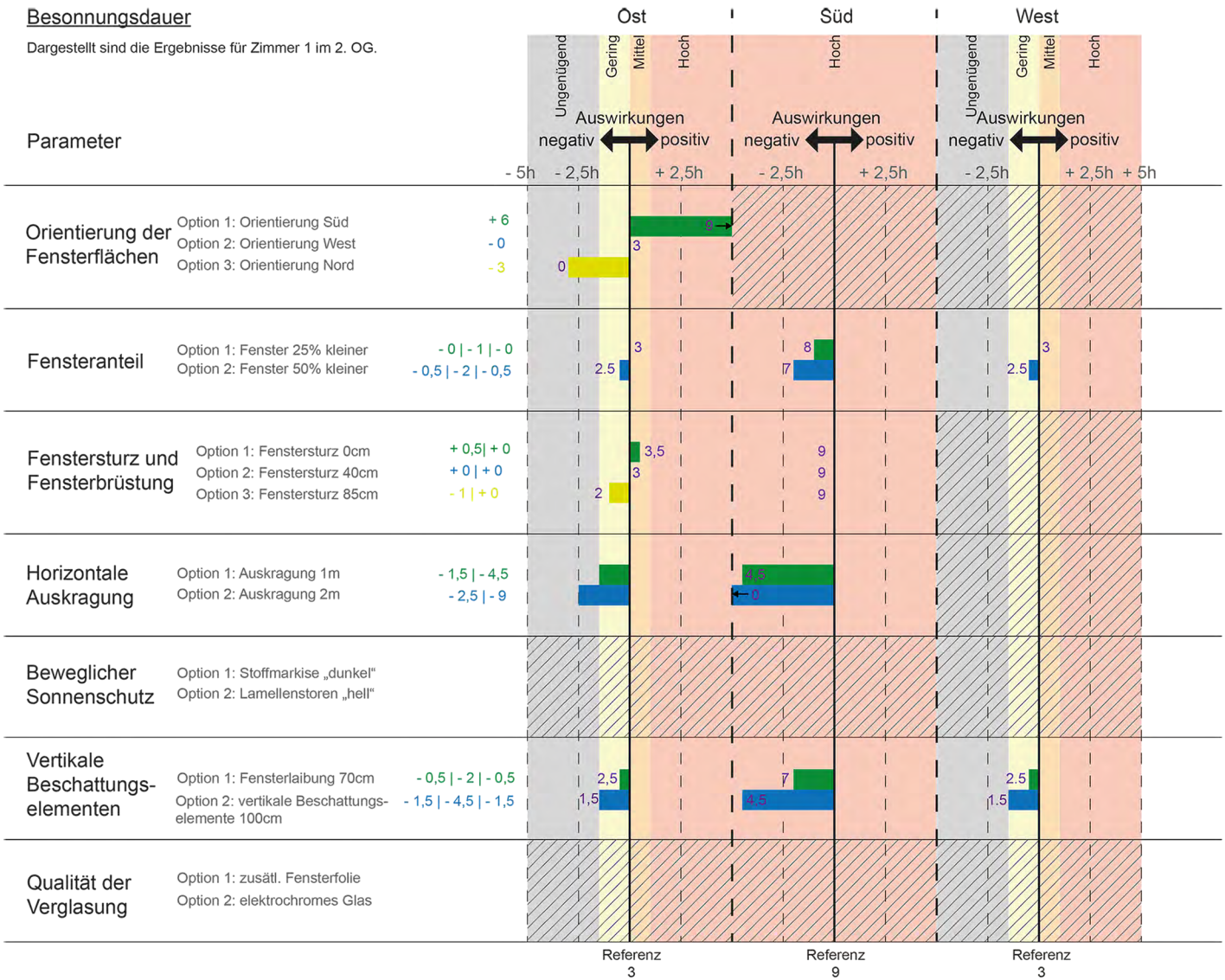
**Tageslichtquotient**

Dargestellt sind die Ergebnisse für den Wohnbereich im 2. OG.



