



FH Salzburg

Optimierung der Fensterflächenanteile in Einfamilienhäusern

Einfluss des Fensterflächenanteils auf den Endenergiebedarf zur Heizung und Kühlung von Gebäuden bei unterschiedlichen Bauweisen

Autor: FH-Prof. DI Dr. Markus Gratzl
Forschungseinrichtung: Fachhochschule Salzburg GmbH
Unternehmen: Senftenbacher Ziegelwerke, Flotzinger GmbH & Co KG
Datum: 12. Mai 2020

Technik
Gesundheit
Medien

Inhalt

1. Einleitung	1
1.1. Aufgabenstellung	1
1.2. Methode	2
2. Grundlagenermittlung	3
2.1. Grundrissanalyse	3
2.2. Bauteilaufbauten	4
2.3. Fensterauswahl	6
3. Simulationsmodell	6
3.1. Modellbildung und Regelung	7
3.2. Parameterstudie	7
4. Ergebnisse	8
4.1. Ohne außenliegendem Sonnenschutz	8
4.2. Mit außenliegendem Sonnenschutz	9
5. Interpretation und Ausblick	10
Literaturverzeichnis	12
Abbildungsverzeichnis	12
Tabellenverzeichnis	13
Anhang	14

1. Einleitung

Aufgrund der Kombination aus klimatischen Veränderungen (Extreme Hitzeperioden und Kälteperioden (IPCC, 2018)), erhöhter Komfortansprüche (Nasrollahi, N., Shokri, E.; 2016) der Nutzer und trotz strengen normativen Rahmenbedingungen hinsichtlich sommerlicher Überwärmung (ÖNORM B 8110-3, 2018) entstehen neben dem aktuellen Trend den Heizenergiebedarf zu minimieren auch Anforderungen Gebäude aktiv zu kühlen.

Einen wesentlichen Einfluss, sowohl auf den Heizenergiebedarf als auch auf den Kühlenergiebedarf, haben transparente Bauteile, allen voran die Fenster. Die Verbrauchsminimierung, bezogen auf den Heiz- bzw. Kühlenergiebedarf erfordert eine mitunter gegenläufige Entwicklung des Anteils von Fensterflächen in der Gebäudehülle. Ein optimaler Fensterflächenanteil kann somit nur durch eine kombinierte Betrachtung ermittelt werden, um in zukünftigen Planungsprozessen Berücksichtigung zu finden.

Unterschiedliche Bauweisen und die damit verbundenen unterschiedlichen bauphysikalischen Eigenschaften können im Idealfall zu einer Minimierung des Heiz- und Kühlenergieverbrauchs beitragen. Vor allem die Ausgleichswirkung der Speichermasse von Bauteilen ist in diesem Zusammenhang wesentlich. Einfluss auf den optimalen Beitrag dieser Speichermassen zur Verbrauchsminimierung haben wiederum die oben erwähnten Fensterflächen, in Kombination mit Lüftungs- und Verschattungsansätzen.

1.1. Aufgabenstellung

Die beiden angeführten wesentlichen Faktoren zu kombinieren, und ideale Fensterflächenanteil bei unterschiedlichen Bauweisen für einen minimalen Heiz- und Kühlenergiebedarf zu ermitteln ist Ziel dieser Untersuchung.

Ausgehend von den Anforderungen an den minimalen Fensterflächenanteil gemäß der OIB-Richtlinie 3 (2019) soll durch eine Parameterstudie mittels schrittweiser Erhöhung des Fensterflächenanteils an der Gebäudehülle die Auswirkung des Energiebedarfs zur Konditionierung der Gebäude im Sommer und Winter ermittelt werden.

An einem typischen Gebäudemodell werden dabei für fünf verschiedene Wandaufbauten mit gleichem U-Wert in unterschiedlichen Holz- und Ziegelbauweisen die Fensterflächenanteile je Himmelsrichtung in einem Simulationsmodell variiert. Aus dieser Simulation können für jede Bauweisen-Variante zwei grundsätzlich Ergebnisse ermittelt werden:

- Der minimale Endenergiebedarf zur Heizung und Kühlung des Modellgebäudes
- der dafür ideale Fensterflächenanteil

In der Simulation findet neben den Bauteilaufbauten und der Fensterflächenanteile auch der Einfluss eines außenliegenden Sonnenschutz Berücksichtigung. Dafür werden alle Parameterstudien doppelt ausgeführt – einmal mit und einmal ohne Sonnenschutz. Die ursprünglich im Antrag des Innovationschecks geplante Variantenstudie an zwei verschiedenen Standorten wird in Anbetracht der höheren Relevanz des Sonnenschutzeinflusses daher nicht durchgeführt.

Der Auftraggeber erhofft sich aus der Ausarbeitung dieser Zusammenhänge einen vielfältigen Nutzen:

- Die Ergebnisse sollen im Rahmen von internen Schulungs- und Informationsveranstaltungen verwendet werden.
- Die Ergebnisse sollen als Grundlage für die Entwicklung neuer Produkte herangezogen werden
- Das Wissen um die Auswirkungen der verschiedenen Bauweisen auf die Fensterflächenanteile kann in die Beratung und in die Zusammenarbeit mit Kunden einfließen.
- Abhängig von den Projektergebnissen ist geplant, die Untersuchung auf weitere Themengebiete auszuweiten

1.2. Methode

Arbeitspaket 1

Die Grundlagen für die Simulation werden erfasst. Dabei werden rechtliche und normative Rahmenbedingungen erhoben, ein Gebäudetyp durch eine Grundrissanalyse eruiert, hinsichtlich des U-Wertes vergleichbare Bauteilaufbauten ermittelt, typische Fenstermodell ermittelt und Simulationsgrundlagen ermittelt.

