

EVUALIERUNG DES EINFLUSSFAKTORS FENSTERLÜFTUNG IN DER NACHWEISFÜHRUNG SOMMERLICHER ÜBERWÄRMUNG IM WOHNBAU

A. Kraft¹, M. Gratzl² und T. Reiter¹

¹FH Salzburg Studiengang Smart Building, 5431 Kuchl, Österreich

²Ingenieurbüro Gratzl, 4715 Taufkirchen, Österreich

KURZFASSUNG

Die passive Kühlung durch Fensterlüftung ist im mehrgeschossigen Wohnbau besonders relevant. Diese Arbeit untersucht die Rolle des Einflussfaktors natürliche Lüftung im normativen Nachweis über die Vermeidung sommerlicher Überwärmung. Dazu wird der normative Nachweis mit der Berechnung des Tagesverlaufes der operativen Temperatur bei fünf mehrgeschossigen Wohnbauten für einen Raum geführt. Die Ergebnisse werden einer thermisch-dynamischen Simulation mit IDA ICE gegenübergestellt. In der Simulation werden die Randbedingungen mit detaillierten Nutzerprofilen bezüglich Anwesenheit und Lüftungsverhalten möglichst realitätsnah abgebildet. Natürliches Lüften erscheint in der ÖNORM-Berechnung als stark abstrahiert und es ergeben sich Abweichungen von der thermisch-dynamischen Simulation.

ABSTRACT

Passive cooling through natural ventilation air flow is particularly relevant in multi-storey residential buildings. This paper investigates the role of natural ventilation in the verification of the overheating compliance of a dwelling. Five different zones are calculated with the ÖNORM method “Determination of the operating temperature in summer”. In comparison, a thermal-dynamic simulation is conducted for each zone to display the boundary conditions as realistic as possible. Natural ventilation air flow seems underrepresented in the ÖNORM method, as for example patch airing does not play a role at all. Therefore, the results from the simulation differ.

EINLEITUNG

Die Untersuchungen der ZAMG ergeben, dass in Österreich die Lufttemperatur steigt und die Hitzeperioden in ihrer Anzahl und Länge zunehmen. Gründe dafür sind sowohl die Klimaveränderung als auch die zunehmende Oberflächenversiegelung. In den 1980er-Jahren setzte die intensivste und schnellste Erwärmung der Gegenwart ein. (ZAMG, 2020) Dies ist in der Abbildung 1 ersichtlich. Sie zeigt die jährliche Durchschnittstemperatur von 1842-2018 in Salzburg.

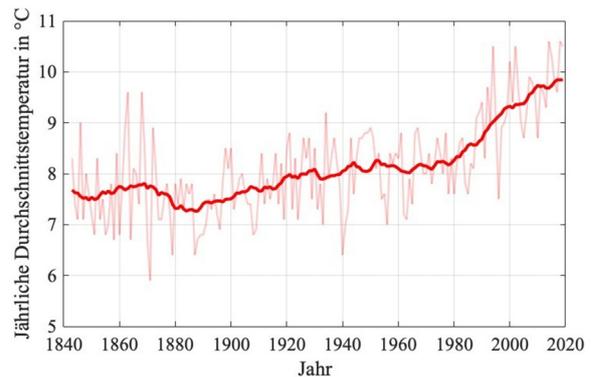


Abb. 1: Jährliche Durchschnittstemperatur in Salzburg von 1843-2018 (hell) und Durchschnitt über 20 Jahre (dunkel), HISTALP-Datensatz

Betrachtet man die Emissionen der Treibhausgase und deren Hauptrolle im menschengemachten Klimawandel, ist es wünschenswert, die Behaglichkeit in den Räumen möglichst ohne den Einsatz von aktiver Kühlung zu gewährleisten (Umweltbundesamt GmbH, 2019, S. 49–54). Die vorliegenden Gegebenheiten stellen verstärkte Ansprüche an die Planung, Errichtung und Nutzung von Gebäuden bezüglich ihrer Sommertauglichkeit. Die Fensterlüftung zur passiven Kühlung erzeugt keine Zusatzkosten und ist für die Aktivierung der vorhandenen Speichermassen erforderlich (Ferk, Rüdiger, Riederer & Majdanac, 2016). Ihre Kostenneutralität macht die Fensterlüftung vor allem im gemeinnützigen Wohnbau zu einem relevanten Einflussfaktor auf die Sommertauglichkeit.

Die Vermeidung der sommerlichen Überwärmung von Gebäuden ist gemäß der OIB-Richtlinie 6 verpflichtend nachzuweisen (OIB, 2015, S. 7). Der Nachweis im gemeinnützigen Wohnbau wird in der Regel gemäß der ÖNORM B 8110-3:2012 geführt. Es werden die offenbaren Fenster, wenn aufgrund Schallschutz und Einbruchschutz möglich, in der Nacht grundsätzlich als geöffnet angenommen. (Experteninterview, 2019) Hier ergibt sich ein Spannungsfeld zwischen Vermieter und Mieter. Beispielsweise könnte eine Nachtlüftung vom Nutzer nicht gewünscht sein. Dies könnte das positive Ergebnis bezüglich Sommertauglichkeit verfälschen. Weiters ist mit zunehmenden Außenlufttemperaturen

zu rechnen, was die Effektivität der passiven Kühlung durch Fensterlüftung beeinträchtigen könnte.

