



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN
Vienna University of Technology

bi.wbb

Projekt-Bericht

Teil II

Untersuchung von Nistplätzen an Fassaden und
Konzeptentwicklung eines bauphysikalisch optimierten
Fassadennistplatzes

MA 22 – 233-2012-483

Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. Azra Korjenic
Dipl.-Ing. Jutta Hollands BSc.
Mag. rer. nat. Dr. David Tudiwer
Michael Mitterböck
Ing. Anna Vaskova PhD.
Dipl. Ing. Laurent Weber Bsc.
Tamara Gonaus
Tarja Salonen

Technische Universität Wien
Institut für Werkstofftechnologie, Bauphysik und Bauökologie
Forschungsbereich Ökologische Bautechnologien

Wien, November 2019

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	3
2	Konzipierung eines in das WDVS integrierbaren Nistplatzes	4
2.1	Rahmenbedingungen und Anforderungen.....	4
2.2	Materialkenngrößen.....	6
2.3	EPS-Lösung: Simulation und Variantenstudie	7
2.3.1	Variante I	7
2.3.2	Variante II	9
2.3.3	Weitere Varianten	10
2.4	EPS: Ausgewählte Variante.....	11
2.4.1	Thermische Simulation	11
2.5	EPS: Feuchtesimulation	15
2.5.1	Annahmen für die feuchtetechnischen Berechnungen	15
2.5.2	Nachweise	16
2.6	EPS: Prototyp-Erstellung und Testung.....	17
2.7	EPS-Prototyp: Fazit	19
2.8	Holzfaser: Simulation und Variantenstudie.....	21
2.9	Holzfaser: Thermische Simulation.....	22
2.9.1	Variante I	22
2.9.2	Variante II	22
2.9.3	Variante III	22
2.10	Holzfaser: Feuchtesimulation.....	26
2.10.1	Annahmen	26
2.10.2	Nachweise	26
2.11	Holzfaser: Prototyp-Erstellung	28
2.12	Holzfaser: Fazit	28
3	Temperaturmessungen und Auswertungen	29
3.1	Messtandort Schöffergasse 1040 Wien	30
3.2	Auswertung der Messdaten – Winter 2018/2019	32
3.3	Auswertung der Messdaten – Sommer 2019.....	35
4	Veröffentlichung.....	42
5	Fazit und Ausblick.....	42
6	Literatur	44
7	Anhang.....	45
7.1	Kurzbeschreibung EPS: Eigenschaften und Montage.....	45
7.2	Kurzbeschreibung Holzfaser: Eigenschaften und Montage	46

1 Einleitung

Laut den Bevölkerungsprognosen der Statistik Austria wird Wien in den nächsten Jahren und Jahrzehnten weiterhin wachsen [1]. Dies führt zwangsläufig zu dichter Bauweise und damit verbunden zur Verringerung der Grün- und Freiflächen, wodurch es zur Reduktion natürlicher Lebensräume für kleine Wildtiere in der Stadt kommt. Einige Vogelarten und Fledermäuse werden dadurch aus dem urbanen Raum verdrängt. Die Mehlschwalbe sowie die Dohle gelten in Österreich bereits als „potenziell gefährdet“ [2]. Als „gefährdet“ werden ebenso zahlreiche Fledermausarten, die in Österreich vorkommen, eingestuft. Das zerstört die ökologische Vielfalt in der Stadt. Wobei es möglich wäre, den urbanen Raum für diese Tiere als Lebensraum zu nutzen und mit den anderen Stadtbewohner/innen gemeinsam zu leben. Es gibt bereits seit einigen Jahren Bemühungen der Wiener Umweltschutzabteilung (MA 22), dem Bezirk Neubau und zahlreichen Aktivist/innen, Lebensraum für diese Tierarten in Wien zu schaffen. Diese Aktivitäten werden sowohl an privaten als auch öffentlichen Gebäuden umgesetzt. Bisher handelt es sich hierbei jedoch meist um einzelne Pilotprojekte. Eine weitere Verbreitung und vermehrte Durchführung von baulichen Maßnahmen zum Schutz dieser Tierarten soll durch dieses Projekt erreicht werden. Besonderer Fokus wird auf Brutplätze für Mauersegler, Mehlschwalben und Fledermäuse gelegt.

Im Rahmen des Projekts wurden in der ersten Projektphase bereits bestehende Nistplatzlösungen für Fledermäuse und verschiedene Gebäudebrüter hinsichtlich ihrer bauphysikalischen Auswirkungen untersucht und diesbezüglich optimiert. Zusätzlich zu den Simulationen wurden auch Temperatur- und Feuchtemessungen in einem Nistkasten im Innenhof des Schulhauses in der Schöffergasse/Kleinschiedgasse im 4. Wiener Gemeindebezirk durchgeführt und für den Messzeitraum in Dezember ausgewertet. Diese wurden nun über einen längeren Zeitraum weitergeführt, sodass genauere Auswertungen erfolgen konnten. Die Ergebnisse dieser ersten Projektphase wurden in einem Bericht „Untersuchung von Nistplätzen an Fassaden und Konzeptentwicklung eines bauphysikalisch optimierten Fassadennistplatzes“ zusammengefasst, der der Wiener Umweltschutzabteilung (MA 22) als Auftraggeberin bereits vorliegt.

In der folgenden zweiten Projektphase wurde nun eine Nistkastenlösung konzipiert, die direkt in das WDVS integriert werden kann. Das Konzept für das neue Produkt verfolgt dabei das Ziel alle bauphysikalisch relevanten Parameter zu optimieren. Unter Berücksichtigung der Ergebnisse der ersten Projektphase liegt ein Fokus auf den durch den eingebauten Nistkasten verursachten Wärmebrücken und auf der Fehlertoleranz der Konstruktion. Des Weiteren wurden die Ansprüche der Tiere hinsichtlich Einflugsituation und Platz beachtet. Die Entwicklung erfolgte in Zusammenarbeit zwischen der TU Wien, der MA 22 und einem Zoologen sowie Firmen der Wärmedämmindustrie. Durch diese Kooperationen konnte sichergestellt werden, dass der entwickelte Nistplatz sowohl das Tierwohl optimiert, kein Risiko für die Gebäudehülle darstellt als auch in der Baupraxis umsetzbar ist.

Im weiteren Verlauf wurde ein optimierter Nistplatz für Mauersegler entwickelt. Als wichtiger Bestandteil der Entwicklung werden in diesem Bericht die durchgeführten hygrothermischen Simulationen zusammengestellt, die für unterschiedliche Varianten der Nistplatzlösung durchgeführt wurden. Die untersuchten Varianten unterscheiden sich einerseits in den eingesetzten Materialien und andererseits in der Größe des Innenraums des Nistkastens.

Einen weiteren Bestandteil der zweiten Projektphase stellt die detaillierte Auswertung der Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsdaten dar, die im Winter an einem Standort und im Sommer an zwei

unterschiedlichen Standorten und Varianten erhoben wurden. Diese Auswertungen werden in Kapitel 3 erläutert.

2 Konzipierung eines in das WDVS integrierbaren Nistplatzes

Nach der Analyse und der Optimierung bestehender Nistplätze bezogen auf Wärmebrücken wurde unter Einbindung zweier Dämmfirmen die mögliche Umsetzung eines in die Dämmplatte integrierten Nistplatzes geplant. Hierzu wurden Nistkastenlösungen aus zwei unterschiedlichen Materialien, EPS und Holzfaser, konzipiert, Prototypen erstellt und auf Basis von durchgeführten Simulationen bewertet. In die Konzipierung miteingebunden waren darüber hinaus im Rahmen verschiedener Forschungsprojekte (GrünPlusSchule, GrüneZukunftSchulen) auch Schulen in Form von Workshops und der Auseinandersetzung mit Nistkästen, die an den jeweiligen Schulstandorten eingebaut sind.

2.1 Rahmenbedingungen und Anforderungen

Um sowohl für die Tiere als auch für das Gebäude und den Einbauprozess eine optimale Lösung zu schaffen, muss der neu konzipierte Nistplatz unterschiedlichen Ansprüchen genügen. Die Anforderungen an den neuen Nistplatz entstammen aus den verschiedenen beteiligten Bereichen und müssen in ihrer Kombination erfüllt werden.

- Bauphysikalische Anforderungen
 - Wärmebrückenoptimierung
 - kein Ausfall von Tauwasser in der Konstruktion
 - Einhaltung des Temperaturfaktors zur Vermeidung von Schimmelpilzbildung an der Rauminnenoberfläche
 - fehlertolerante Konstruktion
- Baupraktische Anforderungen
 - Klar erkennbare Einbausituation: Gute und einfache Handhabung auf der Baustelle
 - Möglichst einheitliche Produktion
 - Gleicher Nistkasten einsetzbar in unterschiedliche Dämmstärken (derzeitig übliche Dämmstärke mind. 16 cm)
- Tierwohlbedingte Anforderungen
 - Einflugsituation in Abhängigkeit der Vogelart
 - Maximierung des Platzangebots im Inneren des Nistkastens (Mindesttiefe 12 cm für Mauersegler)
 - Verwendung von schadstofffreien Materialien

Zur Erfüllung dieser Anforderungen wurden unterschiedliche Varianten untersucht und eine finale Version ausgewählt.

Die bauphysikalischen Anforderungen werden gemäß ÖNORM B 8110-2 wie folgt definiert:

Für Außenbauteile und Bauteile, die Räume mit unterschiedlichen Luftzuständen (Temperatur und relative Feuchtigkeit) trennen, ist nachzuweisen, dass

- der Wärmeschutz so bemessen ist, dass die Bedingungen zur Vermeidung von Kondenswasserbildung und im Hinblick auf das Risiko von Schimmelbildung an der inneren Oberfläche erfüllt sind,*
- der Aufbau des Bauteils so bemessen ist, dass im Inneren des Bauteils keine schädliche Wasserdampfkondensation infolge Wasserdampfdiffusion auftritt.*

Für die Wärmebrückenberechnung und die Beurteilung der wärmeschutztechnischen Qualität von Bauteilkonstruktionen bzw. zur Einstufung einer möglichen Gefahr durch Schimmelpilzbildung wird der Temperaturfaktor f_{Rsi} herangezogen. Dieser wird gemäß Formel 1 berechnet. Zur Vermeidung von Schimmelpilzbildung ist die Bedingung $f_{Rsi} \geq 0,7$ an jedem Punkt auf der Innenoberfläche einzuhalten. Hierbei gilt es zu beachten, dass dieser Grenzwert jedoch nur für Berechnungen unter Berücksichtigung der normativen Randbedingungen ($\theta_i = 20^\circ\text{C}$; $\theta_e = -5^\circ\text{C}$ und $\Phi_i = 50\%$) herangezogen werden kann. Einfacher und praktikabler ausgedrückt, ist zur Sicherstellung eines hygienisch erforderlichen Mindestwärmeschutzes unter den normativen Randbedingungen an jedem Punkt der Raum-Innenoberfläche $\theta_{si} \geq 12,6^\circ\text{C}$ einzuhalten.

$$f_{Rsi} = \frac{\theta_{si} - \theta_e}{\theta_i - \theta_e}$$

f_{Rsi} – Temperaturfaktor

θ_{si} – Wandoberflächentemperatur innen in $^\circ\text{C}$

θ_i – Lufttemperatur innen in $^\circ\text{C}$

θ_e – Lufttemperatur außen in $^\circ\text{C}$

Formel 1

Als Wärmebrücken werden Bauteilbereiche bezeichnet, in denen es zu erhöhten Wärmeflussdichten kommt. Dies äußert sich in der Änderung des Wärmestroms sowie niedrigen Wandinnen- bzw. erhöhten Wandaußentemperaturen im Winter. Der Wärmestrom in diesen Bereichen ist nicht mehr mithilfe von eindimensionalen vereinfachten Berechnungen aus dem Schichtenaufbau zu ermitteln. Bei der Wärmebrückenberechnung mittels unterschiedlicher Simulationssoftware wird der Wärmestrom simuliert, über den anschließend die Wärmeverluste und auch die Oberflächentemperaturen bestimmt werden. Für derartige Simulationen sind nicht nur die Geometrien erforderlich, sondern auch die jeweiligen Wärmeleitfähigkeiten der Materialien sowie die Randbedingungen für die angrenzenden Temperaturen und die Wärmeübergangswiderstände für innen und außen. Der Wärmebrückenkoeffizient ψ errechnet sich aus der Differenz des Leitwerts inklusiv der Wärmebrücke, der simulationstechnisch bestimmt wurde und dem Leitwert, bestimmt aus den U-Werten unter der Annahme der ungestörten Konstruktion.

Die thermischen Simulationen wurden mit der Software Therm® (Version 7.6) durchgeführt. Bei dieser Software handelt es sich um ein Finite-Elemente-Programm zur 2D-Berechnung. Es ist nach EN ISO 10211 und EN ISO 10077 validiert. Die Randbedingungen wurden normgerecht mit einer Außentemperatur von -5°C und einer Innentemperatur von 20°C festgelegt. Die horizontale Schnittebene durch den Nistkasten wurde so gewählt, dass die Einflugöffnung in ihrem größten

Querschnitt einbezogen ist und die verursachten linienförmige Wärmebrücke an der Längsseite des Nistkastens betrachtet wird.

Um darüberhinausgehend sicherzustellen, dass kein Tauwasser in der Konstruktion ausfällt, wurde auch das Glaserverfahren für die gewählte Variante durchgeführt. Gemäß EN ISO 13788 wurden die Kondensatmengen berechnet. Als schädlich werden Kondensatmengen gemäß ÖNORM 8110-2 eingestuft, wenn eine Speicherung des Kondenswassers nicht möglich ist (kondensierte Wasserdampfmenge muss kleiner sein als $0,5 \text{ kg/m}^2$), der Wärmedurchlasswiderstand der Konstruktion in bestimmtem Maß (10%) beeinflusst wird, es durch das Kondensat zu Schäden an den Baustoffen kommt oder das angesammelte Kondenswasser in der Austrocknungsperiode nicht vollständig austrocknen kann.

Mittels dem Excel-Tool „modifizierte EN ISO 13788-Tool“ (TU Wien) wurden die Kondensatmengen berechnet. Dieses Tool dient des Weiteren der Umsetzung eines modifizierten Glaserverfahrens, bei dem neben der Diffusion auch der konvektive Feuchtetransport berücksichtigt werden kann.

2.2 Materialkenngrößen

Die in den Variantenstudien eingesetzten Materialien werden in Tabelle 1 dargestellt. Neben den bauphysikalischen Kenngrößen ist ebenso die Farbe angegeben, die dem Material im Simulationsprogramm zugeordnet wurde. Als Basis wurde bei allen Varianten von der Außenwand aus Stahlbeton (20cm) ausgegangen. Aufgrund der gegenüber Mauerwerk höheren Wärmeleitfähigkeit von Stahlbeton und der darüber hinaus in der Regel geringeren Wandstärke liegen die Varianten bei dieser thermischen Betrachtung auf der sicheren Seite im Vergleich z.B. zu einer Außenwand aus Mauerwerk.