Arbeitspaket 2

In AP2 erfolgt die Erstellung eines Simulationsmodelles für die Durchführung einer dynamischen Gebäudesimulation. In diesem Modell werden die für die Untersuchung relevanten Parameter (Fensterbreite/ -höhe) und deren Schrittweite in einer möglichst hohen Auflösung variiert um in einer Parameterstudie den optimalen Fensterflächenanteil in Abhängigkeit der jeweiligen Fassadenorientierung zu ermitteln. Nach der Durchführung der Simulation werden die Ergebnisse graphisch aufbereitet um eine Interpretation zu ermöglichen.

Arbeitspaket 3

In Kooperation mit dem Auftraggeber wurden Ergebnisse der Arbeitspakete AP1 und AP2 evaluiert und im Hinblick auf Implementierung in weiterführende (Forschungs-) Projekte untersucht.

2. Grundlagenermittlung

Dieser Teil beschäftigt sich mit der Erhebung, Festlegung und Vereinfachung des zu untersuchenden beispielhaften Wohngebäudes. Außerdem werden die Bauteilaufbauten für die Variantenstudie festgelegt. Besonderes Augenmerk wird hierbei auf die bauphysikalischen Kennwerte der Hüllflächen gelegt.

2.1. Grundrissanalyse

Zu Ermittlung eines typischen Gebäudegrundrisses von Einfamilienhäusern wurde eine Analyse von 17 unterschiedlichen Grundrissen von verschiedenen Baufirmen und Fertighausfirmen vorgenommen. Als Eingrenzung wurden dabei zweigeschossige Gebäude mit einer Wohnnutzfläche zwischen 130 und 140 m² als typische Vertreter gewählt.

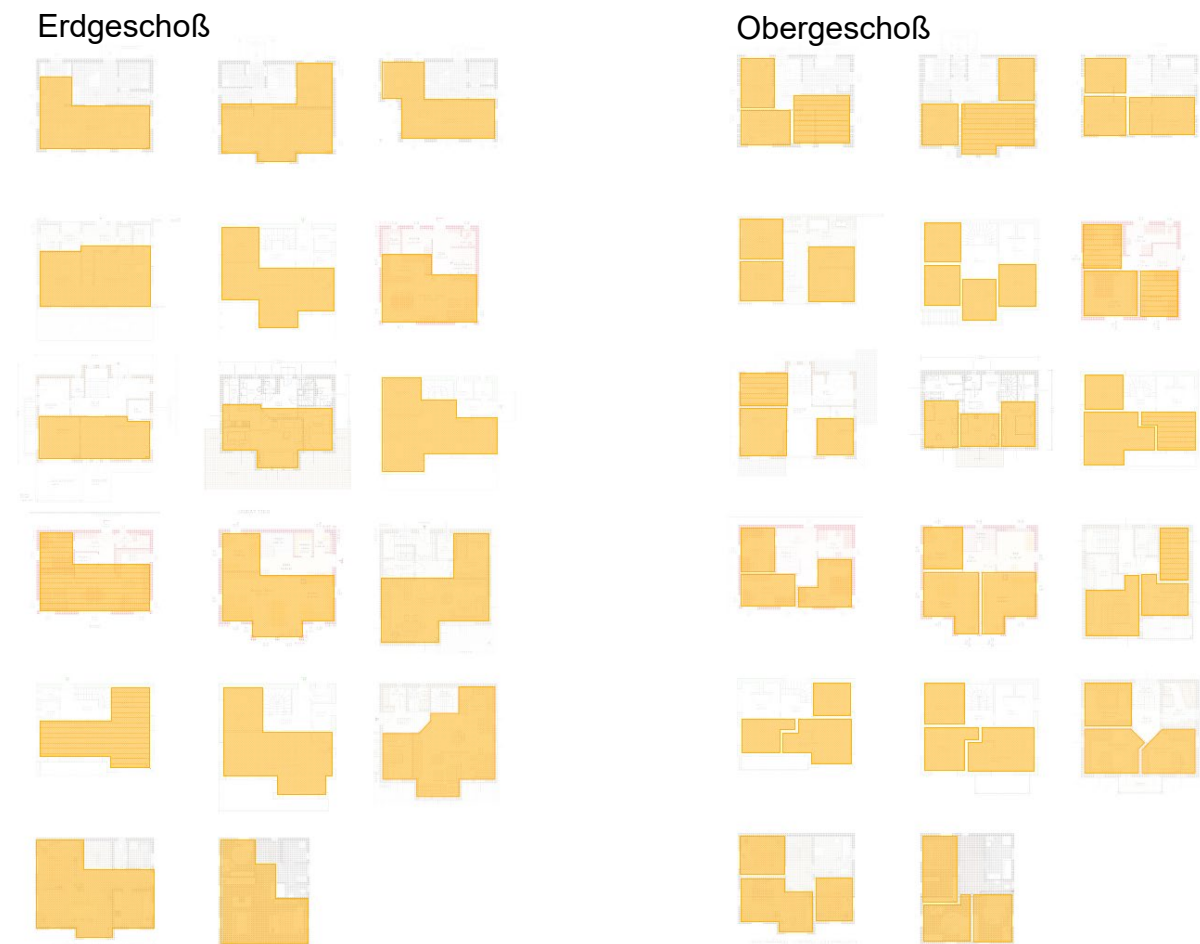


Abbildung 1: Analyse der Grundrissvarianten

Zur Strukturierung der Grundrisse wurden in Abbildung 1 die Flächen und Räume mit einer Nutzung als Wohnraum für die Erdgeschoss- und Obergeschossgrundrisse markiert. Nur für diese Nutzungsart erscheint eine Variierung der Fensterflächen sinnvoll. Für Nebenräume wie Bäder, Stiegenhäuser, Abstellräume und Vorräume gilt der Mindestflächenanteil der Fenster von 12% der Raumfläche (OIB-