Das Ziel dieses Artikels ist es, aufzuzeigen, wie sich die Fensterlüftung, auch in Verbindung mit den sich verändernden Außenklima-Randbedingungen, auf die Temperaturentwicklung auswirkt, und wo es diesbezüglich Fehlerpotenzial im normativen Nachweisverfahren gibt. Zu diesem Zweck wird im Untersuchungsteil der Nachweis mittels des Verfahrens der Berechnung der operativen Temperatur nach der ÖNORM B 8110-3:2012 bei fünf Objekten im gemeinnützigen Wohnbau geführt und mit einer thermisch-dynamischen Simulation verglichen. Die Simulation soll die Randbedingungen möglichst realitätsnah abbilden. Mittels des Vergleiches sollen Rückschlüsse auf die Zuverlässigkeit der Abbildung des Faktors Fensterlüftung im normativen Nachweisverfahren der ÖNORM B 8110-3 gezogen werden.

Für die praktische Umsetzung der ÖNORM B 8110-3:2012 wird die Software GEQ Version 2020.3 verwendet (Zehentmayer Software GmbH, 2020). Für die thermisch-dynamischen Simulationen wird IDA ICE Version 4.8 SP1, eine Software für die Beurteilung des Innenraumklimas und des Energieverbrauchs von Gebäuden, genutzt (EQUA Simulation AB, 2018). Deren Validierung erfolgte nach der Norm CEN 13791 „Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden - Sommerliche Raumtemperaturen bei Gebäuden ohne Anlagentechnik - Allgemeine Kriterien und Validierungsverfahren“ (Kropf & Zweifel, 2001). Es wird jeweils ein Raum im Objekt betrachtet. In der Simulation entspricht dies einer Zone. Die Klimadaten als Grundlage für die Simulation wurden mit Meteonorm V7.3 für das Jahr 2016 generiert. Die Referenzperiode für die Globalstrahlung ist 1991-2010. Die Referenzperiode für die übrigen meteorologischen Parameter ist 2000-2009. Die Klimadaten sind nicht gemessen, sondern entsprechen einem typischen Klimaverlauf über einen Sommer.

Für den Untersuchungsteil wird die derzeit noch gültige ÖNORM B 8110-3:2012 verwendet. Wichtig zu erwähnen ist, dass für die ÖNORM B 8110-3 bereits ein Normentwurf vorliegt. Die Änderungen für die Berechnungsweise des Tagesverlaufs der operativen Temperatur im Normentwurf sind jedoch geringfügig.

HINTERGRUND

In diesem Kapitel wird zunächst auf die Außenklimarandbedingungen und die Fensterlüftung in der normativen Nachweisführung eingegangen. Die OIB-Richtlinie 6 (2015) verweist bezüglich sommerlicher Überwärmung auf die ÖNORM B 8110-3:2012. In der ÖNORM B 8110-3:2012 gibt es zwei normative Nachweisverfahren:

- Das vereinfachte Verfahren über die speicherwirksame Masse, unabhängig vom Standort des zu betrachtenden Objektes
- Das Verfahren über die Berechnung des Tagesverlaufs der operativen Temperatur

Nach der Berechnung des Tagesverlaufs der operativen Temperatur gemäß ÖNORM B 8110-3:2012 gilt die sommerliche Überwärmung als vermieden, wenn die operative Temperatur 27 °C über eine 24 h-Periode nie überschreitet. Bei Schlafräumen muss von 22:00 Uhr bis 6:00 Uhr zusätzlich eine Unterschreitung von 25 °C gegeben sein.

Die neuen Fassung, der Normentwurf ÖNORM B 8110-3:2018, formuliert für Haupträume keinen absoluten Grenzwert mehr. Der Grenzwert ist ab Inkrafttreten der OIB-Richtlinie 6 (2019) durch einen Bezug zur Normsommertemperatur $\theta_{(NAT,13)}$ geregelt, da laut dem OIB die Einhaltung einer absoluten operativen Temperatur unabhängig vom Standort nicht möglich ist.

Das vereinfachte Verfahren ist im Normentwurf ÖNORM B 8110-3:2018 nicht mehr enthalten. Die OIB-Richtlinie 6 (2019) verweist für die Nachweisführung nicht mehr explizit auf die ÖNORM B 8110-3, sondern auf Verfahren mit „einem sich täglich periodisch wiederholenden Außenklima“. Dies entspricht der Berechnung des Tagesverlaufs der operativen Temperatur gemäß ÖNORM B 8110-3 in der gültigen Fassung 2012 sowie im Normentwurf 2018, lässt aber auch eine thermisch-dynamische Simulation zu.

Die Normsommertemperatur gemäß ÖNORM B 8110-5:2019 ist der 24 Stunden-Mittelwert (Tagesmittelwert), der an 130 Tagen innerhalb von 10 Jahren überschritten wird. Die Norm verweist für die Ermittlung dieses Wertes auf die Datei „OIB-Richtlinie 6, NAT-T13 Excel“. Dieses Excel-Tool ist sowohl Teil der OIB-Richtlinie 2015 als auch 2019. Die Temperaturen werden in Abhängigkeit von der Klimaregion berechnet. Österreich teilt sich in sieben Klimaregionen. Die Werte beziehen sich auf die Jahre 1981 bis 2000 und sind abhängig von Standort (Katastralgemeinde), Klimaregion und Seehöhe. (OIB, 2015)

Bezüglich des heranzuziehenden Außenlufttemperaturverlaufs für die Berechnung des Tagesverlaufs der operativen Temperatur wird ebenfalls die Normsommertemperatur an-gesetzt. Der Tagesgang der Außenlufttemperatur wird mittels festgelegter Abweichungen von der Normsommertemperatur über einen 24h-Verlauf ermittelt. Die maximale Abweichung liegt bei +6,64 K und die minimale Abweichung bei -7,24 K.

Öffenbare Fensterelemente werden bei der Berechnung des Tagesverlaufs der operativen Temperatur zur Berechnung des Luftvolumenstroms und zur Darstellung der Nachtlüftung berücksichtigt.