Tabelle 1: Kenngrößen der verwendeten Materialien

Material	Wärmeleitfähigkeit λ <i>W/(mK)</i>	Wasserdampf-diffusionswiderstandszahl μ <i>trocken/feucht</i>	Farbe in Therm
Stahlbeton [3]	2,3	130/80	grau
EPS [3]	0,035	60/60	rot
StoVentec Trägerplatte [4]	0,09	15/15	grün
StoResol Dämmplatte [5]	0,021	50/20	blau
best wood WALL 140 [6]	0,042	3/3	braun

Zur baupraktischen Umsetzung der Holzfaser-Variante ist vorausgesetzt, dass eine Wand-Mindeststärke des Nistkastens von 2 cm des Dämmmaterials eingehalten wird, um die Stabilität zu gewährleisten. Bei Verwendung von EPS kann die Materialstärke aufgrund der Materialeigenschaften geringer ausfallen und bis auf 1 cm reduziert werden.

2.3 EPS-Lösung: Simulation und Variantenstudie

Das gesetzte Ziel war es, einen Nistkasten für einen Mauersegler mit mind. 12cm Innenraumtiefe in einer 16cm dicken EPS-Außendämmung zu realisieren. Für jede der untersuchten EPS-Varianten wurde die vordere Abdeckung des Nistkastens aus dem Material StoVentec in einer Stärke von 10 mm vorgesehen. Die Befestigung erfolgt für alle Varianten anders als bei den bisher untersuchten Nistkästen aus Holzbeton, die an die Fassade geschraubt wurden, mittels Einklebung des Nistkastens in eine herkömmliche Dämmplatte, die handelsüblich z.B. mittels spezieller Dübel montiert wird.

Im Folgenden werden einige Varianten näher beschrieben.

2.3.1 Variante I

Variante I weist eine 10 mm starke StoResol Dämmplatte an den Seiten und der Rückseite auf, der vordere Abschluss des Nistkastens ist mit einer StoVentec-Platte realisiert und zusätzlich weist der Nistkasten an der Rückseite eine 20 mm EPS-Dämmung auf. Der Innenraum für den Vogel hat eine Tiefe von 12 cm. Zur Validierung des Modells wurden Testsimulationen mit einer im Inneren direkt an die Konstruktion angrenzenden definierten Luftschicht (pink) durchgeführt. Die Simulationsergebnisse der Variante I sind in Abbildung 1 mittels Verlaufs der Isothermen dargestellt. Jeweils links ist dabei der gesamte Schnitt durch den Nistkasten und die angrenzende Außenwand zu sehen, während rechts eine Detaildarstellung des Temperaturverlaufs innerhalb der Dämmschicht an der Rückseite des Nistkastens abgebildet ist. Die Anforderungen an die Raum-Innenoberflächentemperatur sind mit $\Theta_{si} = 18,1^{\circ}\text{C} > 12,6^{\circ}\text{C}$ erfüllt

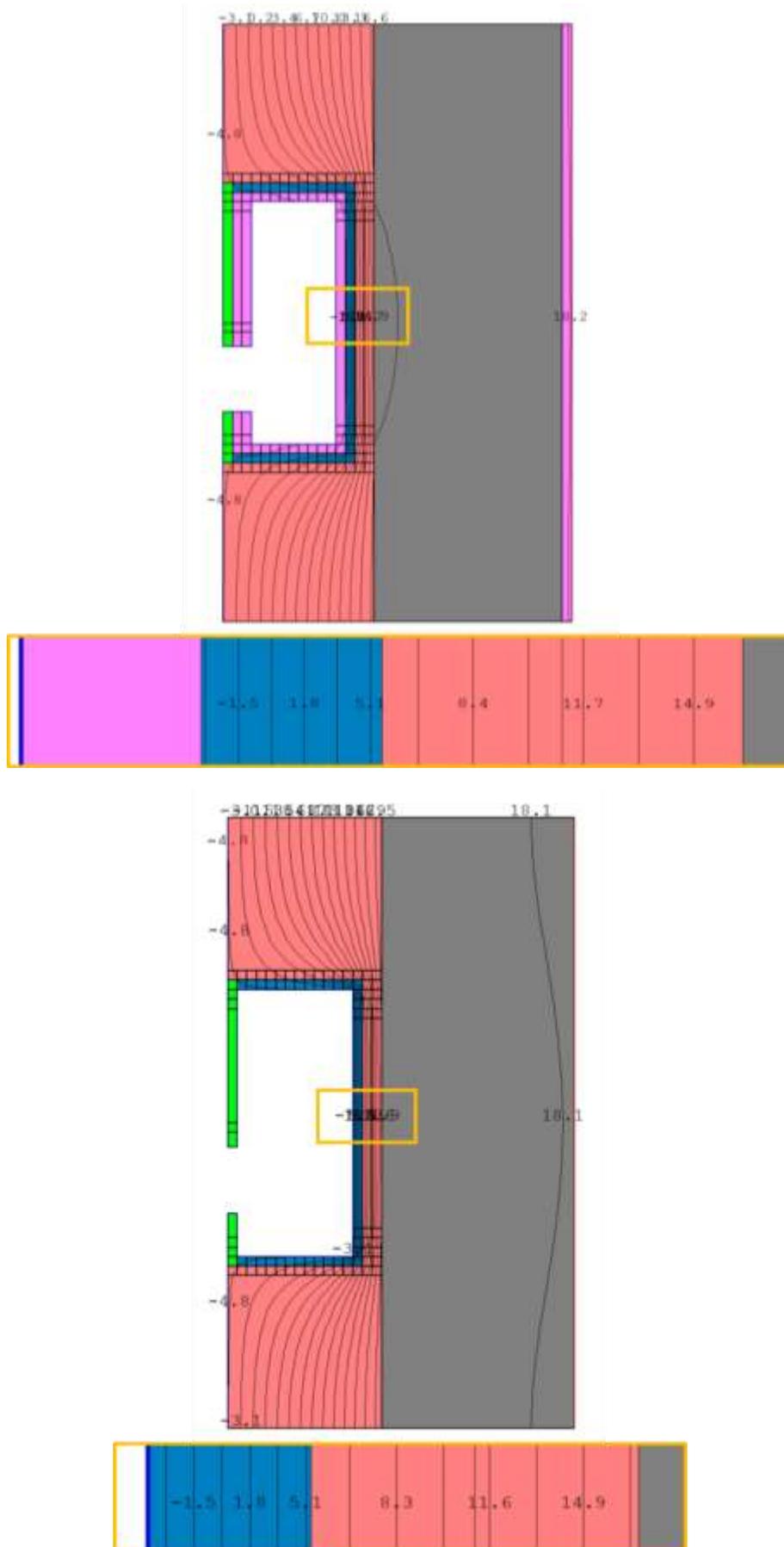


Abbildung 1: Variante I – Innenraum 12cm; StoResol Dämmplatte 10 mm seitlich und an der Rückseite+ 20 mm EPS an der Rückseite; Vorderseite aus StoVentec (a) Modellvalidierung mittels Luftschicht (oben) (b) Simulation Variante I (unten)

2.3.2 Variante II

Abbildung 2 zeigt die Simulationsergebnisse der Variante II. Diese Variante besteht nur aus EPS, welches auch als Dämmstoff für die gesamte Fassade verwendet wird. Die dünne Spachtelmasse, mit der der Dämmstoff im Inneren des Nistkastens beschichtet werden soll, kann bei der Berechnung vernachlässigt werden. An der Rückseite besteht eine Dämmstärke von 30 mm. Der Innenraum für den Vogel hat eine Tiefe von 12 cm. Die Anforderungen an die Innenoberflächentemperatur sind mit $\Theta_{si} = 17,9^\circ\text{C} > 12,6^\circ\text{C}$ erfüllt.

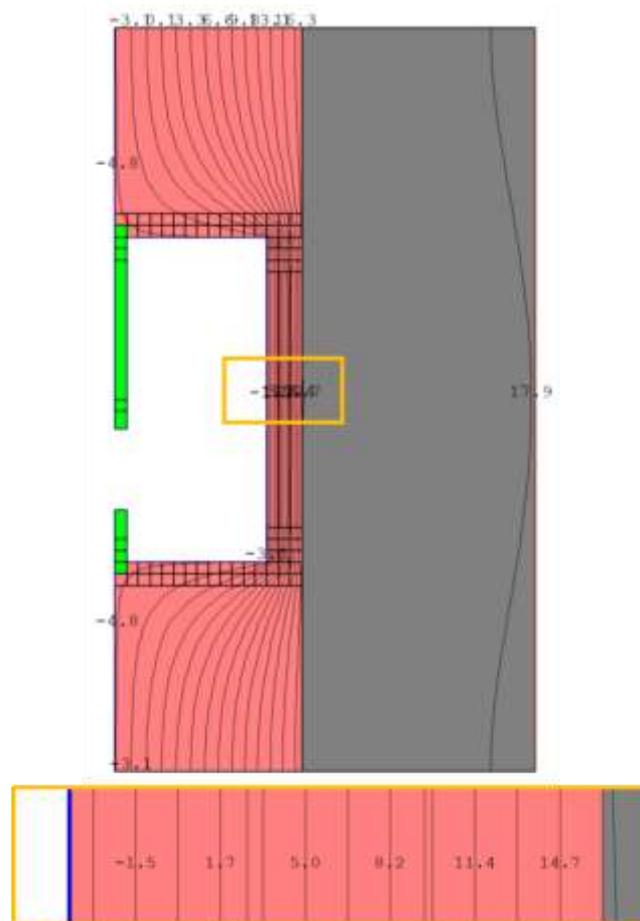


Abbildung 2: Variante II – Innenraum 12cm; Vorderseite StoVentec; EPS seitlich und Restdämmstärke an der Rückseite 30 mm

2.3.3 Weitere Varianten

In Abbildung 3 sind verschiedene simulierte Varianten des Nistkastens dargestellt, die alle eine Innenraumtiefe von 12 cm aufweisen. Für alle drei dargestellten Varianten ist die Anforderung an die Innenoberflächentemperatur $\Theta_{si} > 12,6^\circ\text{C}$ erfüllt.

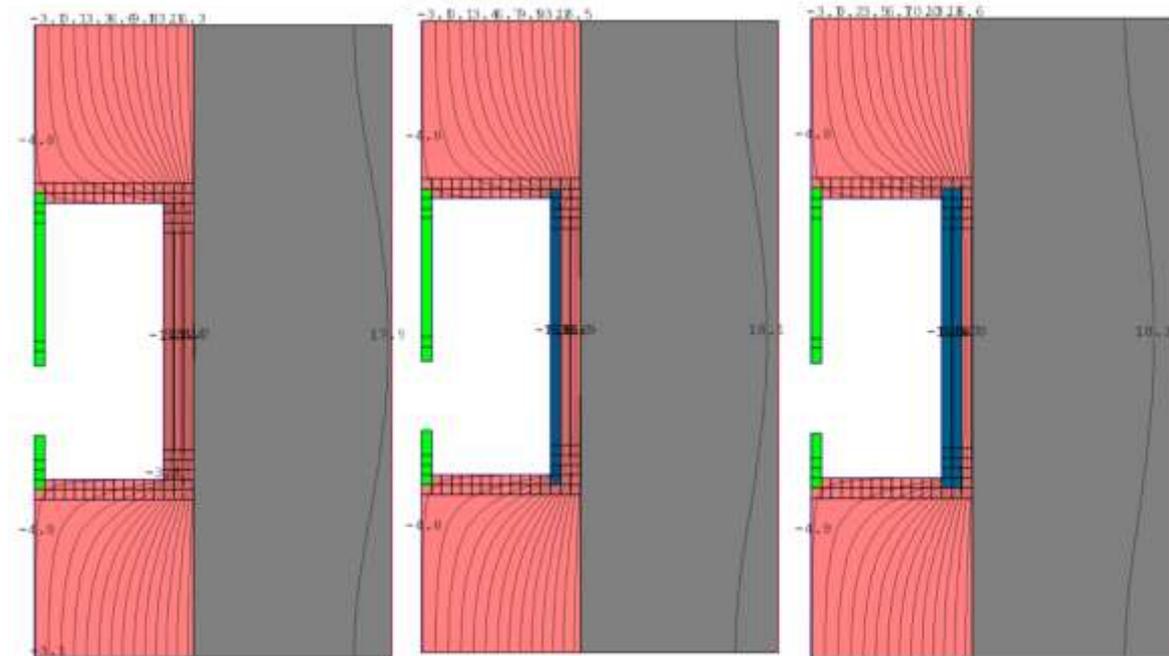


Abbildung 3: Verschiedene Varianten mit einem Innenraum von 12cm; links: Variante II; Mitte: 10 mm StoResol + 20mm EPS an der Rückseite, oben und unten EPS; rechts: 20 mm StoResol + 10mm EPS an der Rückseite, oben und unten EPS

Abbildung 4 zeigt verschiedene simulierte Varianten des Nistkastens, die eine Innenraumtiefe von 13 cm aufweisen. Auch hier ist die Anforderung an die Innenoberflächentemperatur mit $\Theta_{si} > 12,6^\circ\text{C}$ für alle drei dargestellten Varianten erfüllt.

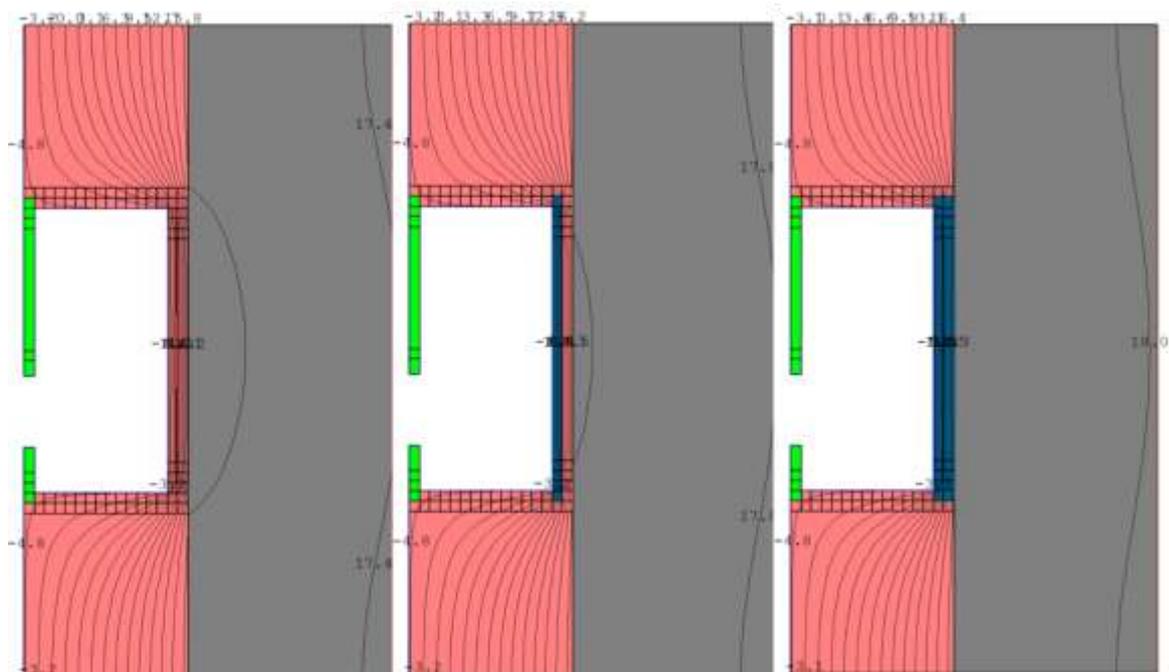


Abbildung 4: Verschiedene Varianten mit einem Innenraum von 13cm; links: umlaufend EPS (20mm EPS an der Rückseite); Mitte: 10 mm StoResol + 10mm EPS an der Rückseite, oben und unten EPS; rechts: 20 mm StoResol an der Rückseite, oben und unten EPS

2.4 EPS: Ausgewählte Variante

2.4.1 Thermische Simulation

Die ausgewählte, finale Variante weist einen 13 cm tiefen Innenraum für den Mauersegler auf. Die Vorderseite besteht aus einer 10 mm dicken Schicht des Materials StoVentec. Das Gehäuse ist oben und unten, an den Seiten sowie an der Rückseite aus dem Material StoResol mit jeweils einer Schichtdicke von 20 mm ausgeführt.