Richtlinie 3, 2019) nicht. Außerdem werden Nebenräume oft anders temperiert als Wohnräume. Somit sollen im Simulationsmodell Fensterflächen nur für Wohnräume variiert werden.

Es zeigt sich, dass die Wohnfläche im Erdgeschoß meist L-förmig ist und entweder nach Südost oder Südwest ausgerichtet ist. Die Wohnflächen im Obergeschoße lassen sich bei Gebäuden dieser Nutzfläche meist in 3 einzelnen Wohnräumen finden, deren Ausrichtung typischerweise der L-Form im Erdgeschoße folgen.

Entsprechend dieser Analyse der Grundrisstypen wurde ein Gebäudemodell entwickelt, dass aus einer L-Förmigen Zone im Erdgeschoß und drei Zonen im Obergeschoß besteht. Die jeweils übrige Gebäudefläche wurde zur Vereinfachung der Berechnung als zu den Berechnungszonen adiabat angenommen.

2.2. Bauteilaufbauten

Die Ermittlung der detaillierten Bauteilaufbauten folgt einer grundsätzlichen Festlegung unterschiedlicher Bauweisen. Dafür wurden typische Bauweisen österreichischer Einfamilienhäuser gewählt und dementsprechend in die beiden Hauptkategorien Holz- und Ziegelbauweise unterschieden. Maßgeblich für Heiz- und Kühlenergieverbrauch sind hier die Außenwände. Zur weiteren Unterteilung wurden für die

- Holzbauweise
 - Holzmassivbau mit außenliegender Dämmung
 - Holzrahmenbau mit zusätzlich außenliegender Dämmung
- Ziegelbauweise
 - monolithischer Wandaufbau mit 50cm starken Hochlochziegeln ohne Dämmung
 - hochporösen, 25cm starke Hochlochziegel und außenliegender Dämmung
 - schweren, 25cm starke Hochlochziegel und außenliegender Dämmung

Im Rahmen dieser Parameterstudie wurden zur besseren Vergleichbarkeit alle weiteren Wandaufbauten nur in zwei Varianten gewählt und berücksichtigt: einmal für die Holzbauweise, einmal für die Ziegelbauweise. Diese Wandaufbauten umfassen die Innenwände, Bodenplatte, Zwischendecke, oberste Geschoßdecke und Dach. Bei der Interpretation der Ergebnisse sollte allerdings nicht außer Acht gelassen werden, dass auch diese Bauteile einen wesentlichen Anteil an der thermischen Speichermasse von Gebäuden haben. Die Bauteile in Holzbauweise haben hier in der Regel weniger Speichermasse als jene der massiven Ziegelbauweise.

Der U-Wert des Wandaufbaus mit 50er Ziegel wurde als Ausgangsbasis für alle anderen Bauteilaufbauten herangezogen, da dieser nicht variiert werden kann. Für die unterschiedlichen Ziegelaufbauten wurden typische Kennwerte von den Ziegelherstellern gesammelt, dort wo vorhanden jene Werte der Senftenbacher Ziegelwerke verwendet, gemittelt und zur Erstellung der Wandaufbauten verwendet.

Erhoben wurden der Wärmeleitkoeffizient λ [W/m.K], die Rohdichte ρ [kg/m³], die spezifische Wärmekapazität c [kJ/(kg.K)] und Wärmespeicherfähigkeit [Wh/(m³.K)] Die spezifische Wärmekapazität wird auf den Datenblättern der Fa. Senftenbacher nicht angegeben, hier wird auf Werte anderer österreichischer Hersteller zurückgegriffen.

Die Erstellung der Bauteilaufbauten der Holzbauweise basiert auf bauphysikalische Werten aus Bau-Book (baubook, 2020) und auf Aufbauten aus Dataholz (dataholz, 2020). In der folgenden Tabelle 1 finden sich die Bauteilaufbauten aller Außenwände. Alle übrigen Bauteilaufbauten sind im Anhang zu finden.