Es werden stundenweise Vorgaben zu personen- oder grundflächenbezogenen Luftwechselraten getroffen. Die Öffnungsweite ist für das jeweilige Fensterelement pauschal als gekippt oder gänzlich geöffnet zu definieren. Für die Möglichkeit der Nachtlüftung müssen Sicherheits- und Schallschutzerfordernisse erfüllt sein. Dies ist die Vorgabe des Bauherrn (im gemeinnützigen Wohnbau = Vermieter) und ist in einem Bericht zu dokumentieren.

UNTERSUCHUNG

Es wird der Nachweis über die Vermeidung der sommerlichen Überwärmung bei fünf Wohnbauten eines gemeinnützigen Bauträgers mit einer thermisch-dynamischen Simulation (in weiterer Folge „Simulation“) und dem Verfahren der Berechnung des Tagesverlaufs der operativen Temperatur (in weiterer Folge „ÖNORM-Berechnung“) gemäß der ÖNORM B 8110-3:2012 durchgeführt.

Außenklima-Randbedingungen

Es werden Projekte an möglichst unterschiedlichen Standorten im Bundesland Salzburg gewählt, um unterschiedliche Klimasituationen zu untersuchen. In Tabelle 1 sind die Standorte der Projekte und deren Normsommeraußentemperatur angeführt, welche bei der ÖNORM-Berechnung herangezogen wird.

Tab. 1: Projektdaten Standort, Normsommeraußentemperatur, Ausrichtung

PROJEKT	STANDORT	$\theta_{NAT,13}$ °C	AUSR.
PROJEKT 1	Bischofshofen	21,1	West
PROJEKT 2	Anif	21,7	Süd
PROJEKT 3	Kuchl	21,5	Südwest
PROJEKT 4	Salzburg	21,7	West
PROJEKT 5	Mariapfarr	18,3	Süd

Bei den Meteonorm-Klimadaten für die Simulation werden die Daten Außenlufttemperatur, Globalstrahlung und Windgeschwindigkeiten von Wetterstationen und Satellitendaten herangezogen. Ist am ausgewählten Standort keine Wetterstation vorhanden, werden die Daten der umliegenden Wetterstationen interpoliert.

Zum direkten Vergleich mit der ÖNORM-Berechnung wird die Simulation mit einem „design day“ durchgeführt, an dem die Mindest- und Maximalaußentemperaturen dem Außentemperaturverlauf der ÖNORM B 8110-3:2012 entsprechen. Für die Windrichtung wird die jeweils häufigste des Standortes von Juni bis September laut Klimadaten herangezogen. Die sonstigen Parameter sind zu vernachlässigen. Weiters werden die Projekte zur Untersuchung mit den Außenklima-Randbedingungen über einen Zeitraum von 15.06. – 15.09. simuliert.

In der Abbildung 2 ist der Außentemperaturverlauf generiert aus Meteonorm für die Simulation über einen Sommer von Projekt 4 – Salzburg und Projekt 5 – Mariapfarr exemplarisch dargestellt. Die jeweilige Normsommeraußentemperatur als Grundlage für den Tagesgang der Außenlufttemperatur in der ÖNORM-Berechnung und den „design day“ ist ebenfalls ersichtlich.

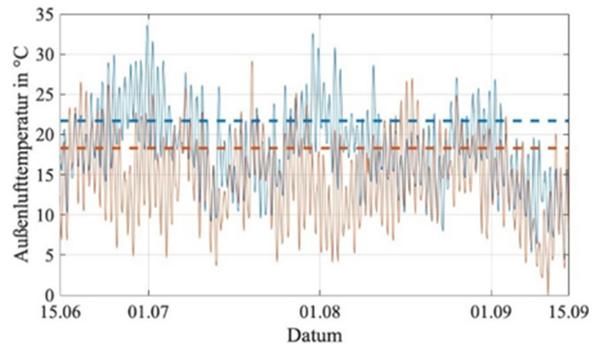


Abb. 2: Außenlufttemperaturverlauf in Salzburg (Projekt 4 - blau) und Mariapfarr (Projekt 5 - braun) sowie deren Normsommeraußentemperaturen (strichliert)

Um eine Vergleichbarkeit zwischen den Projekten zu gewährleisten, werden Projekte mit Fertigstellung zwischen 2018 und 2020 gewählt.

Die Auswahl der zu betrachtenden Räume erfolgt nach folgenden Kriterien:

- Wohnraum
- Süd-, Südwest-, Südost-, Westausrichtung
- Ungünstiges Verhältnis von transparenten Bauteilen und Raumvolumen
- Räume die dreiseitig von Gipskartonwänden umschlossen sind

In der Tabelle 2 sind die aus den Ausführungsplänen und Energieausweisen entnommenen Projektdaten der ausgewählten Räume ersichtlich. Die thermisch-dynamische Simulation lässt einen höheren Detaillierungsgrad in der Erfassung zu. Es folgen Anmerkungen zur Berücksichtigung der Einflussfaktoren in der Simulation.

Interne Lasten

Für die Nutzungsprofile von Personen, Geräten und Beleuchtung wird in der Simulation die Norm SIA 2024:2015 verwendet. Diese Norm stellt detaillierte Nutzungsprofile für verschiedene Raumnutzungen zur Verfügung und differenziert zwischen Bestands- und Neubauten. Sie lässt sich direkt in IDA ICE implementieren. Das hinterlegte Nutzungsprofil für „Wohnen MFH gesamt“ wurde in Wohnraum und Schlafraum gesplittet.