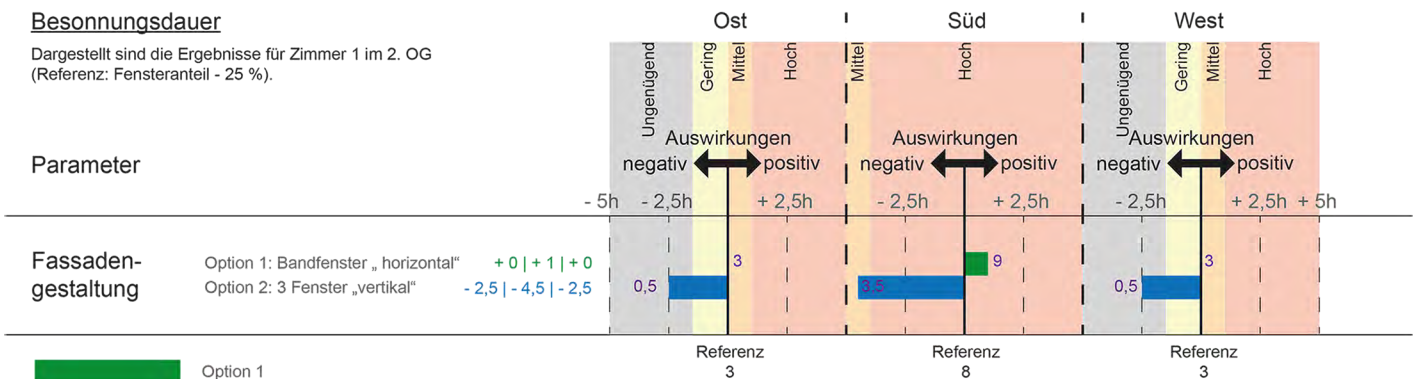
### Besonnungsdauer

Dargestellt sind die Ergebnisse für Zimmer 1 im 2. OG.



### Besonnungsdauer

Dargestellt sind die Ergebnisse für Zimmer 1 im 2. OG (Referenz: Fensteranteil - 25 %).



## 9.8 Übersetzungen

### 9.8.1 Französisch

**Tableau A** : Recommandations pour les maîtres d'ouvrage, indications sur le processus de construction et introduction aux phases SIA

Phases de la SIA 112:2014	Recommandations
1 Définition des objectifs	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Considérer le potentiel économique et l'avantage des mesures de prévention contre les surchauffes</li> <li>• Formuler des attentes concernant les normes à respecter</li> <li>• Veiller à ce que l'équipe de planification               <ol style="list-style-type: none"> <li>1. effectue une évaluation de l'éclairage naturel selon la norme SN EN 17037:2019 « L'éclairage naturel des bâtiments »</li> <li>2. procède à une évaluation des besoins de refroidissement et des heures de surchauffe selon la SIA à l'aide des données climatiques futures</li> <li>3. conduise une analyse de site concernant l'utilisation de ressources naturelles existantes et</li> <li>4. planifie un concept de monitoring</li> </ol> </li> <li>• Veiller à ce que les directives « pertinentes pour le climat » soient formulées de manière claire dans les mandats de planification</li> <li>• Identifier une personne de contact pour une planification respectueuse du climat au sein de l'équipe de planification</li> </ul>
2 Etudes préliminaires	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pour son rôle de commanditaire, le maître d'ouvrage doit être tenu informé sur un grand nombre de solution pertinente pour la protection contre les surchauffes et pour l'évacuation de chaleur indésirable</li> <li>• Veiller à ce que l'équipe de planification conduise une analyse des éléments difficiles ou impossibles à corriger dans les phases ultérieures (tels que le volume et l'orientation d'un bâtiment)</li> <li>• Prendre des décisions stratégiques concernant l'utilisation d'appareils efficace sur le plan énergétique, l'automatisation du bâtiment, les systèmes de refroidissements durables (tels que géo-cooling), les mesures de végétalisation, etc.</li> </ul>
3 Etude du projet	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planifier des échanges réguliers entre le maître d'ouvrage l'équipe de planification pour contrôler ce qui a été défini et mandaté (en particulier pour les rénovations)</li> </ul>
4 Appels d'offres	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formuler des objectifs spécifiques à une construction respectueuse du climat et inclure ces objectifs dans les conditions générales des appels d'offres</li> </ul>
5 Réalisation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Donner une attention particulière aspects pertinent à une construction respectueuse du climat en cas d'adaptation du projet de construction en incluant des inspections sur place.</li> <li>• Assurer que les instructions destinées aux opérateurs, aux concierges, etc. soient disponibles à la mise en service du bâtiment</li> <li>• Contrôler que le monitoring soit bien lancé</li> <li>• Veiller à ce que l'équipe de planification               <ol style="list-style-type: none"> <li>1. élabore des recommandations pour les futurs utilisateurs à l'aide de fiches explicatives, par exemple sur une utilisation optimale des protections solaires (tels que les stores et les volets) et une utilisation correct du refroidissement de nuit</li> <li>2. définisse des paramètres permettant d'optimiser l'utilisation du bâtiment</li> </ol> </li> </ul>
6 Exploitation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Distribuer des recommandations aux locataires, par exemple sur l'utilisation optimale des protections solaires mobiles (tels que les stores et les volets) et une utilisation correcte du refroidissement de nuit, ainsi que le fonctionnement de tout système de refroidissement (tel que géo-cooling où le refroidissement de nuit en été est important pour le fonctionnement du système dans son ensemble [réservoir saisonnier souterrain])</li> <li>• Optimisation du monitoring, par exemple à l'aide d'enquête auprès des utilisateurs</li> </ul>