Bauteil	Schicht	Bauteildicke	Wärmeleitkoeffizient λ	Rohdichte ρ	spezifische Wärmekapazität c	U-Wert
		[m]	[W/mK]	[kg/m ³]	[kJ/(kg K)]	[W/m ² K]
Holzmassiv	Brettsperrholz	0.094	0.13	500	1600	0.1754
	Holzfaserdämmplatte	0.2	0.042	160	2000	
	Gipsfaserplatte	0.015	0.32	1000	1100	
	Luftschicht	0.03	0.176	1.2	1003	
	Lärchenschalung	0.02	0.155	600	1600	
Holzriegel	Gipsfaserplatte	0.0125	0.32	1000	1100	0.1744
	Lattung/Mineralwolle	0.04	0.052	85	1116	
	Dampfbremse	0.002				
	Gipsfaserplatte	0.01	0.32	1000	1100	
	Gefachung_ Außenwand	0.16	0.052	85	1116	
	Gipsfaserplatte	0.015	0.32	1000	1100	
	EPS	0.05	0.031	15.8	1450	
Putzsystem	0.004	0	2000	1130		
50er Ziegel	Putz	0.015	0.8	1800	790	0.1735
	50er Ziegel	0.5	0.09	648	923.9	
	Putz	0.015	0.8	1800	790	
25er Ziegel 'leicht'	Putz	0.015	0.8	1800	790	0.1732
	25er Ziegel	0.25	0.19	720	920	
	EPS	0.17	0.04	17	1450	
	Putz	0.015	0.8	1800	790	
25er Ziegel 'schwer'	Putz	0.015	0.8	1800	790	0.1764
	25er Ziegel schwer	0.25	0.26	1195	920	
	EPS	0.17	0.04	17	1450	
	Putz	0.015	0.8	1800	790	

Tabelle 1: Bauteilaufbauten und Kennwerte der Außenwände

2.3. Fensterauswahl

Für die Variierung der Fensterflächen wurde folgendes, dem aktuellen Stand der Technik entsprechendes Fenster mit drei-Scheiben-Wärmeschutzverglasung gewählt. Besonderes Augenmerk wurde auf einen hohen visuellen Komfort und eine hohe Tageslichtnutzung gelegt. Daher wurde eine Verglasung mit entsprechend hohem Lichttransmissionsgrad gewählt:

- Verglasung: iPlus 3LS, interpane
 - T_{vis} : 0,73
 - g-Wert: 0,62
 - U_g -Wert Verglasung: $0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Rahmen:
 - Fixe Rahmenbreite von 12cm
 - U_f -Wert Rahmen. $0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$
- U_w -Wert: abhängig vom jeweiligen Rahmenanteil

3. Simulationsmodell

Das in Kapitel 2.1 beschriebene Gebäudemodell ist in Form von vier thermischen Zonen in die Simulationsumgebung von IDA-Ice (Version 4.8) abgebildet. In diesem Kapitel werden die Eingangsparameter und die Regelalgorithmen für die Simulation beschrieben. Außerdem wird Aufschluss über die in der Parameterstudie variierten Fensterflächenanteile gegeben. Abbildung 2 zeigt das fertige Grundmodell, dass jeder der Parameterstudien zugrunde liegt.

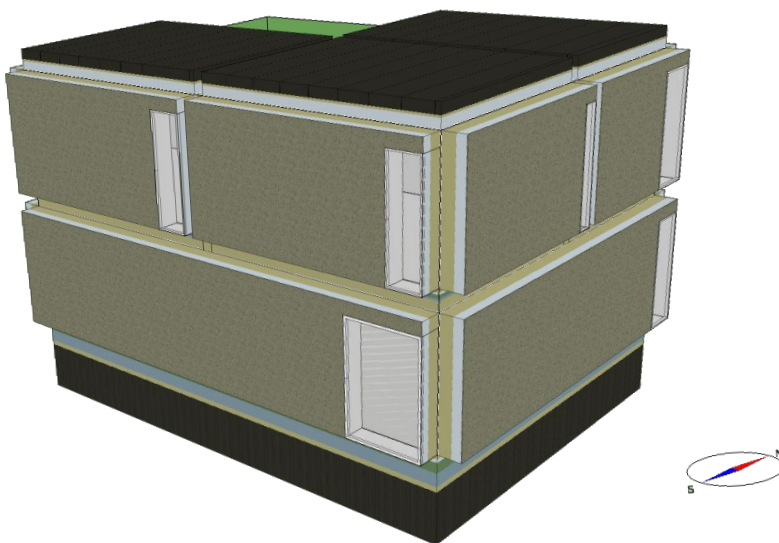


Abbildung 2: Grundmodell für die Parameterstudie. Die Fensterflächen entsprechen der Mindestbelichtungsflächen nach OIB 3.

3.1. Modellbildung und Regelung

Die dabei für das Modell relevanten Parameter für die Ermittlung der Heizenergie und der Kühlenergie definieren sich wie folgt:

- Klimadaten: Salzburg Flughafen (ASHRAE 2013)
- Gebäudeausrichtung: Süden
- Minimale Raumtemperatur im Heizfall: 22 °C
- Maximale Raumtemperatur im Kühlfall: 26 °C
- Innere Wärmegewinne: 2.6875 W/m² (ÖNORM B8110-5, 2019)
- Luftwechsel: 0.28 h⁻¹ (ÖNORM B8110-5, 2019)
- F_c Wert Sonnenschutz: 0.2

Die Regelung des Sonnenschutzes erfolgt für jedes Fenster individuell in Abhängigkeit der Zonentemperatur und der auf das Fenster gerichteten gesamten Sonneneinstrahlung (diffus und direkt). Steigt die Raumtemperatur über den gesetzten Schwellwert von 25 °C, wird bei gleichzeitiger Überschreitung des Schwellwertes der Einstrahlung von 150 W/m² der Sonnenschutz zur Gänze geschlossen und solange geschlossen gehalten, bis die Raumtemperatur unter 24 °C sinkt.