Tab. 2: Bauweise, Nutzfläche, Raumvolumen, Fensterfläche, Verhältnis FF/NF, durchschnittl. U-Wert Außenbauteile, durchschnittl. U-Wert Fenster, g-Werte der Fenster, Speichermasse pro m² NF, n₅₀-Wert

PROJEKT	BAUWEISE	NF m ²	V m ³	FF m ²	FF/ NF	Ø U. W/m ² K	Ø U.W W/m ² K	g-Wert -	SM kg/m ²	n ₅₀ 1/h
PROJEKT 1	Stahlbeton	30,9	77,2	14,3	46 %	0,15	0,81	0,38, 0,52	478,4	1,0
PROJEKT 2	Mantelbetonstein	30,8	67,7	13,2	42 %	0,16	0,81	0,52	307,4	1,0
PROJEKT 3	Brettsperrholz	31,0	78,6	12,0	38 %	0,15	0,69	0,51	197,9	1,0
PROJEKT 4	Stahlbeton	29,4	74,2	10,4	35 %	0,16	0,76	0,38, 0,61	587,2	1,0
PROJEKT 5	Mantelbetonstein	27,8	69,4	7,8	28 %	0,15	0,75	0,51	476,91	1,0

Solare Erträge, Sonnenschutz, Verschattung

Alle untersuchten Projekte wurden ohne Sonnenschutz ausgeführt. Die bauliche Verschattung über Balkone, Auskragungen, Geländer und umliegende Gebäude wird in der Simulation als 3D-Modell aufgebaut (Beispiel Abb. 3). Die Objekthöhen und Abstände für das 3D-Modell werden dem SAGIS (Land Salzburg, 2020) entnommen.

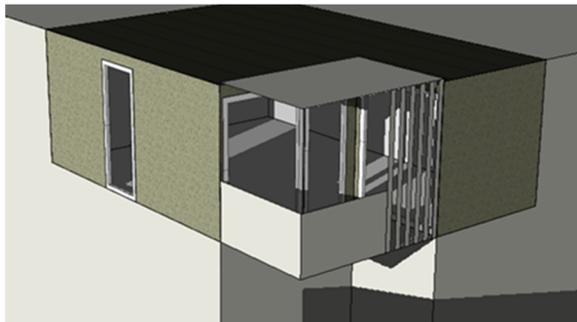


Abb. 3: 3D-Modell Projekt 3 in IDA ICE

Mechanische Lüftung

Die Sicherstellung des hygienischen Mindestluftwechsels in den Räumen erfolgt durch eine bedarfsgesteuerte Abluftanlage mit Nachstromöffnungen in den Fensterelementen. Diese läuft auf Grundstufe durch und stellt einen konstanten Luftwechsel von 0,4 h⁻¹ sicher. Es wurde ein konstanter Volumenstrom dementsprechend angenommen. Zur Nachbildung der Zuluftöffnungen wurde in der Simulation festgelegt, dass die Zulufttemperatur der Außenlufttemperatur entspricht. Für die Infiltration wurde der jeweilige n₅₀-Wert angesetzt.

Fensterlüftung

Bei allen Projekten ist die Nachtlüftung unter objektiver Betrachtung von Schall- und Einbruchschutz zumutbar. Öffnbare Fenster werden in der ÖNORM-Berechnung also als geöffnet angenommen. Bei Projekt 4 kommt aufgrund der Lage im Immissionsbereich eine vorgelagerte Lärmschutzloggia zur Ausführung.

Die Pegelminderung ist im teilgeschlossenen Zustand ausreichend und wurde daher in der Simulation so angenommen.

Um die Fensterlüftung durch die Bewohner möglichst realitätsnah nachzubilden, wurde ein Regelungsschema mit zwei Thermostatreglern erstellt. Die Öffnung wird an die Anwesenheitszeiten der Personen gekoppelt. Weiters wird nur gelüftet, wenn die Außenlufttemperatur mindestens 0,5 K unter der operativen Temperatur des Raumes liegt und die operative Temperatur mindestens 0,5 K über der Solltemperatur „cooling setpoint“ von 23 °C liegt („deadband“ = 1 K). Das Regelungsschema ist in Abbildung 4 ersichtlich. Erst wenn alle drei Bedingungen erfüllt (= 1) sind, wird das Fenster geöffnet. Von 22:00 Uhr – 6:00 Uhr wird Kippen angenommen (Öffnung von 10 % der Fensterfläche). Ansonsten werden die Fenster als ganz geöffnet angenommen.

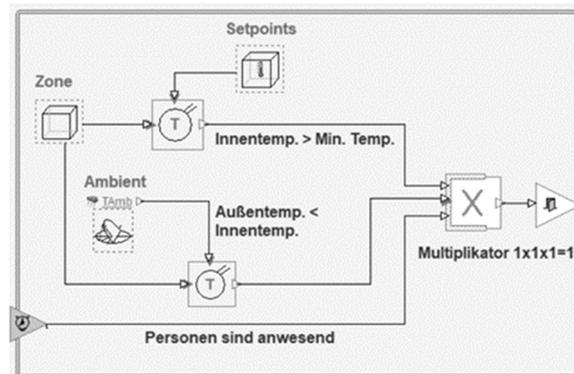


Abb. 4: Lüftungsschema als Macro in IDA ICE

In der Tabelle 3 ist zusammenfassend dargestellt, wie die Einflussgrößen in der ÖNORM-Berechnung und in der Simulation berücksichtigt werden.

ERGEBNISSE

Es wird der Nachweis gemäß der ÖNORM-Berechnung und der thermisch-dynamische Simulation mit dem „design day“ durchgeführt. Die Ergebnisse der Nachweisführung werden gegenübergestellt und die Abweichungen zwischen ÖNORM-Berechnung und Simulation werden verglichen. In weiterer Folge erfolgt ein Vergleich mit der ÖNORM-Berechnung mit gekippten Fenstern sowie mit der Simulation über einen Sommer.