**Tableau B** : Aperçu de l'influence de divers paramètres sur l'énergie, le confort thermique et l'apport en lumière naturelle dans les bâtiments en considération du changement climatique

Paramètre	Influence sur...					
	besoins en chauffage	besoins en refroidissement	besoins en énergie (annuels)	confort thermique	apport en lumière naturelle	durée d'ensoleillement
<b>Orientation de la surface vitrée</b> (Référence : orientation est)						
Nord	***	****	****	****	****	****
Sud	****	****	****	****	****	****
Ouest	**	****	****	****	****	****
<b>Part de façade vitrée</b> (Référence : part de façade vitrée d'appartement de 52.4 %)						
Réduction 25 %	****	****	****	****	***	***
Réduction 50 %	****	****	****	****	****	***
<b>Linteau / appui de fenêtre</b> (Référence : linteau de 20 cm / appui de 65 cm)						
Pas de linteau	****	**	****	****	****	****
Linteau 40 cm	**	****	****	****	***	****
Pas d'appui	**	****	****	****	***	***
<b>Conception de la façade : nombre de fenêtres / forme des fenêtres</b> (Référence : un ouvrant vertical)						
Fenêtres en longueur	**	**	**	**	****	****
Trois ouvrants verticaux	***	****	**	****	***	****
<b>Éléments de construction : saillants horizontaux</b> (Référence : Pas de saillants horizontaux)						
Saillants horizontaux de 1 m sur la largeur de la façade	**	****	****	****	***	****
Saillants horizontaux de 2 m sur la largeur de la façade	**	****	****	****	****	****
<b>Protections solaire mobiles (type, couleur, opacité)</b> (Référence : marquises en tissu « clair »)						

Marquises en tissu « foncé »	****	****	****	****	****	keine Beurteilung
Stores à lamelles « argentées »	****	****	****	****	****	keine Beurteilung
<b>Inclinaison des fenêtres : ouvertures zénithales</b> (Référence : pas d'ouvertures zénithales)						
Ouvertures zénithales supplémentaires	****	****	****	****	****	keine Beurteilung
Ouvertures zénithales et réduction de la part vitrée des façades	****	****	****	****	****	keine Beurteilung
<b>Éléments d'ombrage verticaux : protections solaire fixes / embrasures</b> (Référence : profondeur d'embrasure de 36 cm / pas d'éléments d'ombrage verticaux)						
Profondeur d'embrasure de 70 cm	****	****	****	****	****	****
Ombre vertical avec profondeur de 1 m	****	****	****	****	****	****
<b>Qualité du vitrage / progrès technologique</b> (Référence : Fenêtre avec une valeur U de 0.7 l et g de 0.51 l l et $T_{vis}$ : 0.71, sans considération de nouveautés technologiques)						
Films pour fenêtre	****	****	****	****	****	keine Beurteilung
Verres électrochromes	****	****	****	****	****	keine Beurteilung
<b>Éléments de construction : jardin d'hiver / loggia vitrée</b> (Référence: Loggia selon bâtiment de référence (sans vitrage))						
Loggia vitrée	****	****	****	****	****	keine Beurteilung
Jardin d'hiver	****	****	****	****	****	keine Beurteilung
<b>Surfaces des espaces</b> (Référence : sol – parquet / R = 0.2 ; murs intérieurs – enduit beige / R 0.5 ; plafond – enduit blanc / R = 0.7)						
Sol « sombre » R = 0.1	****	****	****	****	****	keine Beurteilung
Sol « clair » R = 0.6	****	****	****	****	****	keine Beurteilung
Mur intérieur, crépis d'argile R = 0.25	****	****	****	****	****	keine Beurteilung

**Légende :**

****	Peu d'influence	****	Influence positive
****	Influence moyenne	****	Influence négative
****	Grande influence		
****	Très grande influence		