Der Luftwechsel wurde in dieser Betrachtung mit einem konstanten Wert von 0.28 h⁻¹ angenommen. Auf eine detaillierte Abbildung unterschiedlicher Luftwechsel im Tagesverlauf, wie beispielsweise bei einer Nachtlüftung, wurden in dieser Simulation verzichtet. Es können sich somit die Aussagen über die Speicher- und Ausgleichsfähigkeit der Bauteile, und somit auch den resultierenden Fensterflächenanteilen gegenüber einer Simulation mit Nachtlüftung unterscheiden. An der Grundaussage und Charakteristik der unterschiedlichen Fensterflächenanteile je Bauweise wird aber keine Änderung erwartet.

3.2. Parameterstudie

Die Parameterstudie mit dem Ziel der Minimierung des Endenergiebedarfs wird unter Kopplung des Simulationsmodells mit dem Simulationsalgorithmus GenOpt (GenOpt, 2016) erreicht. Eingangswerte für den Optimierer sind dabei die Fenstergrößen der jeweiligen Fenster in den unterschiedlichen Zonen. Je Zone gibt es ein Fenster je Außenwand. Ausgenommen davon sind, wie in Kapitel 2.1 beschrieben, die nordorientierten Bauteile. Die mögliche Bandbreite umfasst die in Tabelle 2 aufgelisteten Werte. Das Minimum dieser Werte resultiert dabei aus dem in der OIB-Richtlinie 3 (2019) geregelten Mindestfensterflächenanteil von 12 %.

Fenster	Minimal (Startwert)			Maximal		
	Gesamtfläche	Glasfläche	Rahmenanteil	Gesamtfläche	Glasfläche	Rahmenanteil
EG_Osten	1.7 m ²	1.1 m ²	37%	16.9 m ²	14.6 m ²	14%
EG_Süden	3.4 m ²	2.5 m ²	27%	22.5 m ²	19.8 m ²	12%
EG_Westen	1.7 m ²	1.1 m ²	37%	8.8 m ²	7.2 m ²	18%
OG_SO_Osten	0.8 m ²	0.4 m ²	52%	8.8 m ²	7.2 m ²	18%
OG_SO_Süden	1.5 m ²	0.9 m ²	38%	11.0 m ²	9.2 m ²	16%
OG_SW_Süden	1.5 m ²	0.9 m ²	38%	11.0 m ²	9.2 m ²	16%
OG_SW_Westen	0.8 m ²	0.4 m ²	52%	8.8 m ²	7.2 m ²	18%
OG_NO_Osten	2.0 m ²	1.4 m ²	34%	7.7 m ²	6.2 m ²	19%

Tabelle 2: Fensterflächenanteile der einzelnen Wände

Diese minimale Fensterflächenkonfiguration entspricht auch dem Startwert für die Parameterstudie. Dabei wurde angenommen, dass die nach Süden orientierten Fenster die doppelte Fläche der nach Osten bzw. Westen orientierten Fenster haben. Dieses Flächenverhältnis bezieht sich dabei ausschließlich auf die minimale Fensterflächenkonfiguration, für die Parameterstudie sind keine fixen Verhältnisse vorgegeben. Der Rahmenanteil der einzelnen Fenster sinkt mit zunehmender Fenstergröße, da eine fixe Rahmenbreite von 12cm angenommen wird. Diese Veränderung wird in der Parameterstudie über eine Exponentialfunktion abgebildet.

4. Ergebnisse

Im Folgendem Kapitel sind die Ergebnisse der Parameterstudie dargestellt. Zusätzlich zu den raumseitig benötigten Energiemengen sind Verteilverluste in der Höhe von 20 % angenommen worden. Als Wärme- bzw. Kältequelle ist eine Wärmepumpe mit den folgenden gemittelten Arbeitszahlen in der Simulation abgebildet:

- SEER: 3 (Umweltbundesamt, 2014)
- JAZ: 3 (Fraunhofer, 2017)

Die jeweiligen Ergebnisse zeigen dabei immer jene Varianten, welche in Summe den geringsten Endenergiebedarf aufweisen, und das theoretische Optimum widerspiegeln.

Die ungleiche Verteilung der Fensterflächen in Ost- und Westrichtung resultiert aus der L-Form der Berechnungszonen, und der damit längeren Außenwand Richtung Osten als jener Richtung Westen.

4.1. Ohne außenliegendem Sonnenschutz

Als Ergebnis der fünf Bauteilvarianten ohne außenliegenden Sonnenschutz, abgebildet in Abbildung 3, lässt sich erkennen, dass sich die benötigte jährliche Endenergie zwischen den Varianten nur geringfügig abweicht (Maximal 5 %). Die Größe der Fensterflächen bewegt sich im Bereich der Mindestanforderungen seitens OIB Richtlinie 3 (2019). Auswirkung der Speichermasse zwischen den Varianten beeinflussen zum Überwiegenden Anteil die Kühlendenergie. Absolut betrachtet lassen sich aber hier auch nur geringe Unterschiede aufzeigen.