In Abbildung 5 ist das Modell sowie das Finite-Elemente-Mesh dargestellt. Es bildet die Basis für die Simulationsberechnungen. In diesem Mesh ist erkennbar, dass das Raster an den Eckstellen und an den Übergängen zwischen den Materialien feiner ist, sodass die Berechnung an diesen maßgebenden Stellen exakter erfolgt.

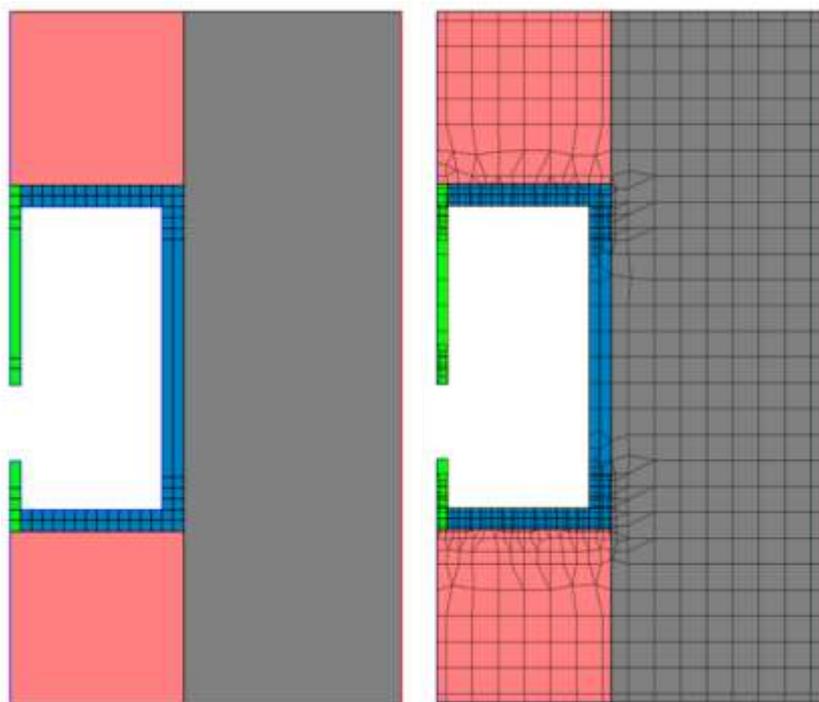


Abbildung 5: Finale Variante - Modell und Finite Elemente Mesh

Abbildung 6 stellt die Simulationsergebnisse anhand der Isothermen dar und zeigt die detaillierte Ansicht des Temperaturverlaufs in der StoResol-Schicht. Die Randbedingungen entsprechen der Norm mit -5°C im Außenbereich und 20°C im Innenraum. Die Anforderung an die Innenoberflächentemperatur gemäß Formel 1 ist mit $\Theta_{\text{si}} = 18,0^{\circ}\text{C} > 12,6^{\circ}\text{C}$ erfüllt.

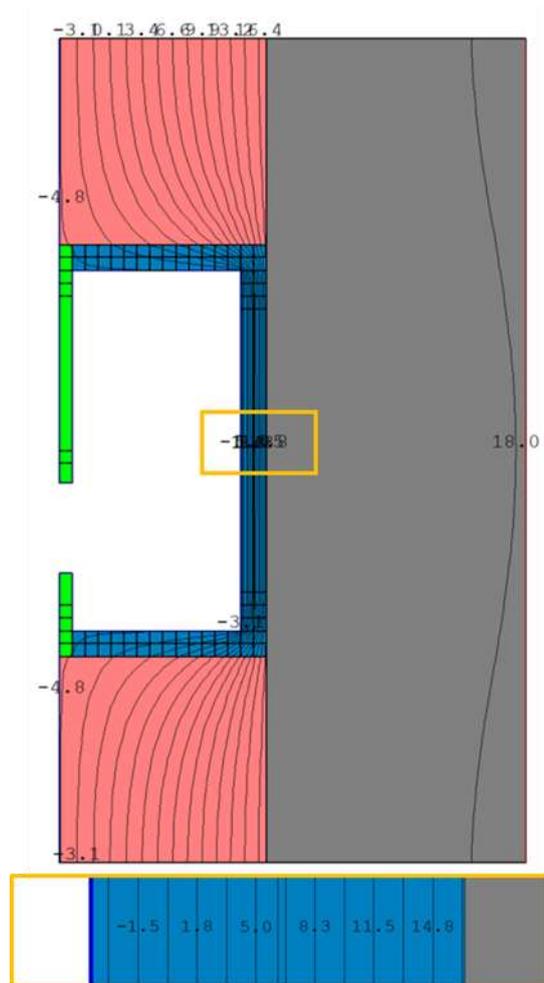


Abbildung 6: Finale Variante – Isothermen und Temperaturverlauf in der StoResol-Schicht an der Rückseite (normative Randbedingungen)

Die Beurteilung von Wärmebrücken erfolgt anhand der Bestimmung des Wärmebrückenkoeffizienten ψ . Der mittels THERM berechnete U-Wert an der Stelle des Nistkastens, also der untersuchten Schwachstelle der Wandkonstruktion, beträgt $0,5571 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Die Außenwand im ungestörten Zustand hat einen U-Wert von $0,22 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Daraus ergibt sich ein längenbezogener ψ -Wert von $0,33 \text{ W}/\text{mK}$. Bei einer Nistkastenlänge von $0,3 \text{ m}$ entspricht dies $0,1 \text{ W}/\text{K}$. Bei der Beurteilung dieser Wärmebrücke ist außerdem zu beachten, dass die Temperaturdifferenz zwischen dem Gebäude-Innenraum und dem Nistkasteninneren geringer ist als zur Außentemperatur, wodurch der Wärmeverlust verringert wird. Außerdem ist zu berücksichtigen, dass es sich bei der Aussparung im WDVS für den Nistkasten um eine z.B. im Vergleich zu einem Fenster oder einer Attika geometrisch gesehen kleine Wärmebrücke handelt. Durch die umlaufende Einfassung des Nistkastens gelangt die Wärme auch seitlich in den Nistkasten, wodurch der Einfluss der Wärmebrücke geringer ausfällt. So beträgt auch bei einem U-Wert von $0,5571 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ der (durch den Nistkasten) gestörten Konstruktion die Innenoberflächentemperatur $18,0^\circ\text{C}$.

Im Rahmen des Forschungsprojekts wurden ebenso Messensoren für Temperatur und Luftfeuchtigkeit in einen bereits eingebauten Nistkasten der am Markt befindlichen Varianten installiert. Durch die Auswertung der Messensoren in den Nistkästen und der entsprechenden Außentemperatursensoren (siehe Abbildung 7) kann festgehalten werden, dass die Temperatur

im Nistkasten auch an kalten Wintertagen nie 0°C und kaum 5°C unterschreitet. Die Auswertungen der Temperaturmessungen werden in Abschnitt 3 detaillierter ausgewertet.

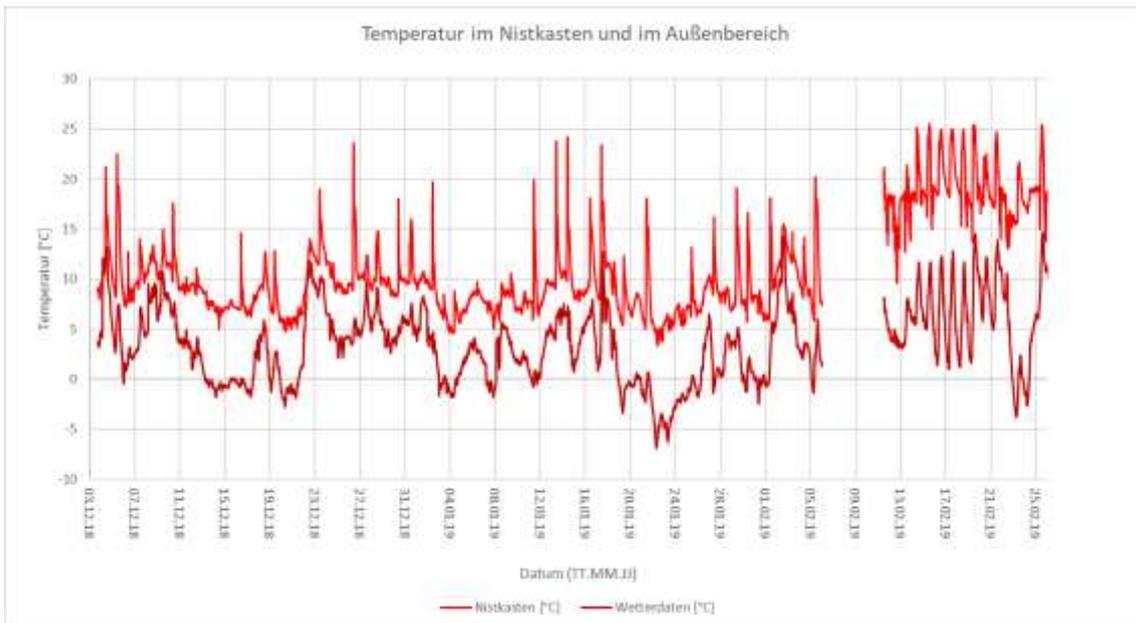


Abbildung 7: Temperaturmessungen in einem Nistkasten (Schöffergasse Wien 1040)

Um diese finale Variante unter verschiedenen Randbedingungen zu testen, wurden neben der normgerechten Simulation mit -5°C Außentemperatur und 20°C Innentemperatur auch eine Variante mit einer Außentemperatur von -15°C berechnet und eine Variante mit einer Temperatur von 0°C im Nistkasteninneren. Aus diesen veränderten Randbedingungen ergeben sich für die jeweiligen Varianten auch veränderte Anforderungen an die einzuhaltenden minimale Oberflächentemperatur gemäß Formel 1 (Tabelle 2).

Tabelle 2: Anforderungen an die Mindestoberflächentemperatur innen für verschiedene Randbedingungen gemäß Formel 1 für $f_{Rsi} \leq 0,7$

Lufttemperatur innen	Lufttemperatur außen	Min. Oberflächentemperatur innen
in °C	in °C	in °C
20	-5	12,6
20	-15	9,6
20	0	14,1

Abbildung 8 zeigt die Simulationsergebnisse für eine Temperatur von 0°C im Nistkasten. Die minimale Oberflächentemperatur beträgt 18,3°C, wodurch die Anforderungen an den Temperaturfaktor gemäß Formel 1 erfüllt sind. Auch für die Variante mit einer Außentemperatur von -15°C wird mit einer minimalen Innenoberflächentemperatur von 17,3°C die Anforderung an eine minimale Oberflächentemperatur von 9,2°C erfüllt (Abbildung 9). Dieser Unterschied ist auch am Farbverlauf, der die Temperatur darstellt in Abbildung 8 und Abbildung 9 zu sehen.