**Tableau C :** Recommandations pour l'équipe de planification

<b>1. Orientation des surfaces vitrées</b>	<p>Une <i>orientation des surfaces vitrées vers le sud, l'ouest et l'est est toujours recommandée</i> (selon le même ordre). De plus, un appartement devrait être planifié avec <i>au moins deux orientations</i>, particulièrement si une façade nord est impliquée. Il est important de planifier l'orientation des pièces de manière judicieuse. De même, <i>des plans d'étages flexibles</i> pourraient devenir intéressants à l'avenir : de cette manière, il serait par exemple possible d'utiliser une chambre nord en été et une chambre sud en hiver comme bureau à domicile.</p>
<b>2. Part de façade vitrée</b>	<p>Une <i>planification consciencieuse de la surface vitrée</i> des bâtiments est très importante, particulièrement en considération des scénarios climatiques à venir. Lors de la planification, <i>les bâtiments environnants et les particularités géographiques (montagne, etc.)</i> doivent être pris en considération : il faut par exemple regarder si la surface vitrée en façade peut être réduite pour un étage dans les combles, ou d'autres type d'étages qui ne peuvent pas être ombragés.</p>
<b>3. Linteau / appui de fenêtre</b>	<p>Une fenêtre sans appui n'est pas recommandée, en particulier si l'on tient compte du changement climatique. La hauteur de l'appui doit être aussi basse que possible pour optimiser l'apport en lumière du jour. <i>La réduction de la taille d'une fenêtre devrait se jouer au niveau du linteau et non de l'appui.</i> De cette manière, il n'y a pas ou très peu d'effet négatif sur l'apport en lumière du jour dans le bâtiment.</p>
<b>4. Conception de la façade : nombre et forme de fenêtres</b>	<p>L'utilisation de <i>fenêtres en longueur</i> conduit à une légère amélioration des critères de la lumière du jour, mais ces éléments ont un impact légèrement négatif sur la consommation d'énergie et le confort thermique.</p> <p>L'utilisation de <i>trois vantaux de fenêtre verticaux</i> conduit à une augmentation des besoins en chauffage, mais les besoins en refroidissement ainsi que le nombre d'heures de surchauffe peuvent être réduits. Ceci pourrait devenir un aspect important, particulièrement en</p>

---

considération du changement climatique ou dans certains environnements (bâtiment indépendant et manque d'ombrage), Particulièrement à l'avenir, l'utilisation de ces éléments peut faire sens dans des cas précis. Dans ces cas, il reste cependant important de donner une attention particulière à ce que l'apport en lumière naturelle soit suffisant.

---

**5. Eléments de construction : saillants horizontaux**

Lors de la mise en œuvre de saillants horizontaux, une attention particulière doit être accordée à *l'environnement* afin trouver un *équilibre entre énergie, confort thermique et apport en lumière du jour*.

Dans un *contexte urbain (cas de référence)*, une ombre est projetée par les bâtiments environnants dans tous les cas, ce qui rend le respect des exigences l'apport en lumière du jour difficile, particulièrement aux étages du bas. Des saillants horizontaux ne ferait que réduire cet apport d'avantage.

En revanche, pour un *bâtiment indépendant* (sans ombrage de bâtiments environnants, de montagnes ou d'arbres, etc.), les exigences en termes d'apport en lumière naturelle sont plus faciles à remplir. De plus, l'apport en chaleur solaire est nettement plus élevé. Par conséquent, ce sont les besoins en refroidissement et le confort thermique sont mis en avant. Dans ce contexte, des éléments de protection solaire horizontaux gagnent en importance. Une planification judicieuse avec considération des exigences de la norme SN EN 17037 :2019 est décisive.

---

**6. Protections solaire mobiles (type, couleur, transparence)**

*D'une manière générale : les éléments de protection solaire mobiles doivent toujours être considérés dans la planification.*

*Les stores à lamelles* sont particulièrement recommandés pour leur grande flexibilité, autant d'un point de vue énergétique que pour le confort thermique et visuel. Même lorsque la protection contre l'éblouissement n'est pas directement nécessaire dans les logements, une protection intérieure (idéalement aussi fermable de base en haut) doit être envisagée en complément à la protection solaire extérieure.

---

**7. Inclinaison de la fenêtre : ouvertures zénithales**

Du point de vue de la lumière du jour, *les puits de lumière* sont recommandés : en particulier dans *les pièces profondes*, les exigences relatives aux quotients de lumière du jour ne peuvent généralement pas être atteintes. Au travers de la mise en place ciblée d'ouvertures zénithales, le confort visuel dans ces pièces est amélioré.

Avec une bonne planification, l'utilisation de puit de lumière est également recommandée d'un point de vue énergétique et thermique.