Tab. 3: Zusammenfassung Berücksichtigung der Einflussfaktoren

	ÖNORM-BERECHNUNG	SIMULATION
KLIMADATEN	Stundenwerte $\theta_{NAT,13}$ Standort	Stundenwerte Meteorom-Klimadaten Standort
PERSONEN	Stundenwert/m ²	Stundenwert/Person (SLA 2024:2015)
GERÄTE	Stundenwert/m ²	Stundenwert/m ² (SLA 2024:2015)
BELEUCHTUNG	nicht gesondert	Stundenwerte/m ² (SLA 2024:2015)
SPEICHERMASSE	Vollständige Erfassung der Bauteile	Vollständige Erfassung der Bauteile
SOLARE ERTRÄGE	g-Wert, Abminderungsfaktoren für Orientierung	Strahlungsmatrix
SONNENSCHUTZ	nicht vorhanden	nicht vorhanden
VERSCHATTUNG	Abminderungsfaktoren, Bestrahlungsstärken	Verschattungsmatrix 3D-Modell
MECH. LÜFTUNG	Stundenwert (konstanter Volumenstrom)	Stundenwert (konstanter Volumenstrom)
FENSTERLÜFTUNG	Stundenwert/m ² (+ Fenster offen/geschlossen)	Strömungsmodell (+ Regelung Nutzerverhalten)

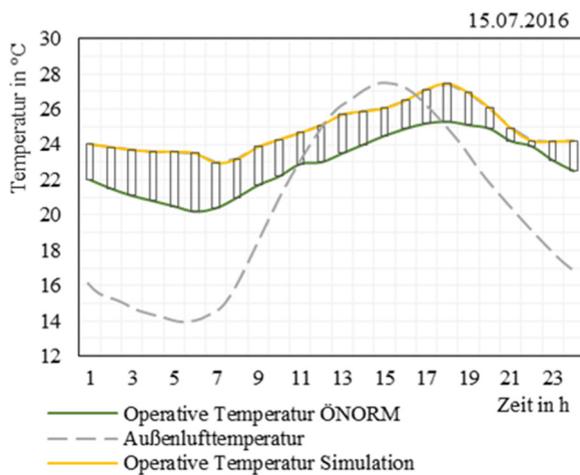


Abb. 5: Vergleich ÖNORM-Berechnung und Simulation mit gleichen Außenklimabedingungen

Ergebnisse Vergleich Tagesverlauf der operativen Temperatur und Simulation „design day“

In der Tabelle 4 ist das Ergebnis über die Erfüllung der Nachweisführung mit der operativen Maximaltemperatur angeführt. Das Kriterium für die Simulation ist ebenfalls die Obergrenze der aktuell gültigen ÖNORM B 8110-3:2012 von 27 °C.

Tab. 4: Ergebnisse der Nachweisführung

PROJEKT	ÖNORM OT.MAX. °C		SIMULATION OT.MAX. °C	
PROJEKT 1	25,3	✓	27,5	X
PROJEKT 2	30,8	X	31,8	X
PROJEKT 3	28,5	X	27,3	X
PROJEKT 4	26,8	✓	26,4	✓
PROJEKT 5	25,0	✓	25,4	✓

Bei Projekt 1 wird die Obergrenze von 27 °C in der ÖNORM-Berechnung eingehalten. In der Simulation wird sie geringfügig überschritten. Ansonsten stimmt die Erfüllung des Nachweises überein.

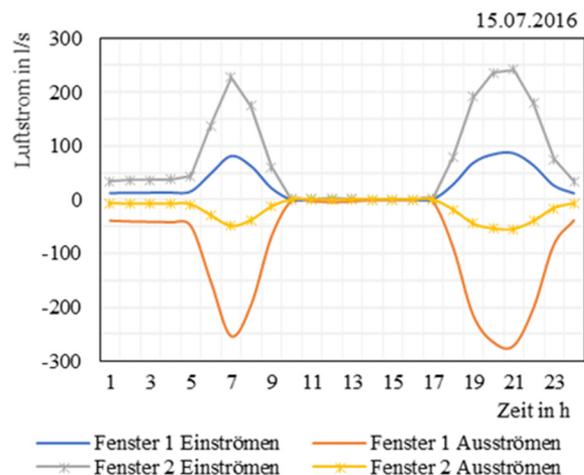


Abb. 6: Luftstrom durch Fensterlüftung bei Projekt 1, Σ aller Massenströme = 0

Exemplarisch wird in Abbildung 5 der Vergleich zwischen den operativen Temperaturverläufen in Verbindung mit dem Verlauf der Außentemperatur für das Projekt 1 dargestellt.

Bei Projekt 1 liegt die Temperatur bei der Simulation bis ca. 20:00 Uhr etwa 2 K über der Temperatur der ÖNORM-Berechnung. Von 18:00-23:00 Uhr wird bei der Simulation kühlungswirksam gelüftet und die Kurven gleichen sich an. In der Nacht fällt die Temperatur in der ÖNORM-Berechnung durch die pauschale Annahme „Fenster geöffnet“ stärker ab.

In der Abbildung 5 ist der natürliche Luftwechsel bei Projekt 1 für die Simulation exemplarisch dargestellt. Um die Mittagszeit sind Personen anwesend. Da die Außentemperatur über der Innentemperatur liegt, bleiben die Fenster geschlossen. In den Abendstunden wird erst gelüftet, wenn die Außentemperatur unter die Innentemperatur fällt. In den Morgenstunden wird ebenfalls stoßgelüftet. Dies ist auch in Abbildung 4 erkennbar. In der Nacht ist der Luftwechsel bei der Simulation geringer - die Fenster sind gekippt.

Die in Abbildung 5 sichtbare Abweichung zwischen den Ergebnissen der ÖNORM-Berechnung und den Simulationsergebnissen wird in der folgenden Abbildung 7 für alle Projekte aufgetragen. Zur

Ermittlung der Abweichung in K wird die ÖNORM-Temperatur von der Simulationstemperatur subtrahiert.