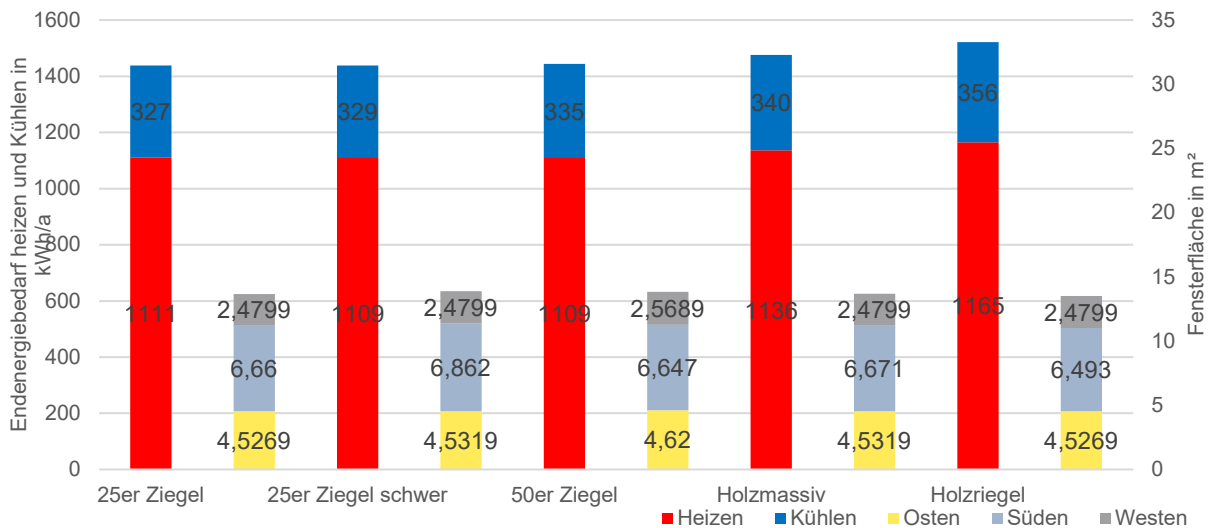


Abbildung 3: Energiebedarf und Fensterflächen der unterschiedlichen Varianten ohne Sonnenschutz (ohne Nachtlüftung)

4.2. Mit außenliegendem Sonnenschutz

Abbildung 4 veranschaulicht die Ergebnisse bei Vorhandensein eines außenliegenden Sonnenschutzes. Verglichen zu den Varianten ohne Sonnenschutz, kann trotz einer resultierenden Erhöhung des Fensterflächenanteils, je nach Variante zwischen 42 % und 55 %, eine Reduktion des Endenergiebedarfs zwischen 27 % und 37 % in allen Varianten beobachtet werden. Die drei Varianten in Massivbauweise erlauben bei geringerem Endenergiebedarf einen höheren Fensterflächenanteil verglichen zu den beiden Varianten in Holzbauweise.

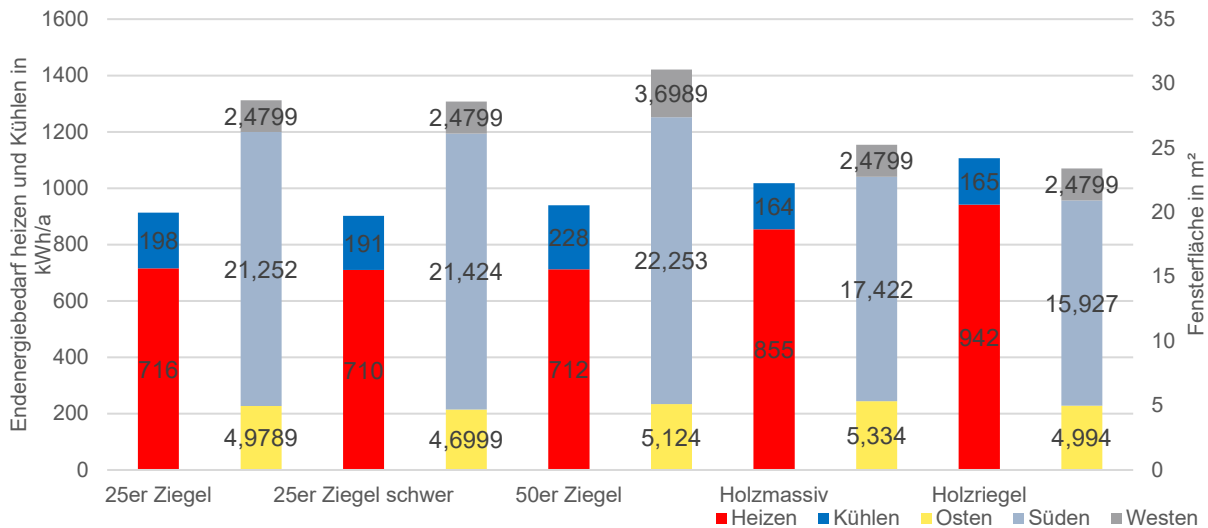


Abbildung 4: Energiebedarf und Fensterflächen der unterschiedlichen Varianten mit Sonnenschutz (ohne Nachtlüftung)

5. Interpretation und Ausblick

Die vorliegende Studie zur Optimierung der eingesetzten Endenergie zur Gebäudekonditionierung im Einfamilienhaus lässt sich im Wesentlichen durch die folgenden Kernaussagen zusammenfassen. Eine grafische Darstellung der Ergebnisse ist in Abbildung 5 zusammenfassend visualisiert.