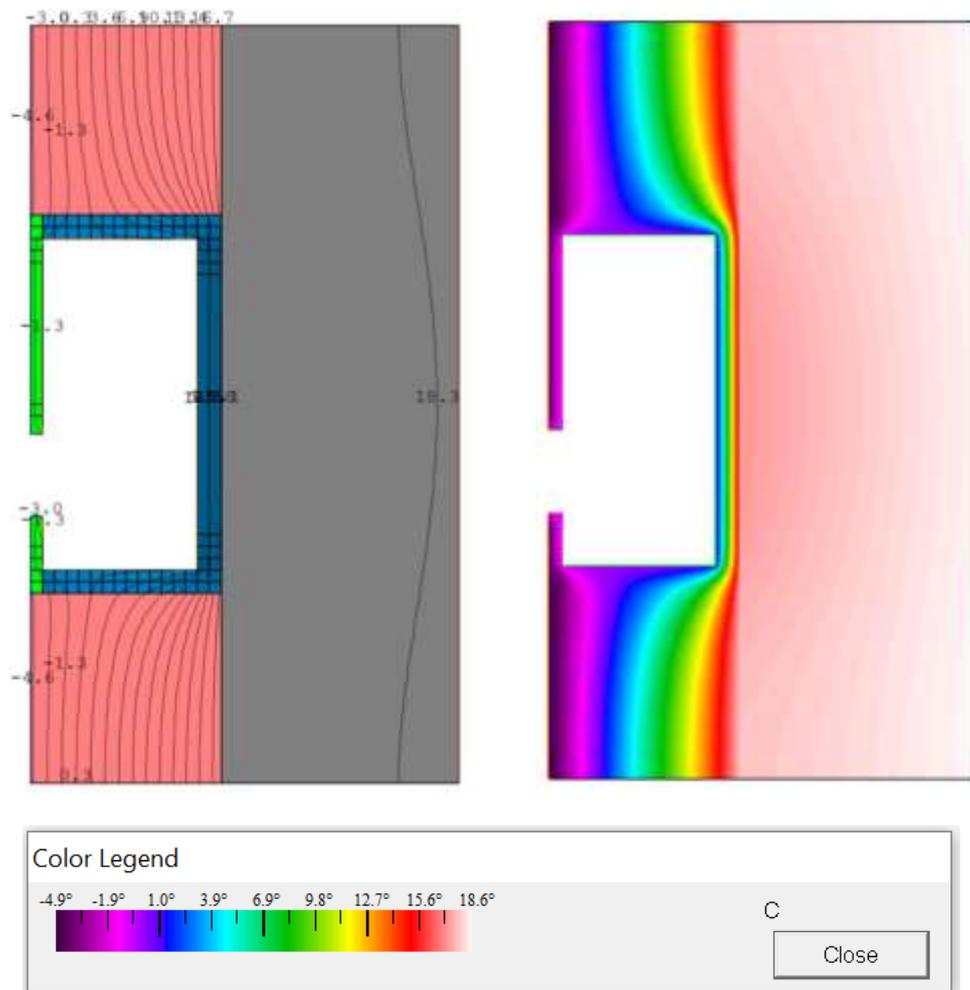


Abbildung 8: Finale Variante – Randbedingung Nistkasten innen 0°C

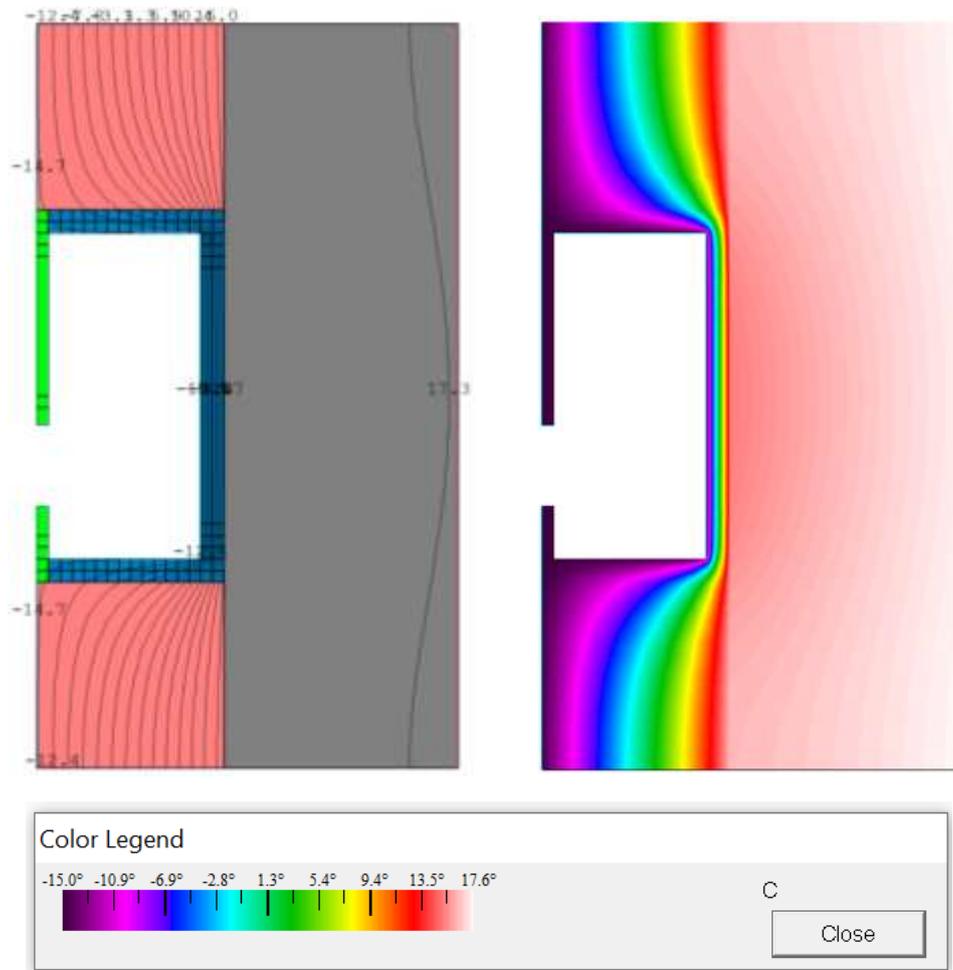


Abbildung 9: Finale Variante – Randbedingung Außentemperatur -15°C

2.5 EPS: Feuchtesimulation

Um neben der thermischen Anforderung auch die Einhaltung der feuchtigkeitsbezogenen Anforderungen an die Außenwandkonstruktion zu überprüfen, wurden für die ausgewählte Variante die in den folgenden Kapiteln dargestellten Berechnungen durchgeführt. Diese wurden eingehend bereits in Abschnitt 2.1 erläutert.

Um sicherzustellen, dass kein Tauwasser in der Konstruktion ausfällt, wurde das Glaserverfahren für die gewählte Variante durchgeführt. Gemäß EN ISO 13788 wurden die ev. entstehenden Kondensatmengen in der Konstruktion berechnet.

2.5.1 Annahmen für die feuchtetechnischen Berechnungen

Die getroffenen Annahmen zur Berechnung gelten in der Bauphysik als konservativ, sodass die berechneten Ergebnisse stets auf der sicheren Seite liegen. Als Standort wurde Klagenfurt definiert, da dieser im Vergleich zu anderen österreichischen Städten durchschnittlich das kälteste Außenklima aufweist. Darüber hinaus wurde eine minimale Leckage in der Außenwandkonstruktion (mit $0,59 \text{ mm/m}^2$) und eine relative Raum-Innenluftfeuchte von 65% angenommen.

Im weiteren Verlauf wurden die folgenden Aufbauten betrachtet und simuliert.

	Material	d in m	λ in W/mK	μ_0	μ_{30}	μ_{70}	μ_{100}
AUSSEN	STO-Resol	0,02	0,021	50	41	29	20
INNEN	Stahlbeton	0,2	0,04	130	25	10	80

Abbildung 10: Variante a- ohne Innen- und Außenputz

	Material	d in m	λ in W/mK	μ_0	μ_{30}	μ_{70}	μ_{100}
AUSSEN	Außenputz	0,015	0,8	10	10	10	10
	STO-Resol	0,02	0,021	50	41	29	20
	Stahlbeton	0,2	0,04	130	25	10	80
INNEN	Innenputz	0,015	0,4	10	8,8	7,2	6

Abbildung 11: Variante b- mit Innen- und Außenputz

Für alle Varianten wurden die Berechnungen einmal ohne und einmal mit Anfangsfeuchte (Baufeuchte) von 1kg/m^2 in der Außenputzschicht simuliert.

2.5.2 Nachweise

Für die beiden Varianten a und b (mit und ohne Putz) wurden die Nachweise der resultierenden Kondensatmengen geführt. Die Ergebnisse der Berechnungen sind in Abbildung 12 und Abbildung 13 für jeweils den Verlauf von drei Jahren dargestellt. Die dargestellten resultierenden Kondensatmengen fallen lediglich lokal im kleinen Bereich des Nistkastens an. Diese Berechnungen gelten nicht für die restliche Fassade. Der Nachweis zeigt dabei nicht die exakte Verortung des Tauwasserausfalls innerhalb der Konstruktion, sondern lediglich ob im Nistkastenbereich Kondensat entsteht.

Bei der betrachteten Variante a (ohne Innen- und Außenputz) liegen sowohl bei der Betrachtung ohne als auch mit Anfangsfeuchte im Außenbereich die Werte der resultierenden Kondensatmenge stets unter $0,5\text{ kg/m}^2$. Ohne Feuchteeintrag am Anfang (Baufeuchte) wird eine Kondenswasserbildung für keine Grenzfläche und für keinen Monat vorhergesagt. Bei der Variante mit anfänglichem Feuchteeintrag ist dieser bereits innerhalb der ersten drei Monate vollständig ausgetrocknet.



Abbildung 12: Variante a – Nachweis der Kondensatmenge; links: ohne Feuchteeintrag; rechts: Feuchteeintrag als Anfangsfeuchte von 1kg/m^2 in der Außenschicht (Sto-Resol)

Die berechneten resultierenden Kondensatmengen für Variante b sind für den Fall ohne Feuchteintrag und mit Feuchteintrag (Baufeuchte) in Abbildung 13 dargestellt. Ohne Feuchteintrag am Anfang (keine Baufeuchte) wird eine Kondenswasserbildung lediglich in den Monaten Dezember, Januar und Februar in Mengen geringer als $0,06 \text{ kg/m}^2$ vorhergesagt. Vorhandene Baufeuchte trocknet bereits innerhalb der ersten sechs Monate, noch vor Beginn der Sommermonate aus, wodurch eine fortschreitende Durchfeuchtung ausgeschlossen werden kann.

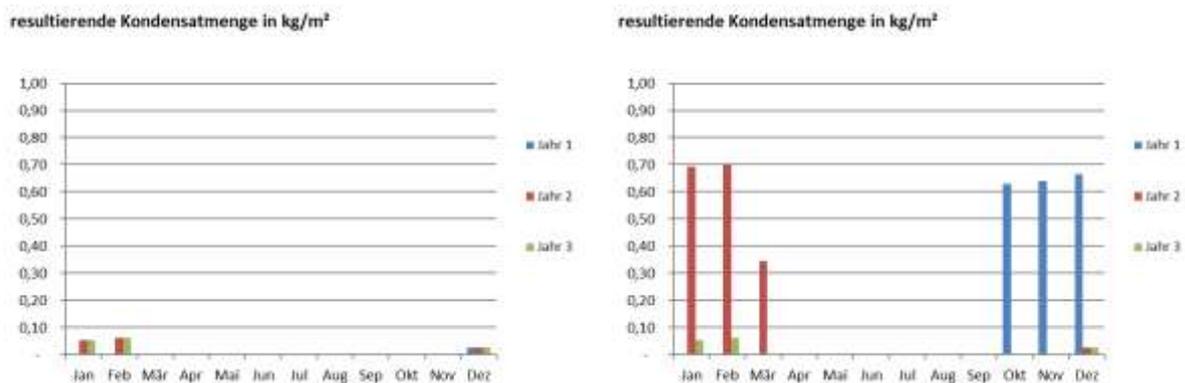


Abbildung 13: Variante b – Nachweis der Kondensatmenge; links: ohne Feuchteintrag; rechts: Feuchteintrag als Baufeuchte von 1 kg/m^2 in der Außenschicht (Außenputz)

2.6 EPS: Prototyp-Erstellung und Testung

Ende April 2019 wurden Nistkästen des ersten Prototyps der entwickelten und simulierten EPS-Variante an der Fassade eines Wohnblocks der Mautner-Markhof-Gründe in 1110 Wien installiert. Die Befestigung der Dämmplatten mit integrierten Nistkästchen erfolgte wie üblich mit Hilfe von WDVS-Dübeln und einer Klebung. Aufgrund einer anstehenden Fassadensanierung dieser Wohnanlage von Wiener Wohnen wurden an dieser Fassade diese Ersatznistplätze geschaffen, die während der Sanierungsphase als Ausweichquartiere für die Vögel dienen sollen. Da das Ursprungsquartier allerdings zur Brutzeit noch vorhanden war, sind die hier entwickelten Prototyp-Nistkästen höchstwahrscheinlich unbewohnt geblieben. In zwei dieser Nistkästen wurden Temperatur und Feuchte-Sensoren (RTR-Messgeräte) installiert. Sensor 1 befindet sich in einem nach Osten ausgerichteten Nistkasten und Sensor 2 im Nistkasten an der Südfassade des Gebäudes. Da an diesem Standort keine Wetterdaten direkt gemessen werden konnten, wurden für die Auswertung die Wetterdaten der Universität für Bodenkultur Wien (BOKU) herangezogen. Die Auswertung der Temperaturdaten wird in Kapitel 3.3 erläutert.

Bedingt durch die anstehende Sanierung erfolgte die Ausführung dieses installierten Prototyps mit einer Dämmstärke von 20 cm EPS-Dämmung, in die die acht Nistkästen integriert wurden. An der Rückseite der Nistkästen ist demnach neben der simulierten STO Resol-Dämmplatte in einer Stärke von 2 cm eine zusätzliche 4 cm starke Dämmschicht aus EPS vorhanden. Die Einfluglöcher sind zum Schutz verspachtelt und wurden beim Verputzen des Prototyps ausgespart. Abbildung 14 zeigt den Prototypen vor der Montage in der Mautner-Markhof-Gasse.



Abbildung 14: In EPS-Dämmplatte integrierte Nistkästen – Prototyp vor der Erstmontage



Abbildung 15: Mautnerhof mit installiertem Nistkasten (April 2019)



Abbildung 16: Nistkästen Mautnerhof mit RTR-Messgerät

2.7 EPS-Prototyp: Fazit

Zusammenfassend kann anhand der durchgeführten Berechnungen festgestellt werden, dass bezogen auf die bauphysikalischen Anforderungen zahlreiche Varianten in Frage kommen, sich jedoch in Anbetracht der kombinierten Anforderungen bedingt durch das Tierwohl und die baupraktische Anwendung eine Variante als deutlich vorteilhaft herausstellt. Diese Variante wurde in den Kapiteln 2.3, 2.4 und 2.5 sowohl thermisch als auch hygrisch näher betrachtet. Sie erfüllt alle untersuchten bauphysikalischen Anforderungen, das Gehäuse besteht oben, unten, an den Seiten und an der Rückseite aus dem gleichen Material und in gleicher Stärke und nicht zuletzt bietet diese Nistplatzlösung dem Mauersegler 13 cm Tiefe und damit ausreichend Platz. Schlussfolgernd kann diese Variante zur weiteren Entwicklung empfohlen werden. Empfehlenswert ist darüber hinaus auch eine Variante, die bei höheren Dämmstärken einen größeren Nistkästchen-Innenraum (z.B. 14 cm) ermöglicht. Eine derartige Einbauvariante ist in Abbildung 17 dargestellt.

Der Nistkasten wird auf die Baustelle bereits direkt integriert in einer entsprechenden Dämmplatte geliefert. Diese Platte weist die gleichen Abmessungen wie die sonst zur thermischen Dämmung im Bauprojekt verwendeten Platten auf, weswegen der Einbau baupraktisch ohne Mehraufwand erfolgen kann. Die Befestigung und Installation der Platte mit integriertem Nistkasten erfolgt demnach ebenso wie die der übrigen „Standard“-Dämmplatten. Eine Kurzbeschreibung mit Informationen bzgl. der Eigenschaften des konzipierten Nistkastens aus EPS und dessen Montage sind im Anhang enthalten.