---

---

Une bonne *protection solaire* et un *refroidissement nocturne* approprié sont essentiels.

---

**8. Éléments  
d'ombrage verticaux :  
Protections solaire  
fixes / embrasures**

*Une profondeur d'embrasement importante* pour la fenêtre conduit seulement à une légère amélioration du confort thermique et de l'énergie. En ce qui concerne l'apport en lumière naturelle, ces éléments ont un impact légèrement négatif.

*Les éléments d'ombrage verticaux* ont un effet positif sur le bilan énergétique ainsi que sur le confort thermique. Ces éléments ont en revanche un effet négatif sur le plan de la lumière naturelle. Cependant, en considérant le changement climatique, il est possible que ces éléments gagnent de l'importance. Il est important de les implémenter de manière stratégique et ciblée des éléments d'ombrage en considération des exigences de la norme 17037:2019 « L'éclairage naturel des bâtiments ».

---

**9. Qualité du vitrage /  
progrès  
technologique**

*Les films pour fenêtres* conduisent à une augmentation de la consommation d'énergie finale. Cependant, une *utilisation saisonnière* de ces éléments pourrait réduire les besoins en refroidissement et améliorer le confort thermique. Toutefois, les films pour les fenêtres nuisent nettement à l'apport en lumière du jour dans le bâtiment – une utilisation consciencieuse de ces éléments en été, par exemple où d'autres mesures sont plus compliquées à implémenter, peut être clairement envisagée (en tenant compte de l'approvisionnement en lumière du jour).

*Les verres électrochromes* peuvent également gagner en importance, particulièrement à l'avenir : ces éléments sont très bons du point de vue énergétique et en termes de confort thermique, mais ils doivent encore être améliorés pour l'instant sur l'apport en lumière du jour. Ces éléments sont toutefois progressivement développés et seront donc encore être améliorés.

---

**10. Éléments de  
construction : jardin  
d'hiver / loggia vitrée**

Une *Loggia vitrée* tout comme un *jardin d'hiver* peuvent avoir un effet positif sur l'efficacité énergétique. Ces éléments n'ont presque pas d'influence sur l'apport en lumière du jour. Cependant, il est important qu'une *ventilation suffisante* des espaces ainsi qu'une *protection solaire extérieure* soient planifiées. Avec un vitrage complet (jardin d'hiver), la vue est également améliorée.

Cependant, l'utilisation *d'énergie grise* sont plus élevées avec la mise en œuvre d'une surface de vitrages plus élevées, ce qui doit être pris en considération.

---

---

**11. Surfaces des pièces**

Avec des *surfaces claires* dans les pièces intérieures, l'*apport en lumière naturelle* dans le bâtiment est nettement amélioré, pendant que l'influence sur l'efficacité énergétique ainsi que le confort thermique reste négligeable. Il est donc *recommandé* d'utiliser des surfaces reflétant fortement la lumière.