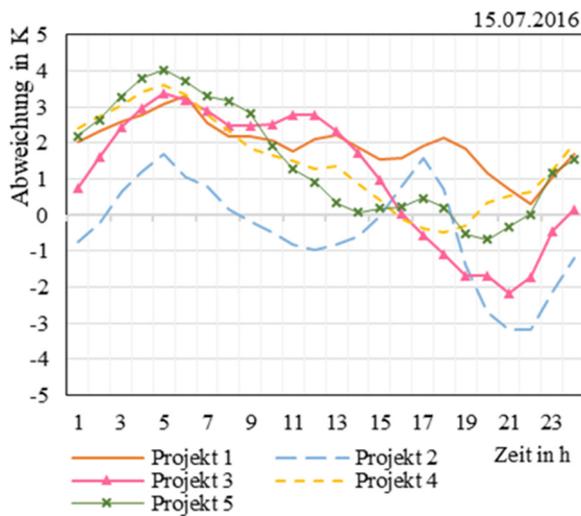


Abb. 7: Abweichung der operativen Temperatur = Simulation - ÖNORM-Berechnung

Bei vier Projekten liegt die operative Temperatur in der Simulation bis 16:00 Uhr über der ÖNORM-Berechnung. In den späten Nachmittags- und Abendstunden, wo sich solare Einträge und interne Lasten kumulieren, ergibt sich in der Simulation bei vier Projekten ein etwas günstigeres Raumklima als in der ÖNORM-Berechnung. Ein kühlungswirksames Lüften ist in der Simulation je nach Ausrichtung ab 16:00 Uhr bzw. 19:00 Uhr möglich. Sobald ein kühlungswirksames Lüften möglich ist, fällt die Temperatur bei vier Projekten unter die Temperatur der ÖNORM-Berechnung. In den Nachtstunden ergibt sich eine besonders hohe Abweichung der Simulationsergebnisse zu den Ergebnissen der ÖNORM-Berechnung von bis zu 4 K. Der Grund dafür ist, dass die Temperaturen in der ÖNORM-Berechnung durch die pauschale Annahme „Fenster geöffnet“ auf ca. 20 °C, je nach der Normsommertemperatur am Standort, abfallen. Bei Projekt 5 mit der niedrigsten Normsommertemperatur ist die Abweichung der Simulation in den Nachtstunden am größten. Durch das Stoßlüften am Morgen sinkt die Temperatur bei der Simulation jedoch schnell ab und die Simulationsergebnisse gleichen sich eher an die Ergebnisse der ÖNORM-Berechnung an.

Bei Projekt 2 ergibt sich eine Abweichung, da es, wie in Tabelle 3 ersichtlich, zur Überhitzung neigt. Die Außentemperatur liegt auch zur Mittagszeit unter der Innentemperatur. Daher wird in der Simulation während der Anwesenheitszeit der Personen gelüftet. Die ÖNORM-Berechnung berücksichtigt diesen Umstand nicht. Die Simulationstemperatur fällt unter die der ÖNORM-Berechnung. Nachdem das Fenster um 14:30 Uhr wieder geschlossen wird, steigt die Temperatur in der Simulation schnell wieder an.

Bei Projekt 4 wurde die Lärmschutzloggia in der Normberechnung nicht berücksichtigt, und die Wand zur Loggia als Außenwand angenommen, da ansonsten Temperaturen von über 40 °C das Ergebnis wären. Die Loggia ist ein Pufferraum zwischen Außenluft und Innenraum. Die Innentemperatur in der Simulation in der Nacht liegt daher ca. 3 K über der Innentemperatur gemäß ÖNORM. Die Temperatur in der Loggia liegt bis 19:30 Uhr über der Innentemperatur. Aus diesem Grund ergibt sich ein Unterschied zu den anderen Projekten.

Ergebnis Vergleich Tagesverlauf der operativen Temperatur (Fenster offen, Fenster gekippt) und Simulation „design day“

In der Grundvariante wurden die öffnbaren Fenster in der ÖNORM-Berechnung als geöffnet angenommen. In einer weiteren Variante werden schließlich die Fenster in der ÖNORM-Berechnung als gekippt, mit einer Kippweite von 10 % angenommen und mit den Grundvarianten verglichen. Die jeweiligen maximalen operativen Temperaturen sind in Abbildung 7 ersichtlich.

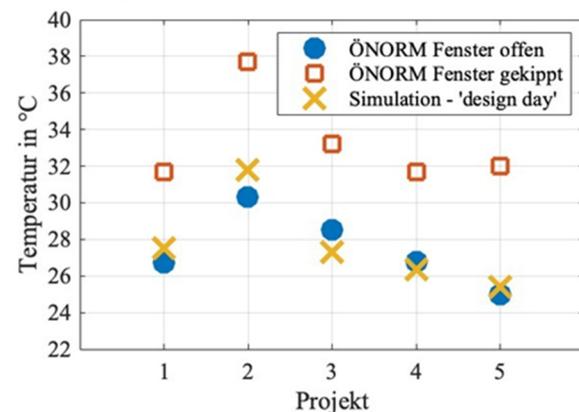


Abb. 8: Vergleiche der Maximaltemperaturen in der ÖNORM-Berechnung in den Varianten offen und gekippt, sowie Simulation „design day“

Werden in der Berechnung die Fenster als gekippt angenommen, könnte bei keinem der Projekte der Nachweis lt. ÖNORM B8110-3:2012 erbracht werden. Die Abweichung zwischen Variante „gekippert“ und Variante „offen“ beträgt im Durchschnitt 7 K. Bei Projekt 2, welches überhitzt und bei Projekt 5, wo die Normsommertemperatur am niedrigsten ist, ist die Differenz größer. Das Verhältnis zwischen der Variante „offen“ und der Simulation ist nicht durchgängig. Bei zwei Projekten ist die Temperatur in der Simulation niedriger (Projekt 3 – 1 K bzw. Projekt 4 - 0,5 K) als in der ÖNORM-Berechnung.