- Ohne außenliegendem Sonnenschutz unterscheiden sich die untersuchten Varianten nur marginal voneinander. Das bedeutet, dass eine effiziente Verschattung einen größeren Einfluss auf die Effizienz des Gebäudes hat, als unterschiedliche Wandaufbauten. Dies macht eine Diskussion über verschiedene Aufbauten irrelevant, solange nicht über einen außenliegenden Sonnenschutz nachgedacht wird.
- Aus den Ergebnissen lässt sich ableiten, dass eine Implementierung von außenliegenden Beschattungsmaßnahmen in Kombination mit geeigneter Regelung immanent für die Maximierung der Fensterfläche bei gleichzeitiger Reduktion des kombinierten Endenergiebedarfs (heizen und kühlen) ist. Dies ist teilweise auf die Aktivierung der Speichermassen zurückzuführen. Durch den hohen Fensterflächenanteil kann der solare Eintrag im Heizfall zur Senkung der Heizenergie führen, und im Sommer der sommerlichen Überwärmung entgegenwirken.
- Einen zusätzlichen Einfluss auf die Nutzung und Aktivierung der Speichermassen kann ein optimiertes Lüftungsverhalten, beispielsweise durch Nachtlüftung in den Sommermonaten, haben. Insbesondere die Größe der Auswirkung dieses Effekts im Verhältnis zur Auswirkung eines installierten Sonnenschutzes bietet weiteres Untersuchungspotential.
- Bei gleichbleibenden Voraussetzungen und einem installierten außenliegenden Sonnenschutz können bei massiveren Bauteilvarianten die Fensterflächen größer geplant werden, ohne einen negativen Einfluss auf das Ergebnis zu erzielen.
- Die Parameterstudien der Varianten ohne Sonnenschutz resultieren unabhängig von der Bauweise am durch die OIB 3 Richtlinie (2019) vorgegebenem Mindestfensterflächenanteil von 12 %.
- Alle betrachteten Varianten tendieren in einer nach Süden orientierten Fensterflächenverteilung, welche insbesondere bei vorhandenem Sonnenschutz deutlicher ausfällt.

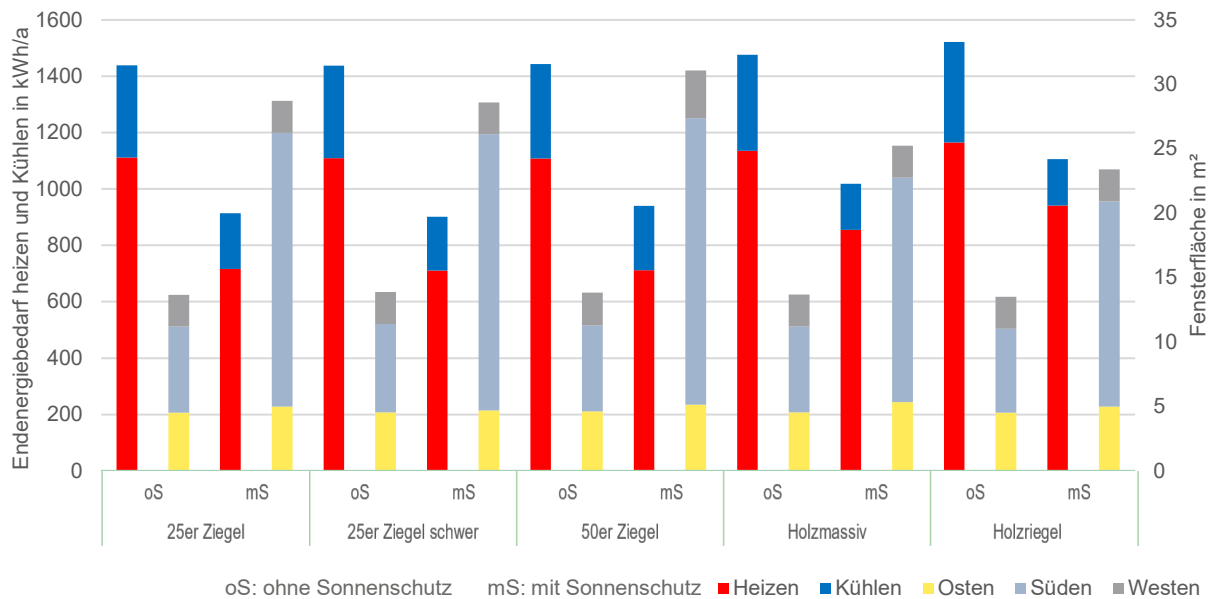


Abbildung 5: Gesamtaufstellung der Simulationsergebnisse (ohne Nachtlüftung)

Anknüpfend an diese Studie würde sich die Betrachtung der folgenden Aspekte anbieten, um eine nachhaltige Verwendung der erstellten Simulationsmodelle zu sichern:

- Implementierung eines detaillierten Nachtlüftungsmodells und Untersuchung der Auswirkung auf die Aktivierung von Speichermassen.
- Vergleich von unterschiedlichen Sonnenschutzarten (innenliegend, passive Technologien...)
- Optimierung von Sonnenschutzregelungen
- Verglasungsstudien
- Vergleich von verschiedenen Gebäudetechnischen Systemen
- Verwendung von aktuellen Klimadaten, bzw. Klimadaten mit ausgeprägten Hitzeperioden

Literaturverzeichnis

baubook (2020): Datenbank für ökologisches Bauen und Sanieren, baubook GmbH, Wien. Online im Internet: URL: <https://www.baubook.info/zentrale/> [Stand: 21.01.2020]

dataholz (2020): Online-Katalog für Holz- und Holzwerkstoffe, Baustoffe, Bauteile und Bauteilfügungen für den Holzbau, Holzforschung Austria – Österreichische Gesellschaft für Holzforschung, Wien. Online im Internet: URL: <https://www.dataholz.eu/bauteile/aussenwand.htm> [Stand: 21.01.2020]

GenOpt (2016): Generic Optimization Program, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley. Online im Internet: URL: <https://simulationresearch.lbl.gov/GO/index.html> [Stand: 21.01.2020]

IPCC (2018): Summary for Policymakers. In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 32 pp.