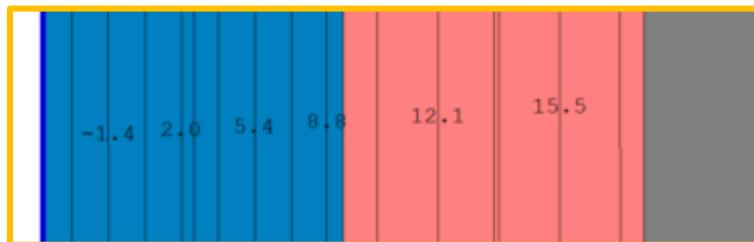
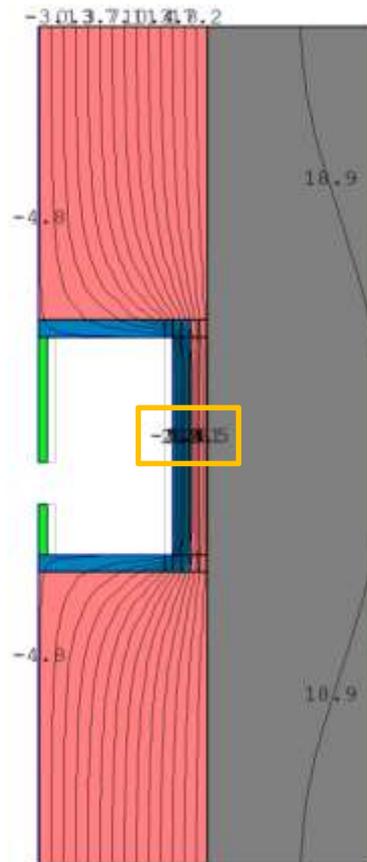


Abbildung 17: Variante für Dämmstärke EPS 20 cm mit Innenraumtiefe 14 cm; 20 mm StoResol umlaufend

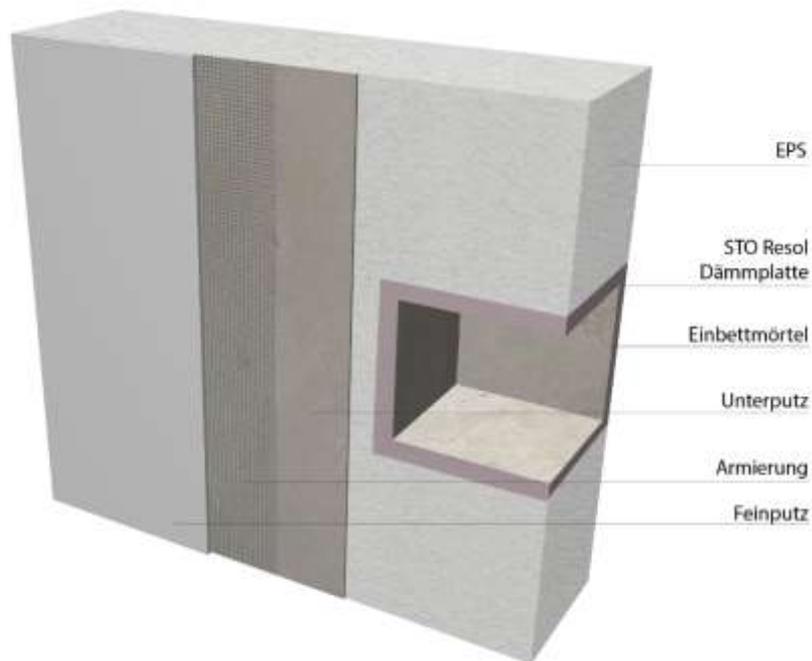


Abbildung 18: Schnitt durch den in die EPS-Dämmplatte integrierten Nistkasten

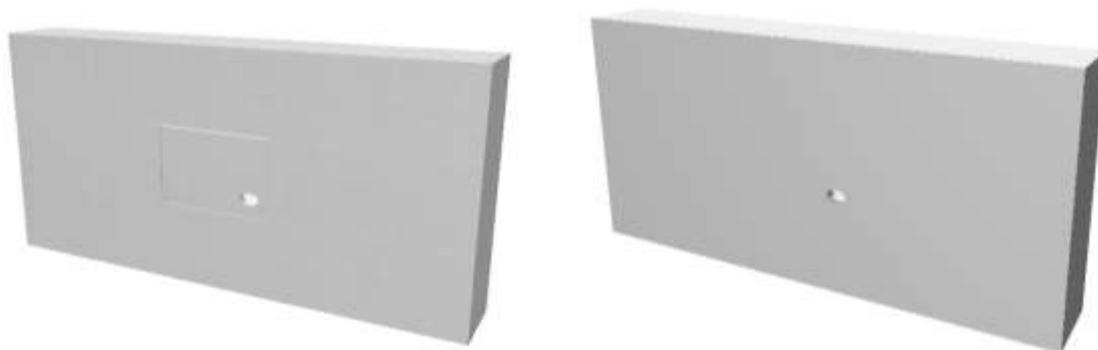


Abbildung 19: EPS-Dämmplatte mit integriertem Nistkasten (links: unverputzt; rechts: verputzt)

2.8 Holzfaser: Simulation und Variantenstudie

Für die Konzipierung einer Nistkästchen-Variante aus dem Holzfaser Dämmmaterial wurden auch die definierten Anforderungen verfolgt.

Für jede der Varianten wurde die vordere Abdeckung des Nistkastens aus dem Holzfaser-Dämmmaterial mit Verputz vorgesehen. Die Verputzschicht sowie der geplante Kalkanstrich im Innenraum des Nistkastens kann bei den thermischen Berechnungen vernachlässigt werden. Die Randbedingungen wurden normgerecht mit einer Außentemperatur von -5°C und einer Innentemperatur von 20°C festgelegt.

Die horizontale Schnittebene durch den Nistkasten wurde ebenso wie bei der EPS-Variante so gewählt, dass die Einflugöffnung in ihrem größten Querschnitt einbezogen ist und die verursachten linienförmige Wärmebrücke an der Längsseite des Nistkastens betrachtet wird.

Im Folgenden werden einige Varianten näher vorgestellt, die die Nistkasten-Integration in unterschiedliche, in Holzfaser-Dämmplatten üblich ausgeführte Dämmstärken untersuchen.

2.9 Holzfaser: Thermische Simulation

Die Darstellung der Simulationsergebnisse erfolgt für alle betrachteten Varianten anhand der Isothermen und der Abbildungen des Farbschemas.

2.9.1 Variante I

Variante I weist eine Gesamtdämmstärke aus Holzfaser-Platten von 16 cm auf. An der Stelle des Nistkastens sind sowohl an der Vorder- als auch an der Rückseite 2 cm Holzfaser-Dämmmaterial vorhanden. Der Innenraum für den Vogel weist eine Tiefe von 12 cm auf. Die Simulationsergebnisse der Variante I sind in Abbildung 20 und Abbildung 21 dargestellt. Die Anforderungen an die Innenoberflächentemperatur sind mit $\Theta_{si} = 18,1^\circ\text{C} > 12,6^\circ\text{C}$ erfüllt. Der U-Wert der Außenwand liegt bei $0,24 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ an der ungestörten Stelle und bei $0,51 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ an der gestörten Stelle wodurch sich ein längenbezogener ψ -Wert von $0,27 \text{ W}/\text{mK}$ ergibt.

2.9.2 Variante II

Abbildung 22 und Abbildung 23 zeigen die Simulationsergebnisse der Variante II mit einer Gesamtdämmstärke von 18 cm. An der Vorder- und Rückseite des Nistkastens besteht ebenso wie bei Variante I eine Dämmschicht von jeweils 2 cm. Der Innenraum für den Vogel hat demnach eine Tiefe von 14 cm. Die Anforderungen an die Innenoberflächentemperatur sind mit $\Theta_{si} = 18,1^\circ\text{C} > 12,6^\circ\text{C}$ erfüllt. Der längenbezogene ψ -Wert dieser Variante beträgt $0,40 \text{ W}/\text{mK}$. Dieser ergibt sich aus dem U-Wert der Außenwand von $0,22 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ und $0,63 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ an der Stelle des Nistkastens.

2.9.3 Variante III

Variante III unterscheidet sich zu den beiden anderen Varianten in der Dämmstärke. Diese beträgt bei Variante III 20 cm. Die in Abbildung 24 und Abbildung 25 dargestellten Simulationsergebnisse zeigen, dass die Anforderungen mit $\Theta_{si} = 18,2^\circ\text{C} > 12,6^\circ\text{C}$ erfüllt wird. Der U-Wert der ungestörten Außenwand beträgt $0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. An der durch den Nistkasten gestörten Stelle der Außenwand liegt er bei $0,62 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, wodurch sich ein längenbezogener ψ -Wert von $0,42 \text{ W}/\text{mK}$ ergibt.

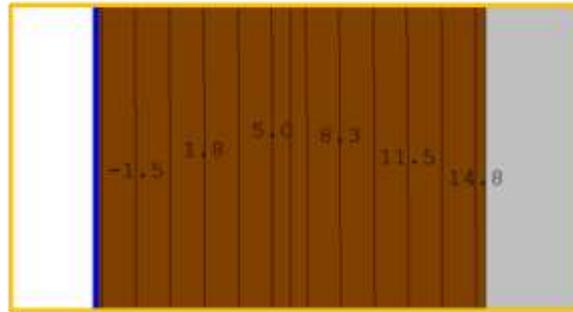
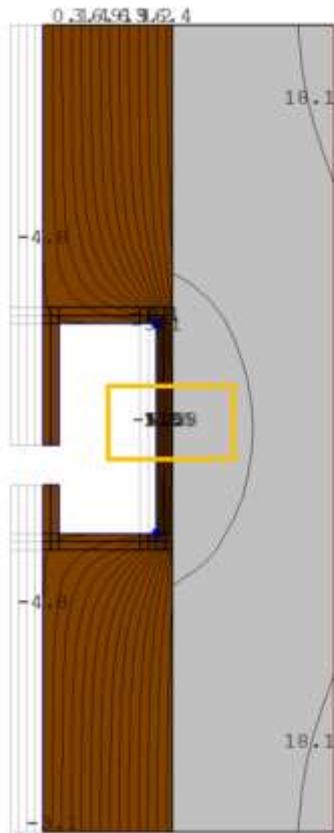


Abbildung 20: Variante I – Isothermen

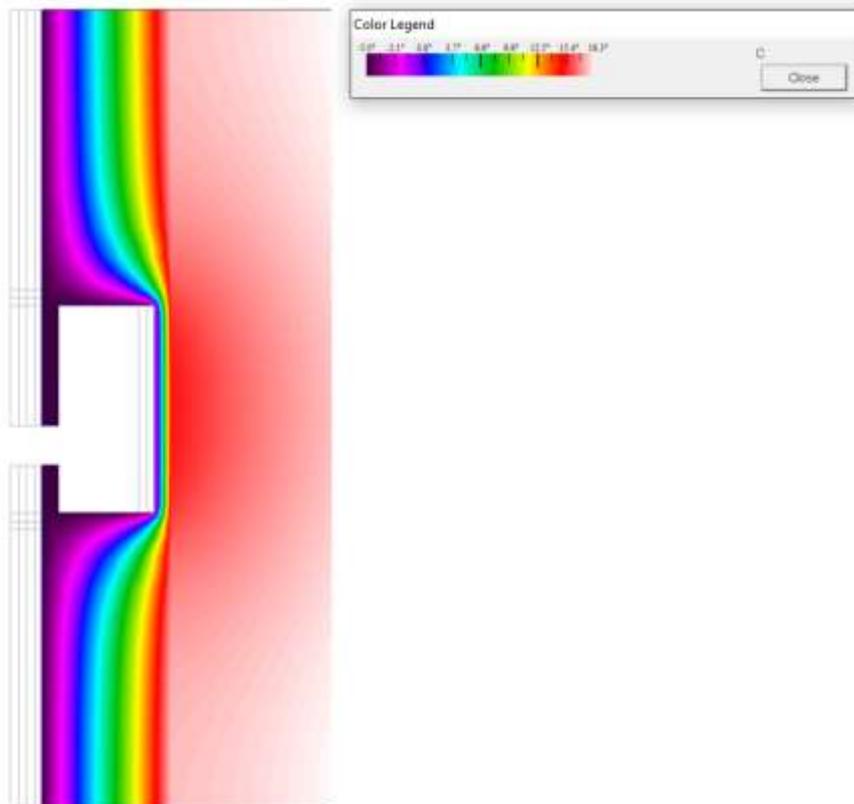


Abbildung 21: Variante I – Farbschema

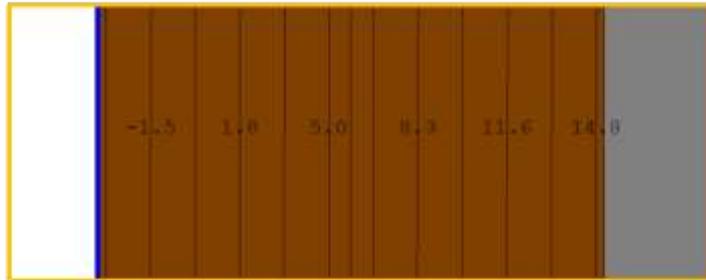
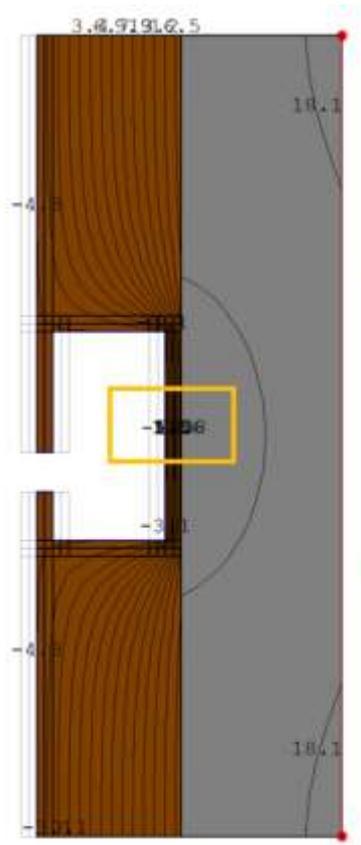


Abbildung 22 Variante II – Isothermen

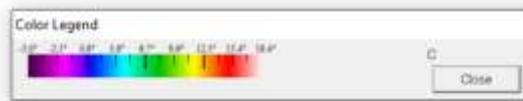


Abbildung 23: Variante II – Farbschema

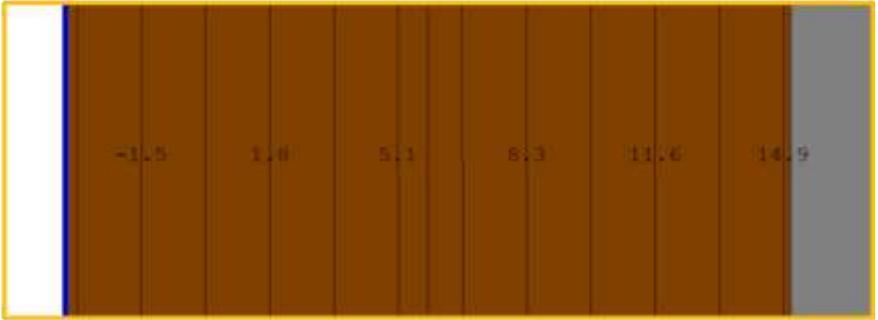
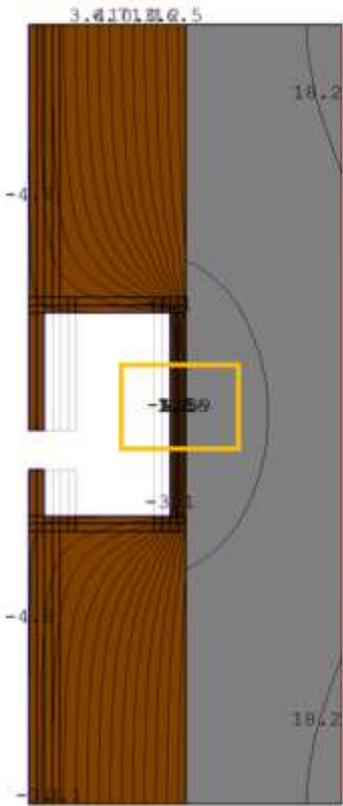


Abbildung 24 Variante III – Isothermen

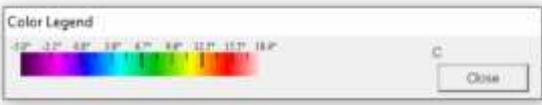
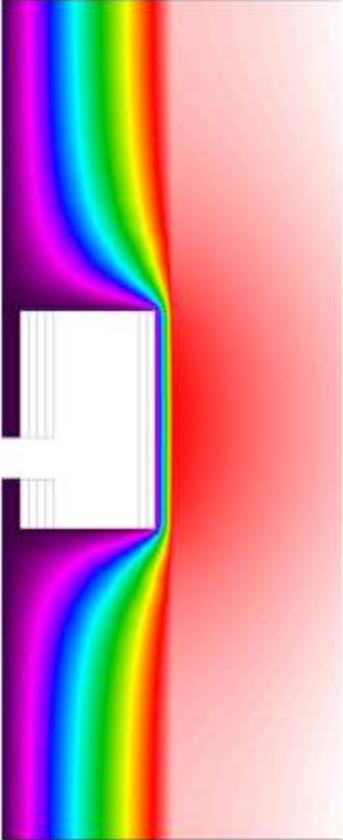


Abbildung 25 Variante III – Farbschema

2.10 Holzfaser: Feuchtesimulation

Ebenso wie bei der EPS-Variante wurden neben der Einhaltung der thermischen Anforderungen auch die feuchtigkeitsbezogenen Anforderungen an die Außenwandkonstruktion überprüft. Dies erfolgte wie auch bei der EPS-Variante mittels Glaserverfahren, das den Ausfall von Tauwasser in der Konstruktion untersucht.