Ergebnisse Vergleich Tagesverlauf der operativen Temperatur und Simulation über ganzen Sommer

In einer zweiten Variante wird bei den Projekten eine Simulation von 15.06.-15.09. durchgeführt. Bei den

Projekten 1, 2 und 5 kommt es in der Simulation über den Zeitraum zu höheren Maximaltemperaturen als bei der ÖNORM-Berechnung (Grundvariante Fenster offen). Der Grund dafür ist, dass auch höhere Außentemperaturen auftreten, als die in der ÖNORM-Berechnung verwendete Normsommeraußentemperatur. Die Maximaltemperaturen an den jeweiligen Tagen, und die Häufigkeit der Überschreitung sind in Abbildung 8 aufgetragen.

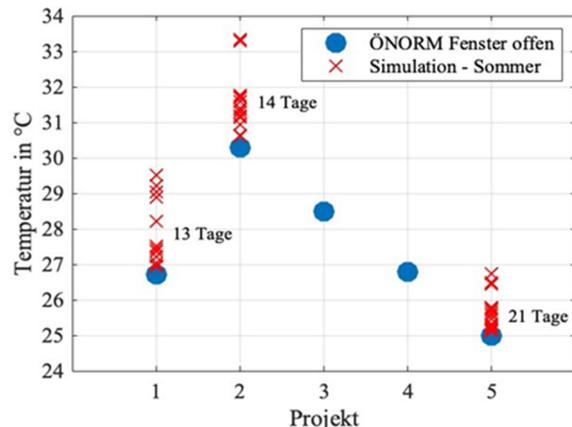


Abb. 9: Vergleich der ÖNORM-Berechnung mit einer Simulation über den ganzen Sommer

Bei drei Projekten wird die maximale Temperatur laut ÖNORM Berechnung überschritten. Die Abweichung beträgt maximal 2,8 K (Projekt 1) bzw. 2,6 K (Projekt 2). Bei Projekt 5 wird die Maximaltemperatur am häufigsten überschritten. Die Abweichung bei diesem Projekt ist geringer und bewegt sich zwischen 0,1 und 1,7 K. Bei den Projekten 1, 3 und 5 treten die Überschreitungen vor allem am Ende von mehrtägigen Hitzeperioden auf. Bei Projekt 3 und 4 liegt die Temperatur bereits bei der „design day“-Simulation unter der ÖNORM-Berechnung und wird auch über einen ganzen Sommer hinweg nicht überschritten.

ZUSAMMENFASSUNG

In diesem abschließenden Kapitel werden die Ergebnisse zur Abbildung des Einflussfaktors Fensterlüftung zusammengefasst und diskutiert.

Aus den Vergleichen mit der Simulation ergibt sich, dass kühlungswirksames Stoßlüften in der Simulation größere Rolle als in der ÖNORM-Berechnung spielt. In der Simulation wird der Verlauf der Kurve durch Stoßlüften in den Morgen- und Abendstunden signifikant verändert. Stoßlüften findet in der Norm keine Berücksichtigung.

In der Simulation kommt es bei den Projekten in den Nachmittags- und Abendstunden zu höheren Temperaturen. Trotz dieser kurzzeitigen Temperaturspitzen weisen die Projekte durch das Stoßlüften in den Abendstunden, sobald ein kühlungswirksames Lüften möglich ist, ein verträglicheres Raumklima als in der ÖNORM-

Berechnung auf. Die Temperatur sinkt dann relativ schnell ab.

Bei allen Projekten ist die operative Temperatur in der Nacht in der ÖNORM-Berechnung niedriger. Die Temperatur sinkt bei den ÖNORM-Berechnungen nachts bis auf unter 20 °C ab. Es ist nicht realistisch die Fenster in der Nacht durchgehend ganz zu öffnen, wenn dies zu einer Unterschreitung der Solltemperatur führt, auch unter der Beachtung von Einbruchs- und Schallschutz. Dieser Umstand könnte die realen Gegebenheiten verfälschen.

Es ist erkennbar, dass sich die ÖNORM-Berechnung mit geöffneten Fenstern eher an die Simulation annähert, als die Berechnung mit gekippten Fenstern, obwohl in der Simulation die Fenster in den Nachtstunden länger gekippt als offen sind. Bei zwei Projekten liegt die maximale Temperatur der ÖNORM-Berechnung mit offenen Fenstern über der maximalen Temperatur der Simulation. Dies steht im Widerspruch zueinander.

Bei Projekten, die vom Standard abweichen, wie beispielsweise die Lärmschutzloggia in Projekt 4, ist der Nachweis laut ÖNORM nicht zuverlässig möglich, da die Berechnung keinen Raum für derartige Abweichungen lässt. Die Gegebenheiten sind mittels Normberechnung schwierig abzubilden, da es keine Möglichkeit der vollständigen Berechnung mit Verglasungsbauteilen, welche nicht mit der Außenluft in Verbindung stehen, gibt.

Es zeigt sich, dass der Einflussfaktor Lüftung sowohl in der ÖNORM-Berechnung als auch in der Simulation hohe Auswirkungen auf das Raumklima hat. Die Kühlungswirksamkeit der natürlichen Lüftung ist schlussendlich abhängig von den Außenklimabedingungen.

Die Normsommeraußentemperatur soll die Außenklimazustände eines durchschnittlichen Sommers abbilden. Theoretisch wäre es also zumutbar, dass es an 13 Tagen mindestens zu der operativen Temperatur laut der Berechnung kommt. Bei einer Simulation über den ganzen Sommer werden diese 13 Tage bei zwei Objekten überschritten. Bei Projekt 5, wo die Normsommeraußentemperatur als sehr niedrig angenommen wird, wird die Maximaltemperatur laut ÖNORM-Berechnung an 21 Tagen überschritten.