---

## 9.8.2 Italienisch

**Tabella A:** Raccomandazioni per i committenti, indicazioni per il processo di costruzione basate sulle fasi SIA

Fasi secondo SIA 112:2014	Raccomandazioni
1 Pianificazione strategica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tener conto del potenziale economico e dei benefici delle misure per prevenire il surriscaldamento</li> <li>• Formulare aspettative riguardo agli standard da rispettare</li> <li>• Assicurarci che i progettisti               <ol style="list-style-type: none"> <li>5. eseguano una valutazione dell'apporto di luce naturale secondo la norma SN EN 17037:2019 «Tageslicht in Gebäuden»</li> <li>6. eseguano una valutazione del fabbisogno di raffreddamento e del numero di ore di surriscaldamento sulla base di dati SIA del clima futuro</li> <li>7. eseguano un'analisi del sito per quanto riguarda l'uso di risorse naturali esistenti</li> <li>8. allestiscano un concetto di monitoraggio</li> </ol> </li> <li>• Assicurarci che negli incarichi di progettazione i requisiti con rilevanza climatica siano formulati in modo chiaro</li> <li>• Designare nel team di progettisti una persona di contatto per la pianificazione in conformità con il cambiamento climatico</li> </ul>
2 Studi preliminari	<ul style="list-style-type: none"> <li>• I committenti dovrebbero avere familiarità con le varie misure di protezione dal surriscaldamento e i metodi per dissipare il calore indesiderato</li> <li>• Assicurarci che il progettista svolga un'analisi degli elementi che sono difficili o impossibili da correggere nelle fasi successive del progetto (p. es. cubatura e orientamento di un edificio)</li> <li>• Prendere decisioni strategiche sull'impiego di apparecchi ad alta efficienza energetica, automazione degli edifici, sistemi di raffreddamento sostenibili (ad esempio geocooling), misure di inverdimento, ecc.</li> </ul>
3 Progettazione	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Scambio continuo tra committente e progettista per verificare quanto precedentemente definito e commissionato (soprattutto nel caso di ristrutturazioni)</li> </ul>
4 Appalto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formulare obiettivi specifici per costruire tenendo conto del cambiamento climatico e includerli nelle condizioni generali della gara d'appalto</li> </ul>
5 Realizzazione	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nel caso di modifiche ai progetti di costruzione, prestare particolare attenzione agli aspetti rilevanti per il cambiamento climatico ed eseguire ispezioni in loco</li> <li>• Verificare che le istruzioni per i gestori, i custodi, ecc. siano disponibili al momento della messa in esercizio dell'edificio</li> <li>• Verificare che il monitoraggio sia avviato</li> <li>• Assicurarci che i progettisti               <ol style="list-style-type: none"> <li>3. elaborino delle raccomandazioni per i futuri utenti sul corretto utilizzo delle protezioni solari mobili (p. es. tapparelle, imposte) e sul corretto raffreddamento notturno</li> <li>4. definiscano i parametri per ottimizzare l'uso dell'edificio</li> </ol> </li> </ul>
6 Gestione	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fornire istruzioni agli inquilini, ad es. sul corretto utilizzo delle protezioni solari mobili (p. es. tapparelle, imposte) e sul corretto raffreddamento notturno, come pure sulla gestione di eventuali sistemi di raffrescamento (p. es. geocooling, nel caso in cui il raffrescamento estivo sia importante per l'efficienza dell'intero sistema [stoccaggio stagionale del calore nel terreno])</li> <li>• Ottimizzare il monitoraggio, ad esempio sulla base di sondaggi presso gli utenti</li> </ul>

**Tabella B:** Panoramica dell'impatto di vari parametri su energia, comfort termico e apporto di luce naturale nell'edificio, tenendo conto del cambiamento climatico

Parametro	Impatto su...					
	Fabbisogno energetico per il riscaldamento	Fabbisogno energetico per il raffreddamento	Consumo di energia finale (annuale)	Comfort termico	Apporto di luce naturale	Durata del soleggiamento
<b>Orientamento delle finestre</b> (Riferimento: orientamento est)						
Nord	***	****	****	****	****	***
Sud	****	****	****	****	****	****
Ovest	***	****	****	****	****	****
<b>Quota di finestre</b> (Riferimento: quota di finestre nell'appartamento 52.4%)						
Riduzione 25 %	****	****	****	****	***	***
Riduzione 50 %	****	****	****	****	***	***
<b>Architrave / parapetto della finestra</b> (Riferimento: architrave 20 cm / parapetto 65 cm)						
Senza architrave	****	***	****	****	****	****
Architrave 40 cm	***	****	****	****	***	****
Senza parapetto	***	****	****	****	***	***
<b>Design della facciata: numero di finestre / forma delle finestre</b> (Riferimento: una finestra)						
Finestre a nastro	***	***	***	***	****	****
Tre finestre verticali	***	****	***	****	***	***
<b>Elementi costruttivi: sporgenze orizzontali</b> (Riferimento: nessuna sporgenza orizzontale)						
Sporgenza di 1 m di profondità, su tutta la facciata	***	****	****	****	***	***
Sporgenza di 2 m di profondità, su tutta la facciata	***	****	****	****	***	***
<b>Protezione solare mobile (tipo, colore, grado di trasmissione)</b> (Riferimento: tenda da sole in tessuto «chiaro»)						