2.10.1 Annahmen

Ebenso wie für die Berechnung der EPS-Variante wurden: Standort Klagenfurt, eine Leckage (mit $0,59\text{mm/m}^2$) und eine relative Innenluftfeuchte von 65% angenommen. Die berechneten Ergebnisse liegen auch hier auf der sicheren Seite.

Im weiteren Verlauf wurden die folgenden Aufbauten feuchtetechnische untersucht:

	Material	d in m	λ in W/mK	μ_0	μ_{30}	μ_{70}	μ_{100}
AUSSEN	best wood WALL 140	0,02	0,04	3	3	3	3
	Stahlbeton	0,2	0,04	130	25	10	80

Abbildung 26: Variante ohne Innen- und Außenputz

	Material	d in m	λ in W/mK	μ_0	μ_{30}	μ_{70}	μ_{100}
AUSSEN	Kalk-Einbettmörtel	0,01	0,8	12	12	12	12
	best wood WALL 140	0,02	0,04	3	3	3	3
	Kalk-Einbettmörtel	0,01	0,8	12	12	12	12
	Stahlbeton	0,2	2,3	130	115	95	80
INNEN	Kalk-Innenputz	0,01	0,8	12	12	12	12

Abbildung 27: Variante mit Innen- und Außenputz

Für alle Varianten werden die Berechnungen einmal ohne und einmal mit Anfangsfeuchte (Baufeuchte) von 1 kg/m^2 in der Außenputzschicht simuliert.

2.10.2 Nachweise

Für die beiden Varianten wurden die Nachweise der resultierenden Kondensatmengen geführt. Die Ergebnisse der Berechnungen sind in Abbildung 28 und Abbildung 29 für jeweils den Verlauf von drei Jahren dargestellt.

Bei der betrachteten Variante ohne Innen- und Außenputz liegen sowohl bei der Betrachtung ohne als auch mit Anfangsfeuchte im Außenbereich die Werte der resultierenden Kondensatmenge bei 0 kg/m^2 .

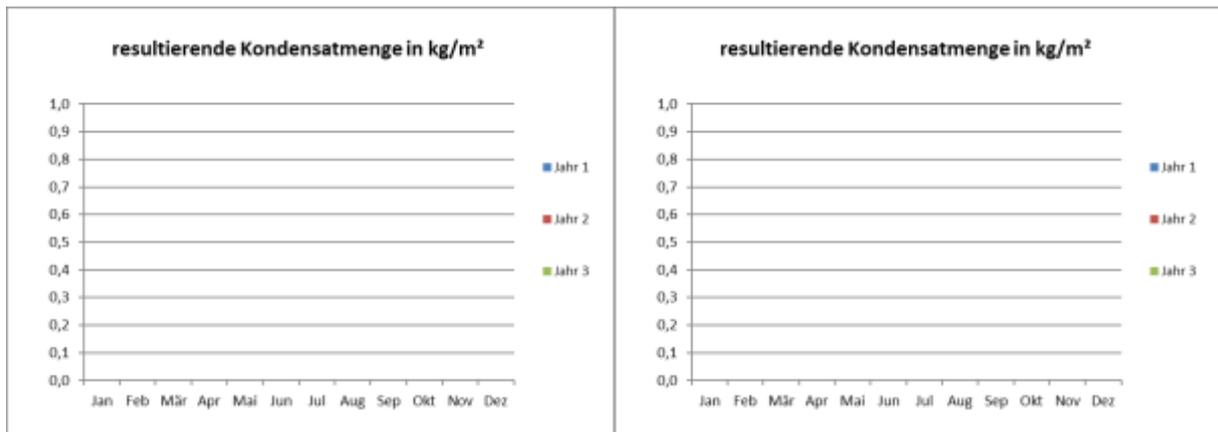


Abbildung 28: Variante ohne Putz – Nachweis der Kondensatmenge; links: ohne Feuchteintrag; rechts: Feuchteintrag als Anfangsfeuchte von 1kg/m^2 in der Außenschicht

Die berechneten resultierenden Kondensatmengen für die Variante mit Verputz sind für den Fall ohne Feuchteintrag und mit Feuchteintrag (Baufeuchte) in Abbildung 29 dargestellt. Mit sowie ohne Feuchteintrag am Anfang wurde keine Kondenswasserbildung festgestellt.

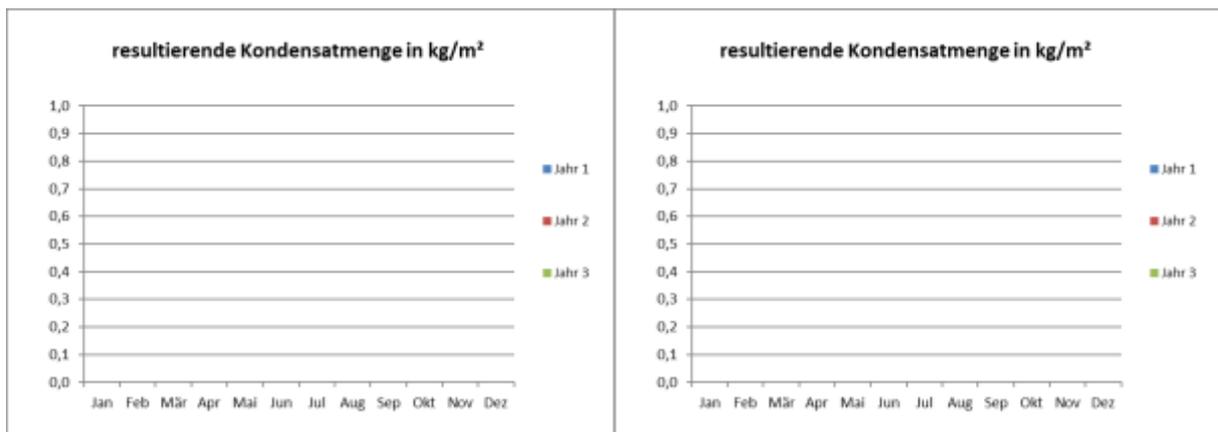


Abbildung 29: Variante mit Putz – Nachweis der Kondensatmenge; links: ohne Feuchteintrag; rechts: Feuchteintrag als Baufeuchte von 1kg/m^2 in der Außenschicht (Außenputz)

2.11 Holzfaser: Prototyp-Erstellung

In Zusammenarbeit mit einer Firma, die ökologische Baumaterialien vertreibt, konnte ein Prototyp aus Holzfaser gefertigt werden. Dieser weist die gleichen Abmessungen wie die in der Simulation angenommenen auf und ist in Abbildung 30 zu sehen. Dieser Prototyp konnte bisher nicht Insitu getestet werden.



Abbildung 30: Prototyp eines in eine Holzfaser-Dämmplatte integrierbaren Nistkastens

Eine Kurzbeschreibung mit Informationen bzgl. der Eigenschaften des konzipierten Nistkastens aus Holzfaser und dessen Montage sind im Anhang enthalten.

2.12 Holzfaser: Fazit

Die untersuchten Varianten sind zur Anwendung in drei unterschiedlichen Dämmstärken (16 cm, 18 cm und 20 cm) vorgesehen. Es ergeben sich in Abhängigkeit der Dämmstärke und der erforderlichen Mindeststärke des Dämmmaterials an der Vorder- und Rückseite der Nistkastenaussparung von jeweils 2 cm entsprechend unterschiedliche Tiefen des Nistkastens (12 cm, 14 cm bzw. 16 cm). Alle drei vorgestellten Varianten erfüllen die unter 2.1 erläuterten Anforderungen.

Die Holzfaser-Dämmplatte in 18 cm-Stärke mit integriertem Nistkasten ist in Abbildung 31 und Abbildung 32 dargestellt.

Zu sehen ist einmal die Dämmplatte sowie die verputzte Variante, so wie sie nach Einbau an der Fassade aussieht. Der empfohlene Außenputz ist ein Kalkfeinputz, dessen Armierung die Verbindung der eingesetzten Vorderseite des Nistkastens und der umgebenden Dämmplatte sicherstellt. Der Innenraum des Nistkastens ist vollständig mit Kalk-Einbettmörtel mit einer Stärke von je rund 5 mm ausgekleidet.

Auch der Nistkasten der Holzfaser-Variante wird auf die Baustelle bereits direkt integriert in einer entsprechenden Dämmplatte geliefert. Diese Platte weist die gleichen Abmessungen wie die sonst zur thermischen Dämmung in Bauprojekten verwendeten Platten auf, weswegen der Einbau baupraktisch ohne Mehraufwand erfolgen kann. Die Befestigung und Installation der Platte mit integriertem Nistkasten erfolgt demnach ebenso wie die der übrigen „Standard“-Dämmplatten.



Abbildung 31: Holzfaser-Dämmplatte mit integriertem Nistkasten (links: unverputzt; rechts: verputzt)

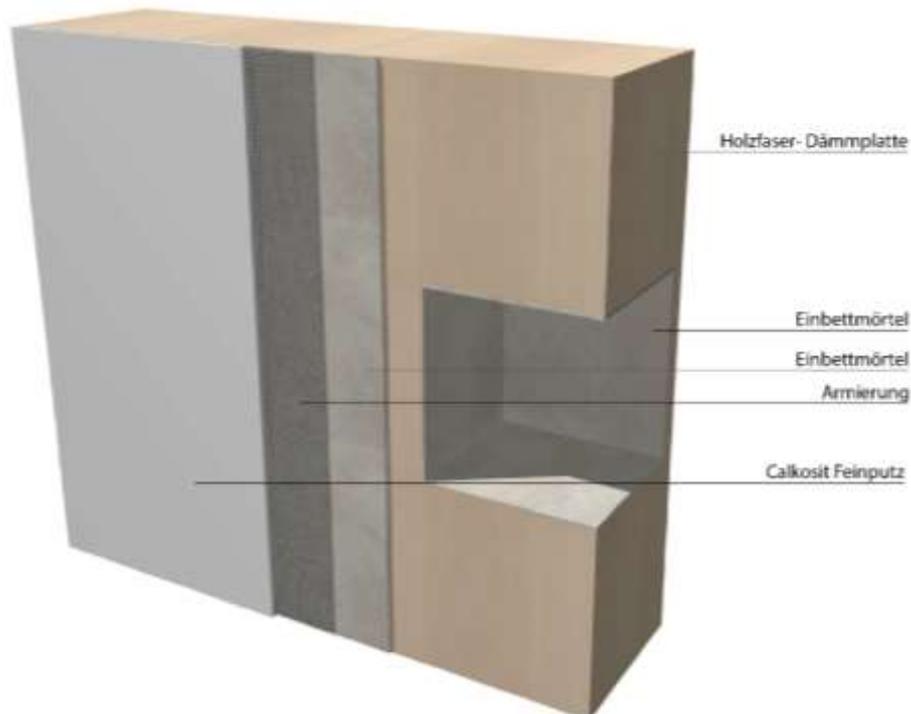


Abbildung 32: Schnitt durch den in die Holzfaser-Dämmplatte integrierten Nistkasten

3 Temperaturmessungen und Auswertungen

Zusätzlich zu den durchgeführten Simulationen und den Konzipierungen der integrierbaren Nistkästen wurden auch Messungen der Temperatur und der relativen Feuchtigkeit in einem bestehenden Nistkasten im Innenhof des Schulhauses in der Schäffergasse/Kleinschiedgasse im 4. Wiener Gemeindebezirk durchgeführt. Ebenso wurden wie unter Abschnitt 2.6 beschrieben auch in den entwickelten EPS-Nistkasten zwei Sensoren eingebaut und die Messdaten ausgewertet. In den Nistkästen in der Schäffergasse, in denen die Temperatur- und Luftfeuchtheitsmessdaten erhoben wurden, wurden ebenso Aufnahmen mittels Endoskop-Kamera durchgeführt.

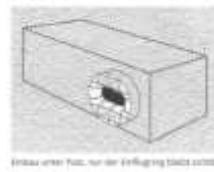
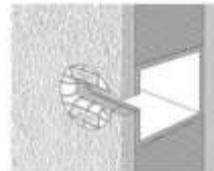
3.1 Messstandort Schäffergasse 1040 Wien

In die Fassade dieser Schule sind insgesamt sechs Nistkästen integriert. Durch ihre Lage direkt unter dem Fenster im vierten Geschoß des Gebäudes sind diese leicht erreichbar. Es handelt sich um Nistkästen für Mauersegler der Firma Schwegler, wie in Abbildung 33 dargestellt. Die Befestigung erfolgt mittels einer Verschraubung über eine Schiene, die mit Flügelschrauben an dem Nistkasten befestigt ist. Das Modell eignet sich sowohl zur nachträglichen Anbringung an der Außenfassade oder auch zum direkten Einbau bei Neubauten. Es besteht aus asbestfreien Pflanzenfaserbeton und SCHWEGLER-Holzbeton. Die Befestigungselemente sind galvanisch verzinkt. [7] Die detaillierte bauphysikalische Untersuchung dieses Nistkastens erfolgte in der ersten Projektphase und wurde in Berichtform zusammengefasst.

Die Außenwand des Schulgebäudes besteht aus einer 25 cm dicken Ziegelmauer, die mit einer 16 cm Dämmschicht (WDVS) gedämmt ist.