Die Normsommeraußentemperatur bezieht sich auch in der neuen Fassung der OIB-Richtlinien 2019 auf die Periode 1981-2000. Seit 2000 wird die Abweichung in der Klimaveränderung als besonders stark angesehen. Der generierte Außenlufttemperaturverlauf für die Simulation bezieht sich auf die Periode 2000-2009. Mit dem aktuellen Klima könnte der im vorherigen Absatz beschriebene Effekt noch verstärkt auftreten und die passive Lüftung durch Kühlung wäre durch das geringere Wärmeabfuhrpotenzial weniger möglich.

Anmerkungen für die weitere Evaluierung der ÖNORM B8110-3

Der Ansatz der ÖNORM B8110-3 für die Fensterlüftung „offen“ erscheint zu stark abstrahiert, da dies kein realistisches Nutzerverhalten darstellt. Aufgrund des großen Einflusses der Fensterlüftung auf die Temperaturentwicklung sollte darauf in der ÖNORM ein größeres Augenmerk gelegt werden. Vor allem wenn man bedenkt, dass auch zukünftig erhöhter Energieverbrauch durch aktive Kühlung vermieden werden sollte. Eine Möglichkeit wäre, zwischen gekippten und geöffneten Fenstern zeitlich zu unterscheiden und anstatt des starken Temperaturabfalls während der Nachtstunden ein Stoßlüften in den Morgen- und Abendstunden einzubinden. So könnte das Fehlerpotenzial verringert werden.

Die Monatsmitteltemperaturen in der Norm ÖNORM B 8110-5:2019, die die Grundlage für den Heizwärmebedarf sind, wurden in der letzten Neuerung der Normenreihe Wärmeschutz im Hochbau angepasst, die Grundlage für den immer wichtiger werdenden sommerlichen Wärmeschutz jedoch nicht. Vor dem Hintergrund des Klimawandels wäre eine Anpassung der Normsommeraußentemperatur denkbar.

Empfehlung für den Wohnbau

Da die Nachweisführung durch die Temperaturveränderungen und Zunahme der Hitzetage zukünftig noch mehr zum Thema werden wird, ist eine Simulation bei Abweichungen bezgl. Nutzung, Verschattung und Luftzufuhr beim derzeitigen Stand der Norm durchaus empfehlenswert.

Im Wohnbau könnten die Mieter vermehrt darauf hingewiesen werden, die Fensterlüftung zu bestimmten Zeiten jedenfalls einzuhalten. Gemäß den Simulationsergebnissen wirkt sich ein Stoßlüften in den Morgen- und Abendstunden nachhaltig auf das Raumklima aus, und ist auch bezüglich des Einbruchs- und Schallschutzes verträglich.

LITERATUR

Auer, I., Böhm, R., Jurkovic, A., Lipa, W., Orlik, A., Potzmann, R. et al. (2007). HISTALP—historical instrumental climatological surface time series of the Greater Alpine Region. *International Journal of Climatology*, 27(1), 17–46. <https://doi.org/10.1002/joc.1377>

EQUA Simulation AB. (2018). IDA ICE (Version Version 4.8 SP1) [Computer software]. Stockholm: EQUA Simulation AB. Verfügbar unter www.equa.se

Experten (2019). Experteninterview zur Nachweisführung über sommerliche Überwärmung im Wohnbau. Mitarbeiter eines gemeinnützigen Wohnbauträgers in Salzburg. Salzburg, 10.12.

Ferk, H., Rüdissler, D., Riederer, G. & Majdanac, E. (2016). Sommerlicher Wärmeschutz im Klimawandel, Einfluss der Bauweise und weiterer Faktoren. Zuschnitt Attachment - Sonderthemen im Bereich Holz, Holzwerkstoff und Holzbau. proHolz Austria.

Kropf, S. & Zweifel, G. (2001). Validation of the Building Simulation Program IDA-ICE According to CEN 13791 „Thermal Performance of Buildings-Calculation of Internal Temperatures of a Room in Summer Without Mechanical Cooling-General Criteria and Validation Procedures“. Hochschule Technik+ Architektur Luzern. HLK Engineering.

Land Salzburg. (2020). SAGISonline. Salzburger Geographisches Informationssystem. Zugriff am 16.04.2020. Verfügbar unter <https://www.salzburg.gv.at/landkarten>

OIB. (2015). OIB-Richtlinie 6, Energieeinsparung und Wärmeschutz (Ausgabe März 2015).

OIB. (2019). OIB-Richtlinie 6, Energieeinsparung und Wärmeschutz (Ausgabe April 2019).

Norm, ÖNORM B 8110-3:2012 (15.03.2012). Wärmeschutz im Hochbau - Teil 3: Vermeidung sommerlicher Überwärmung.

Normentwurf, ÖNORM B 8110-3:2018 (01.09.2018). Wärmeschutz im Hochbau - Teil 3: Ermittlung der operativen Temperatur im Sommerfall (Vermeidung sommerlicher Überwärmung).

Norm, ÖNORM B 8110-5:2019 (15.03.2019). Wärmeschutz im Hochbau - Teil 5: Klimamodell und Nutzungsprofile.

SIA 2024-2015 (2015). Raumnutzungsdaten für Energie- und Gebäudetechnik. Zürich.

Umweltbundesamt GmbH. (2019). Anpassung an den Klimawandel in Österreich. Weiterentwickeltes Konzept für die Fortschrittsdarstellung. Wien: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus.

Zehentmayer Software GmbH. (2020). GEQ. Energieausweis (Version Version 2020.3) [Computer software]. Salzburg: Zehentmayer Software GmbH. Verfügbar unter <https://www.geq.at/>

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik. (2020). Informationsportal Klimawandel – Neoklima. Gemessene Klimaschwankungen aus 250 Jahren. Zugriff am 10.03.2020. Verfügbar unter <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/informatioportal-klimawandel>