Nasrollahi, N., Shokri, E. (2016): Daylight illuminance in urban environments for visual comfort and energy performance, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 66, Pages 861-874

OIB-Richtlinie 3 (2019): OIB-Richtlinie 3 – Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz. Österreichischen Institut für Bautechnik, Wien

ÖNORM B 8110-3 (2018): Wärmeschutz im Hochbau - Teil 3: Ermittlung der operativen Temperatur im Sommerfall (Vermeidung sommerlicher Überwärmung), Österreichischen Normungsinstitut, Wien

ÖNORM B 8110-5 (2019) Wärmeschutz im Hochbau - Teil 5: Klimamodell und Nutzungsprofile, Österreichischen Normungsinstitut, Wien

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Analyse der Grundrissvarianten	3
Abbildung 2: Grundmodell für die Parameterstudie. Die Fensterflächen entsprechen der Mindestbelichtungsflächen nach OIB 3.	6
Abbildung 3: Energiebedarf und Fensterflächen der unterschiedlichen Varianten ohne Sonnenschutz	9
Abbildung 4: Energiebedarf und Fensterflächen der unterschiedlichen Varianten mit Sonnenschutz ...	9

Abbildung 5: Gesamtaufstellung der Simulationsergebnisse.....	11
---	----

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Bauteilaufbauten und Kennwerte der Außenwände.....	5
Tabelle 2: Fensterflächenanteile der einzelnen Wände	8

Anhang

Bauteilaufbauten Ziegelbauweise

Innenwand	Schicht	Dicke	Lambda	Dichte	Cp	U-Wert
		m	W/mK	kg/m ³	J/kgK	W/m ² K
	Putz	0.015	0.8	1800	790	1.572
	12er Ziegel	0.12	0.28	826	920	
	Putz	0.015	0.8	1800	790	
Zwischendecke	Schicht	Dicke	Lambda	Dichte	Cp	U-Wert
		m	W/mK	kg/m ³	J/kgK	W/m ² K
	Bodenbelag	0.01	0.18	1100	920	0.5611
	Zementestrich	0.07	0.98	1600	1080	
	Trittschalldämmung	0.04	0.035	40	1500	
	Splittschüttung	0.07	0.7	1800	1000	
	Beton	0.04	1.7	2300	880	
	Ziegel Deckstein	0.17	0.85	800	920	
	Putz	0.015	0.8	1800	790	
Dach	Schicht	Dicke	Lambda	Dichte	Cp	U-Wert
		m	W/mK	kg/m ³	J/kgK	W/m ² K
	EPS	0.2	0.032	15	1450	0.15
	Beton	0.04	1.7	2300	880	
	Ziegel Deckstein	0.17	0.85	800	920	
	Putz	0.015	0.8	1800	790	
Bodenplatte	Schicht	Dicke	Lambda	Dichte	Cp	U-Wert
		m	W/mK	kg/m ³	J/kgK	W/m ² K
	Bodenbelag	0.01	0.18	1100	920	0.1478
	Zementestrich	0.07	0.98	1600	1080	
	Splittschüttung	0.07	0.7	1800	1000	
	Beton	0.2	1.7	2300	880	
	XPS	0.25	0.04	30	1400	

Bauteilaufbauten Holzbauweise

Innenwand	Schicht	Dicke	Lambda	Dichte	Cp	U-Wert
		m	W/mK	kg/m ³	J/kgK	W/m ² K
	Gipsfaserplatte	0.015	0.32	1000	1100	0.4261
	Gefachung	0.1	0.048	63	1087	
	Gipsfaserplatte	0.015	0.32	1000	1100	
Zwischendecke	Schicht	Dicke	Lambda	Dichte	Cp	U-Wert
		m	W/mK	kg/m ³	J/kgK	W/m ² K
	Bodenbelag	0.01	0.18	1100	920	0.2481
	Zementestrich	0.07	0.98	1600	1080	
	Trittschalldämmung	0.04	0.035	40	1500	
	OSB-Platte	0.018	0.1	610	1700	
	Gefachung/Luft	0.12	0.696	59	1079	
	Gefachung/Mineral- wolle	0.1	0.05	75	1103	
	Sparschalung	0.024	0.12	450	1600	
	Gipsfaserplatte	0.0125	0.32	1000	1100	
Dach	Schicht	Dicke	Lambda	Dichte	Cp	U-Wert
		m	W/mK	kg/m ³	J/kgK	W/m ² K
	OSB	0.025	0.1	610	1700	0.1516
	Gefachung/Mineral- wolle	0.24	0.048	72	1087	
	Mineralfaserplatte	0.045	0.04	30	1030	
	Gipskartonplatte	0.0125	0.25	1050	800	
Bodenplatte	Schicht	Dicke	Lambda	Dichte	Cp	U-Wert
		m	W/mK	kg/m ³	J/kgK	W/m ² K
	Bodenbelag	0.01	0.18	1100	920	0.1478
	Zementestrich	0.07	0.98	1600	1080	
	Splittschüttung	0.07	0.7	1800	1000	
	Beton	0.2	1.7	2300	880	
	XPS	0.25	0.04	30	1400	