Mauersegler-WDV-Einbaukasten-1a



Einbau unter Putz, nur der einfliegende Spalt sichtbar

Abbildung 33: Sechs Mauersegler Nistplätze an der Schulfassade in der Schäffergasse im 4. Bezirk [Bildquellen: links: Stocker; rechts: http://www.schwegler-natur.de/portfolio_1408366639/mauersegler-wdv-einbaukasten-1a/]

Um das Klima im Nistkasten zu erheben und mit dem Außenklima zu vergleichen, wurde in der ersten Projektphase ein RTR-Messgerät (Temperatur + Feuchte Sensor) in einem Nistkasten installiert. Für die zweite Projektphase wurde ebenso ein zweiter Sensor in einem weiteren Nistkasten installiert, um Vergleichsdaten zu erheben. Die Lage der beiden Sensoren ist in Abbildung 35 markiert. Es handelt sich dabei um einen Funkdatenlogger für Langzeitmessungen. Um Wetterdaten für das Außenklima zu erhalten, wurde ein RTR-Messgerät direkt am Standort installiert. Aufgrund der Gegebenheiten vor Ort war jedoch lediglich eine Installation dieses Außensensors auf der Terrasse auf der anderen Gebäudeseite möglich, wie in Abbildung 36 dargestellt.

Das Ziel dieser Messungen ist es herauszufinden, ob im Nistkästchen Außenklima herrscht oder eine etwas oder viel höhere Temperatur bzw. ein anderes Mikroklima. Abbildung 34 zeigt den Messaufbau im Nistkasten.



Abbildung 34: RTR Messgerät für Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit in Nistkasten installiert



Abbildung 35 Nistkästen Schöffergasse im 4.Obergeschoß mit RTR-Messgerät



Abbildung 36: Messstation zur Erhebung der Lufttemperatur und relativen Luftfeuchtigkeit im Außenbereich mit Strahlenschutzschirm auf der Terrasse der anderen Gebäudeseite

In Abbildung 37 ist für eine ausgewählte Zeitspanne die Temperatur und die relative Luftfeuchtigkeit im Nistkasten sowie das Außenklima dargestellt.

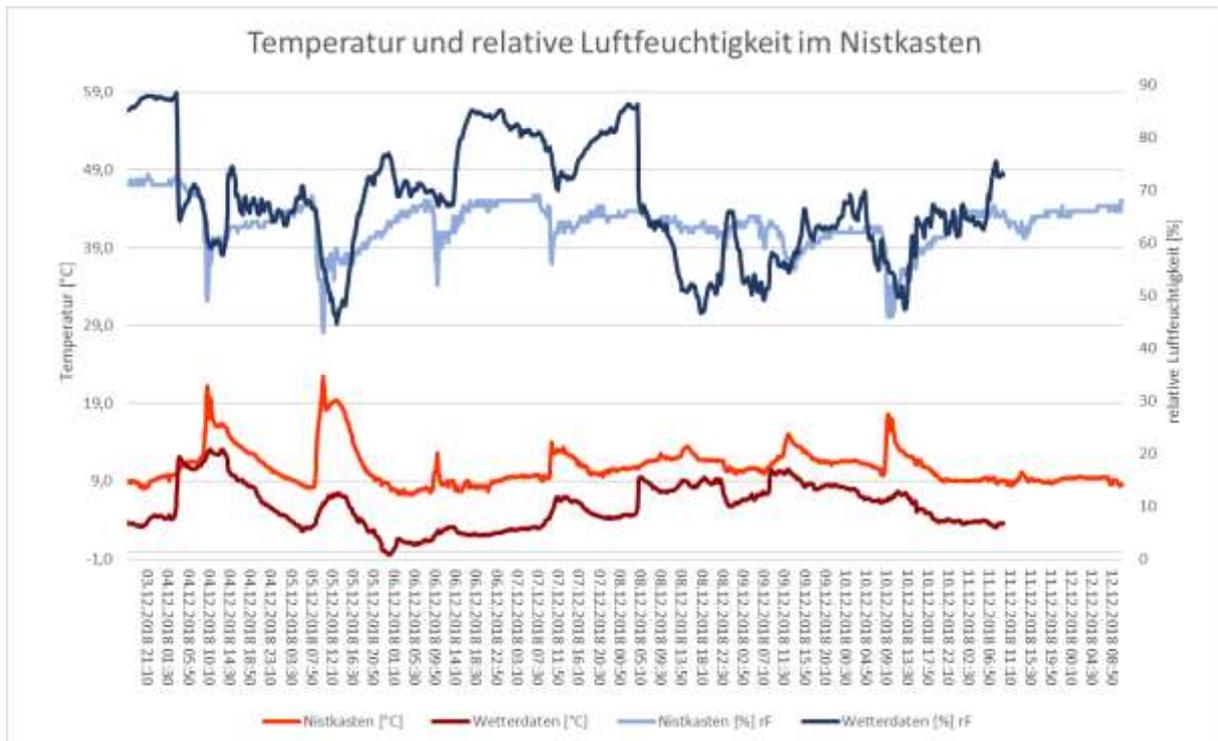


Abbildung 37: Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit im Nistkasten Modell Schwegler vom 03.12 bis 12.12.18

In Tabelle 3 sind die Minimal-, die Maximal- sowie die Mittelwerte der Temperatur und relativen Luftfeuchtigkeit im Nistkasten im Überblick dargestellt. Es ist zu erkennen, dass die Lufttemperatur im Nistkasten weder am Tag noch in der Nacht unter 7,2 °C sinkt. Das Mittel liegt bei ca. 10,8 °C. Die Temperatur im Nistkasten ist um durchschnittlich 5,3 °C höher als die Außentemperatur.

Tabelle 3: MIN/MAX und Mittelwerte der Temperatur und relativen Luftfeuchtigkeit im Nistkasten

		Temperatur in °C	relative Luftfeuchtigkeit in %
Gesamt	MIN	7,2	43
	MAX	22,5	73
	MITTELWERTE	10,8	63,7
Tag (07:30- 16:00)	MIN	7,6	43
	MAX	22,5	70
	MITTELWERTE	12,2	61,3
Nacht (16:00- 07:30)	MIN	7,2	56
	MAX	15,7	73
	MITTELWERTE	10,1	64,9

3.2 Auswertung der Messdaten – Winter 2018/2019

In der Schäffergasse wurden seit Dezember 2018 Daten erhoben. Zunächst nur in einem Nistkasten, ab März 2019 wurde im Zuge der 2. Projektphase in einem zweiten Nistkasten ebenfalls ein Funkdatenlogger installiert, um Vergleichswerte zu erhalten. Im Folgenden sind die Daten des Nistkasten 1 im kältesten Monat Jänner dargestellt.

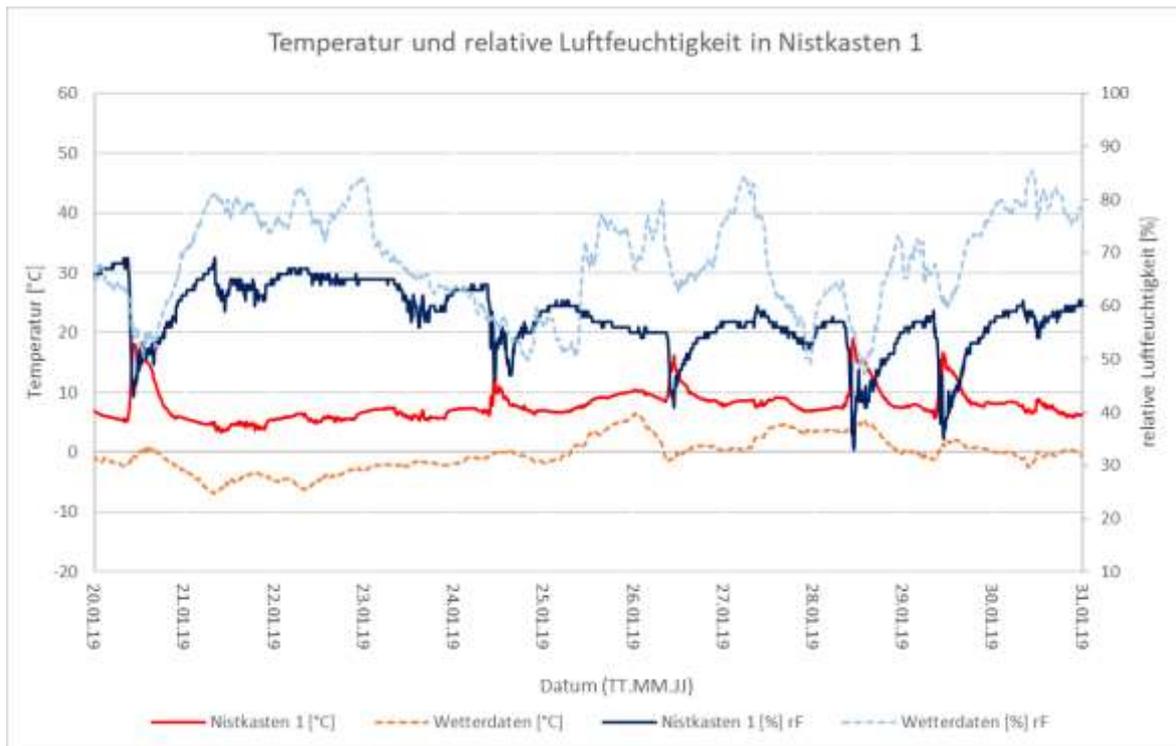


Abbildung 38 Lufttemperatur und relative Luftfeuchtigkeit – Schäffergasse 1040 – 20.–31.Jänner 2019 – Nistkasten 1

Betrachtet wurde der kälteste Monat im Jahr mit einer mittleren Temperatur von 1,7 °C und einer mittleren relativen Luftfeuchtigkeit von 65,2 %. Abbildung 38 zeigt die Periode mit den niedrigsten Lufttemperaturen innerhalb dieses Monats. Der kälteste Tag wurde mit -6,9 °C Mindesttemperatur gemessen. Die Temperatur innerhalb des Nistkastens sank allerdings nie unter 3 °C. Die durchgeführten Simulationen liegen demnach immer auf der sicheren Seite, mit den normgemäß angenommenen Temperaturen im Inneren des Nistkastens.

Das Temperaturmaximum im Nistkasten lag während des Monats Jänner bei 24,2 °C, während die gemessene Außenlufttemperatur 12,7 °C nicht überstieg. Die relative Luftfeuchtigkeit im Nistkasten lag im Mittel bei 57,5 %. Der Maximalwert lag bei 65,2 % und bleibt somit stets unter 80 %, sodass eine Schimmelbildung im Nistkasten ausgeschlossen werden kann.

Die Nistkästen sind nach Südosten ausgerichtet und sind dadurch direkter Sonneneinstrahlung ausgesetzt, die in Abbildung 38 erkennbaren Spitzenwerte sind vermutlich auf diese zurückzuführen. Die Temperaturwerte der Nistkästen sind stets höher als die gemessene Außentemperatur. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Außentemperatur auf der gegenüberliegenden Gebäudeseite gemessen wurde.

In Abbildung 39 ist ein Aufheizen über den Tagesverlauf zu erkennen, die Temperaturspitzen erstrecken sich über einen Tag. Die Temperatur im Nistkasten reagiert auf Änderungen in der Außentemperatur sofort, jedoch sind die Temperaturen im Nistkasten weniger starken Schwankungen ausgesetzt.

Die durchgeführten Simulationen in der ersten Projektphase sowie auch in der zweiten Projektphase basieren auf der Annahme von Außentemperatur im Nistkasteninneren. Sie liegen demnach bezogen auf die Simulation der durch den Nistkasten verursachten Wärmebrücken auf der sicheren Seite.

Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit in Nistkasten 1

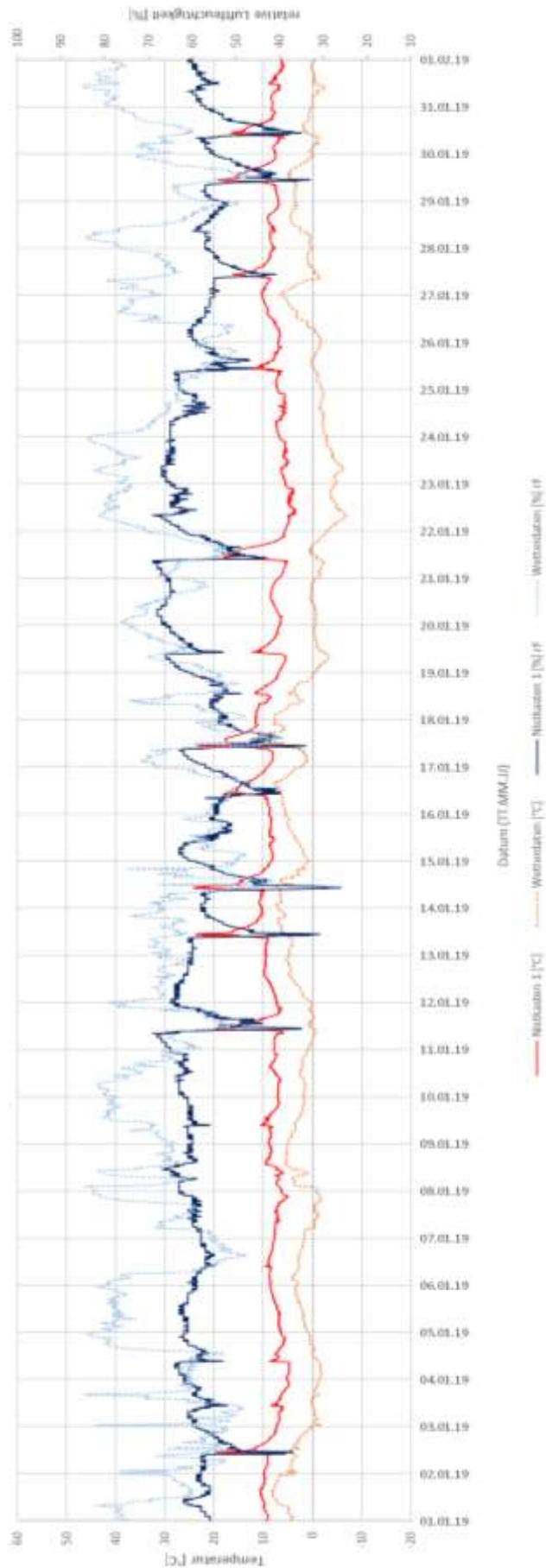


Abbildung 39 Lufttemperatur und relative Luftfeuchtigkeit – Schöffergasse 1040 –Jänner 2019 – Nistkasten 1

3.3 Auswertung der Messdaten – Sommer 2019

Über die im Projekt geplanten Untersuchungen hinausgehend wurden ebenso Messungen der Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit im Sommer durchgeführt und ausgewertet.

Es werden sowohl die Messdaten der zwei Sensoren aus den Holzbeton-Nistkästen in der Schäffergasse sowie auch die Messdaten der beiden Sensoren aus dem EPS-Nistkasten-Prototypen aus der Mautner-Markhof-Gasse analysiert. Die höchsten Temperaturen im Sommer wurden in den Monaten Juni und Juli gemessen.