Tenda da sole in tessuto «scuro»	****	****	****	****	****	nessuna valutazione
Tapparelle color «argento»	****	****	****	****	****	nessuna valutazione
<b>Inclinazione delle finestre: lucernari</b> (Riferimento: nessun lucernario)						
lucernari aggiuntivi	****	****	****	****	****	nessuna valutazione
Lucernari, riduzione delle finestre sulle facciate	****	****	****	****	****	nessuna valutazione
<b>Elementi di ombreggiamento verticali: protezione solare fissa / intradosso delle finestre</b> (Riferimento: profondità dell'intradosso 36 cm / nessun elemento di ombreggiamento verticale)						
Intradosso 70cm	****	****	****	****	****	****
Ombreggiamento verticale, 1m di profondità	****	****	****	****	****	****
<b>Qualità dei vetri / progresso tecnologico</b> (Riferimento: finestra con valore U: 0.7   valore g: 0.51   T <sub>vis</sub> : 0.71, senza considerare le innovazioni tecnologiche)						
Pellicole per finestre	****	****	****	****	****	nessuna valutazione
Vetri elettrocromici	****	****	****	****	****	nessuna valutazione
<b>Elementi costruttivi: giardini d'inverno / verande</b> (Riferimento: veranda secondo edificio di riferimento (senza vetrate))						
Veranda con vetrate	****	****	****	****	****	nessuna valutazione
Giardino d'inverno	****	****	****	****	****	nessuna valutazione
<b>Superfici dei locali</b> (Riferimento: pavimento – parquet / R = 0.2; pareti interne – intonaco beige / R = 0.5; soffitto – intonaco bianco / R = 0.7)						
Pavimento «scuro» R = 0.1	****	****	****	****	****	nessuna valutazione
Pavimento «chiaro» R = 0.6	****	****	****	****	****	nessuna valutazione
Pareti interne, intonaco in argilla R = 0.25	****	****	****	****	****	nessuna valutazione

**Legenda:**

\* \* \* \* \* impatto basso

\* \* \* \* \* impatto medio

\* \* \* \* \* impatto elevato

\* \* \* \* \* impatto molto elevato

\* \* \* \* \* impatto positivo

\* \* \* \* \* impatto negativo

**Tabella C:** Raccomandazioni per i progettisti

<b>1. Orientamento delle finestre</b>	È consigliato <i>orientare le finestre verso sud, ovest ed est</i> (in questo ordine). Inoltre, gli appartamenti dovrebbero avere facciate <i>orientate su almeno due direzioni</i> , soprattutto se una di esse è rivolta verso nord. Una pianificazione mirata della disposizione dei locali è particolarmente importante. <i>Planimetrie flessibili</i> degli appartamenti potrebbero essere utili in futuro: per esempio, la stanza nord potrebbe essere usata come ufficio per il telelavoro in estate e la stanza sud in inverno.
<b>2. Quota di finestre</b>	Un <i>approccio consapevole nella collocazione e nel dimensionamento delle finestre</i> è molto importante per la progettazione degli edifici, soprattutto in vista degli scenari climatici futuri. Durante la progettazione, è necessario tenere in considerazione gli <i>edifici circostanti e le condizioni geografiche (montagne, ecc.)</i> : Se, ad esempio, l'ultimo piano o altri piani non sono ombreggiati, è necessario verificare se sia possibile ridurre la quota di finestre nelle facciate.
<b>3. Architrave / parapetto della finestra</b>	Le finestre senza parapetto sono sconsigliate, soprattutto in considerazione del cambiamento climatico. L'altezza dell'architrave dovrebbe essere ridotta il più possibile, al fine di massimizzare l'apporto di luce naturale. <i>La riduzione delle dimensioni di una finestra dovrebbe avvenire nella zona del parapetto e non dell'architrave</i> . Questo non avrà, o avrà solo in piccola misura, un effetto negativo sull'apporto di luce naturale nell'edificio.
<b>4. Design della facciata: numero di finestre / forma delle finestre</b>	Le finestre a nastro permettono un leggero miglioramento dell'apporto di luce naturale nell'edificio; allo stesso tempo, questi elementi hanno un effetto leggermente negativo sul bilancio energetico e sul comfort termico.  <i>I tre elementi verticali di una finestra</i> portano ad un aumento del fabbisogno di riscaldamento, ma allo stesso tempo permettono di ridurre il fabbisogno energetico per il raffreddamento e il numero di ore di surriscaldamento. Questo aspetto può diventare più importante,

---

soprattutto in considerazione del cambiamento climatico o in situazioni specifiche (edificio indipendente, nessuna ombreggiatura). L'uso di questi elementi può avere senso in casi individuali, soprattutto in futuro. Tuttavia, è necessario prestare particolare attenzione a un adeguato apporto di luce naturale.

---

**5. Elementi costruttivi: sporgenze orizzontali**

Quando si progettano sporgenze orizzontali, è necessario prestare particolare attenzione alla *situazione circostante* per trovare il giusto equilibrio tra *efficienza energetica, comfort termico e apporto di luce naturale*.

In un *contesto urbano* (situazione di riferimento), si verifica di regola un ombreggiamento da parte degli edifici circostanti. Questo rende difficile soddisfare i requisiti di illuminazione naturale, soprattutto ai piani inferiori. Le sporgenze orizzontali riducono ulteriormente l'apporto di luce naturale.

In un *edificio indipendente* (senza ombreggiamento da parte di edifici vicini, montagne, alberi, ecc.), i requisiti per l'apporto di luce naturale possono essere soddisfatti più facilmente. Allo stesso tempo, i guadagni di calore solare sono anche significativamente più elevati. Questo rimette in primo piano il fabbisogno energetico per il raffreddamento e il comfort termico. In questo contesto, gli elementi orizzontali che fungono da protezione solare possono guadagnare importanza. Una pianificazione mirata che tenga conto dei requisiti della norma SN EN 17037:2019 è fondamentale.

---

**6. Protezione solare mobile (tipo, colore, grado di trasmissione)**

*Come regola generale vale: le protezioni solari mobili devono essere sempre prese in considerazione nella progettazione.*

*Le tapparelle con lamelle orientabili* sono particolarmente raccomandate, sia dal punto di vista energetico che del comfort termico e visivo. Oltre alla protezione solare esterna, è sempre opportuno considerare anche una protezione interna dall'abbagliamento (possibilmente con chiusura dal basso verso l'alto), anche se questa non è direttamente richiesta nell'edilizia residenziale.

---

**7. Inclinazione delle finestre: lucernari**

Per quanto riguarda l'apporto di luce naturale, si consiglia l'impiego di *lucernari*: soprattutto nei *locali profondi*, i requisiti riguardo alle quote di luce naturale solitamente non possono essere soddisfatti. L'uso mirato dei lucernari migliora il comfort visivo in questi ambienti.

Con una buona progettazione, l'uso dei lucernari è consigliato anche dal punto di vista energetico e termico. Una *buona protezione solare* e un *raffreddamento notturno mirato* sono essenziali.

---

---

<b>8. Elementi di ombreggiamento verticali: protezione solare fissa / intradosso delle finestre</b>	<p>Una <i>maggiore profondità dell'intradosso</i> delle finestre porta solo ad un leggero miglioramento riguardo l'energia finale e il comfort termico.</p> <p>Questi elementi hanno un effetto leggermente negativo sull'apporto di luce naturale.</p> <p>Gli <i>elementi ombreggianti verticali</i> hanno un effetto positivo sul bilancio energetico e sul comfort termico. Tuttavia, hanno un effetto negativo sull'apporto di luce naturale nell'edificio. Nel contesto del cambiamento climatico potrebbero però guadagnare importanza. È essenziale utilizzare gli elementi di ombreggiamento verticale in modo mirato, tenendo conto dei requisiti della norma SN EN 17037:2019 «Tageslicht in Gebäuden».</p>
<b>9. Qualità dei vetri / progresso tecnologico</b>	<p>Le <i>pellicole per finestre</i> portano ad un aumento del consumo di energia finale. Se questi elementi dovessero essere <i>utilizzati stagionalmente</i>, il fabbisogno energetico per il raffreddamento e il comfort termico potrebbero essere migliorati. Tuttavia, le pellicole per finestre riducono in modo significativo l'apporto di luce naturale nell'edificio. Un uso consapevole di queste pellicole in estate, per esempio laddove altre misure risultano essere meno praticabili, potrebbe essere sicuramente preso in considerazione (tenendo comunque conto di una sufficiente fornitura di luce naturale).</p> <p>Anche i <i>vetri elettrocromici</i> potrebbero acquisire importanza in futuro: questi elementi sono molto vantaggiosi dal punto di vista energetico e del comfort termico, ma in termini di apporto di luce naturale necessitano di miglioramenti. Tuttavia, questa tecnologia è in continuo sviluppo e potrebbe migliorare in questo senso.</p>
<b>10. Elementi costruttivi: giardini d'inverno / verande</b>	<p>Una <i>veranda vetrata</i> o un <i>giardino d'inverno</i> possono avere un effetto positivo sull'efficienza energetica. Al contempo, questi elementi non hanno effetti negativi significativi sull'apporto di luce naturale nell'edificio. Tuttavia, è importante che si tenga conto di una <i>ventilazione sufficiente</i> della zona e di una <i>protezione solare esterna</i>. La vetratura totale (giardino d'inverno) potrebbe contribuire a migliorare il comfort visivo.</p> <p>Va tenuto presente che le vetrate aggiuntive aumentano la quantità di <i>energia grigia</i> richiesta per la costruzione.</p>
<b>11. Superfici dei locali</b>	<p>Le <i>superfici chiare</i> all'interno possono migliorare significativamente <i>l'apporto di luce naturale nell'edificio</i>, senza allo stesso tempo avere effetti negativi significativi sull'efficienza energetica e sul comfort termico. Si consiglia pertanto di utilizzare superfici con un'elevata riflettanza.</p>

---