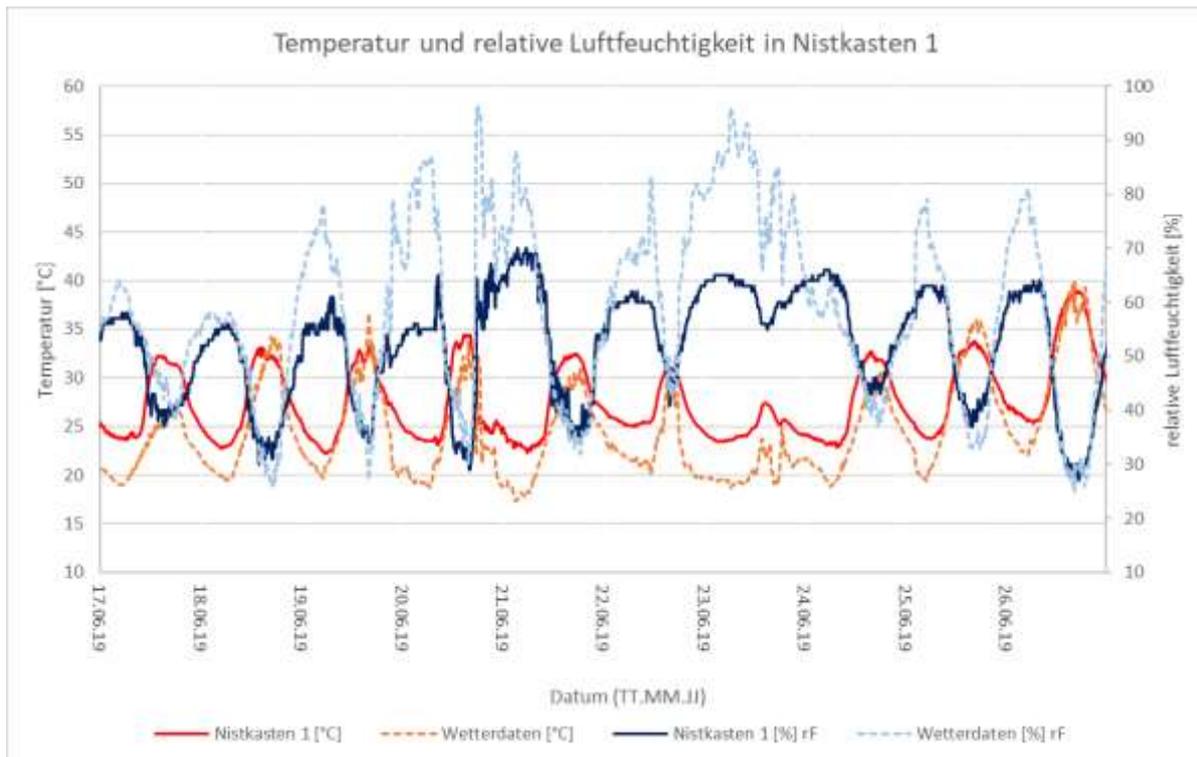


Abbildung 40 Lufttemperatur und relative Luftfeuchtigkeit – Schäffergasse 1040 – 17.–26. Juni 2019 - Nistkasten 1

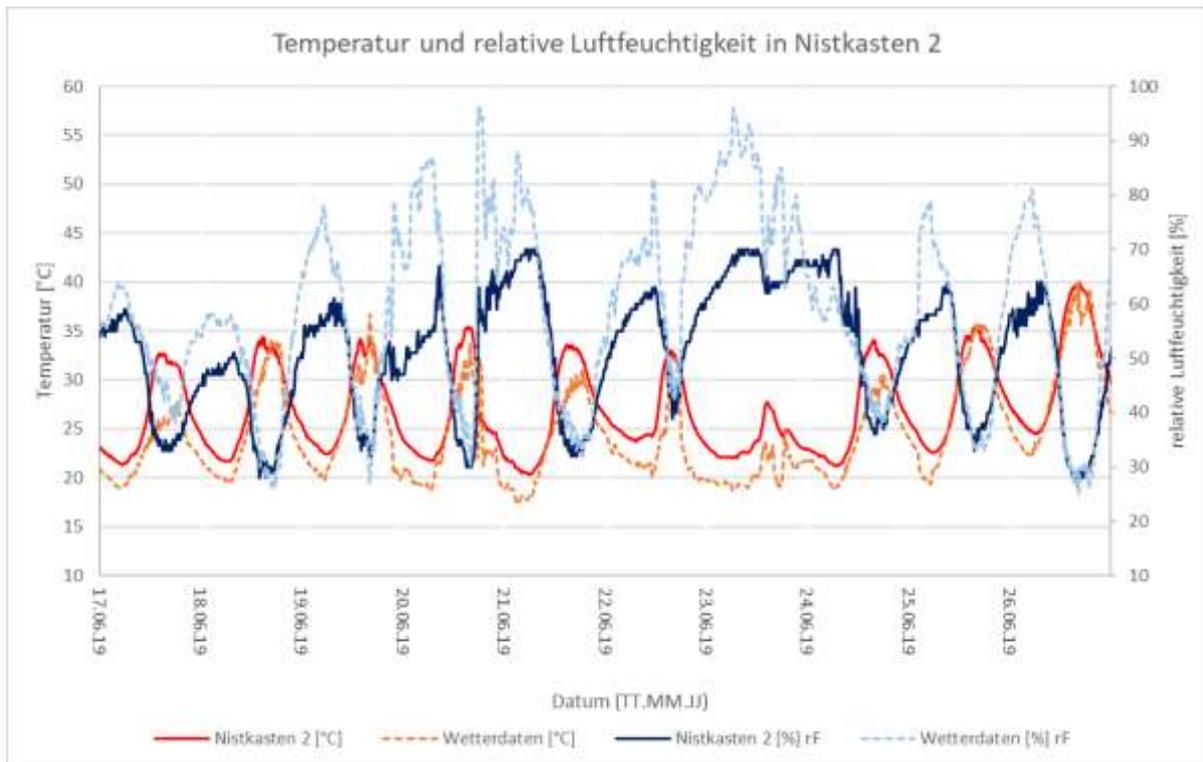


Abbildung 41 Lufttemperatur und relative Luftfeuchtigkeit – Schäffergasse 1040 – 17.–26. Juni 2019 - Nistkasten 2

In Abbildung 40 und Abbildung 41 ist eine signifikante 10-Tage-Periode im Monat Juni für Nistkasten 1 und Nistkasten 2 am Standort Schäffergasse dargestellt. Der Maximalwert der Außentemperatur lag bei 41,1 °C, die Temperaturen in den Nistkästen lagen im selben Bereich, wobei Nistkasten 1 eine Maximaltemperatur von 40,1 °C und Nistkasten 2 eine Maximaltemperatur von 41,0 °C aufwies. Im Mittel über den Monat Juni liegt die Temperatur in den Nistkästen bei 27,9 °C in Nistkasten 1 und 27,6 °C in Nistkasten 2 und liegt somit in etwa 2 °C über der mittleren Außentemperatur mit 25,4 °C. Dabei ist allerdings festzuhalten, dass die Außen-Temperaturmessung auf der den Nistkästen gegenüberliegenden Gebäudeseite erfolgte wie in Abbildung 36 dargestellt.

In weiterer Folge des Projekts ist die Temperatur in den Nistkästen einer detaillierteren Betrachtung zu unterziehen, da sich junge Mauersegler bei zu großer Hitze infolge von Hitzestress aus den Nestern stürzen, siehe dazu Kapitel 5.

Im 2. Nistkasten wurden, nach Aussage von Herrn Stocker (Zoologe), nach Untersuchungen mit einer Endoskop-Kamera Vogelspuren entdeckt (siehe Anhang). Es sind jedoch keine Auswirkungen auf die Temperatur als auch auf die relative Luftfeuchtigkeit in den Messdaten zu erkennen. Es ist außerdem anhand der Kameraaufnahmen nicht möglich, eine Aussage über die Zeiträume zu treffen, in denen sich möglicherweise Vögel im Nistkasten befunden haben.

Die relative Luftfeuchtigkeit der beiden Nistkästen unterscheidet sich nicht. Der Maximalwert liegt bei 70 % für beide Nistkästen.

Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit in Nistkasten 1

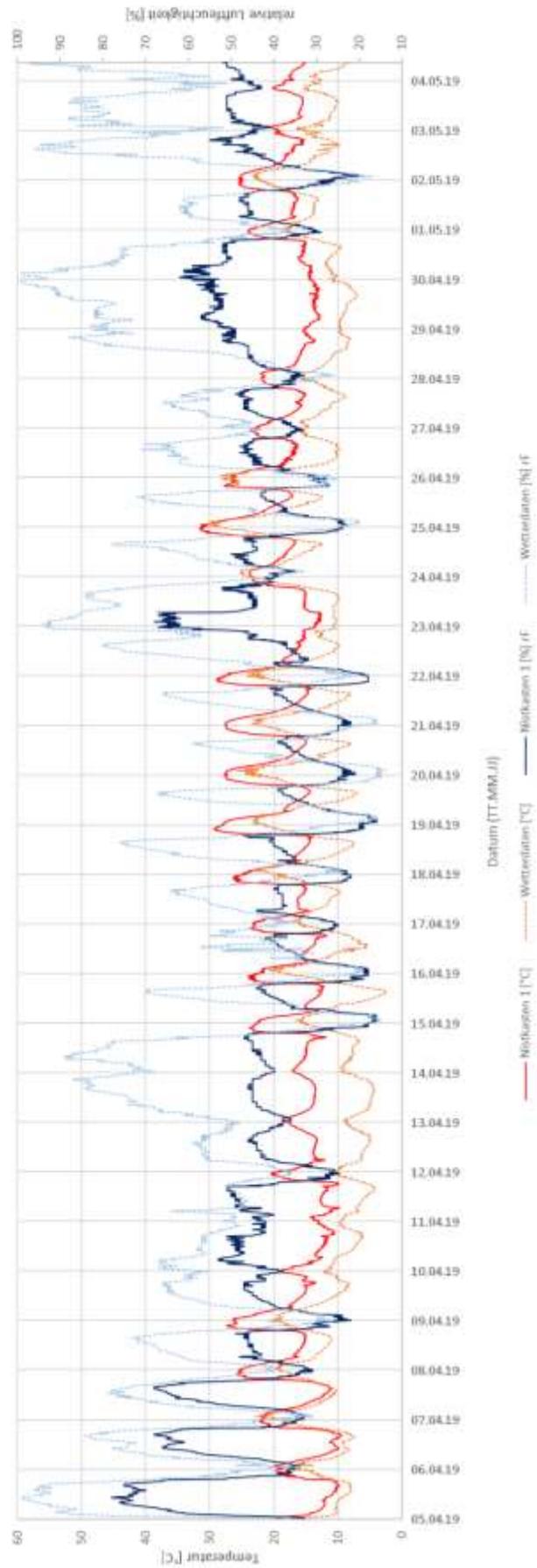


Abbildung 42 Lufttemperatur und relative Luftfeuchtigkeit – Schöffergasse 1040 – April 2019 – Nistkasten 1

Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit in Nistkasten 1

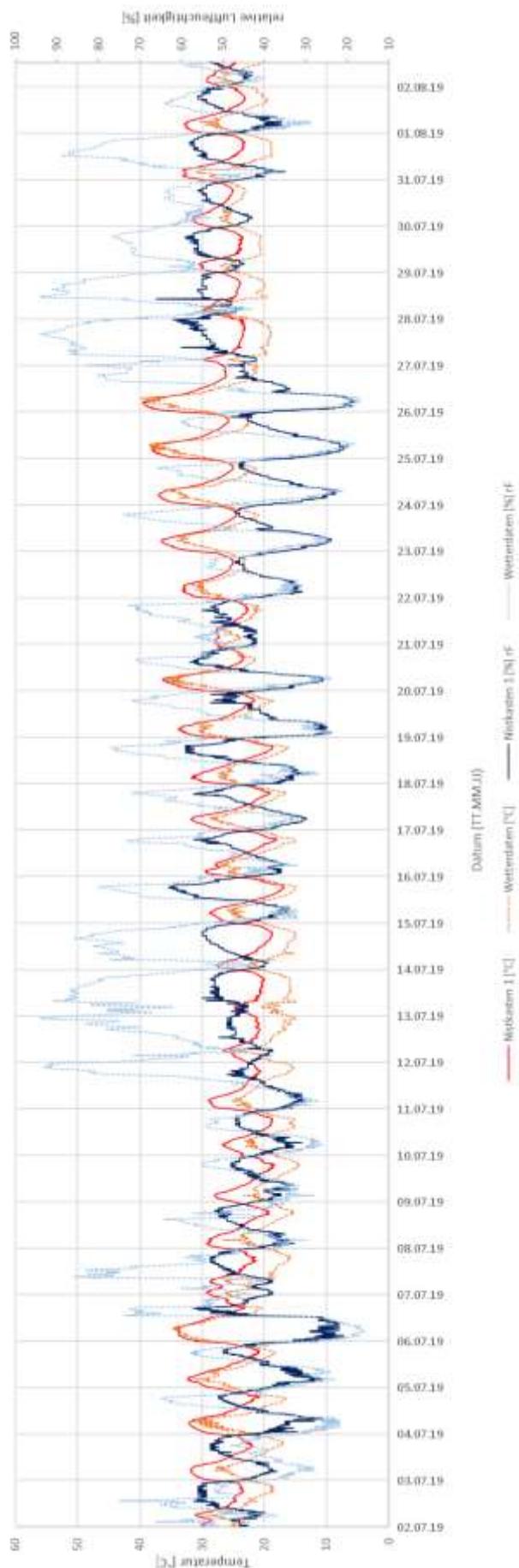


Abbildung 43 Lufttemperatur und relative Luftfeuchtigkeit – Schöffergasse 1040 – Juli 2019 – Nistkasten 1

In Abbildung 42 und Abbildung 43 sind die Monate April und Juli am Standort Schäffergasse für Nistkasten 1 dargestellt.

Im April liegt die gemessene Außentemperatur im Mittel bei 12,1 °C. Die Temperatur ist allerdings typisch für diesen Monat starken Schwankungen ausgesetzt. Die gemessene Mindesttemperatur lag bei 2,5°C, der gemessene Maximalwert lag bei 30,3 °C. Die Temperatur im Nistkasten reagierte auf diese Schwankungen ohne Zeitverzögerung, jedoch mit einer niedrigeren Schwankungsbreite. So lag der gemessene Maximalwert im Nistkasten bei 31,6 °C, der Minimalwert allerdings lag bei 9,5 °C, was deutlich über dem Minimalwert der Außentemperatur liegt. Der Mittelwert liegt bei 17,2 °C und ist somit um etwa 5 °C höher als die mittlere Außentemperatur. Im Vergleich ist die durchschnittliche Temperatur im Nistkasten 2 etwas geringer mit 15,6 °C.

Die relative Luftfeuchtigkeit im Nistkasten lag bei einem Maximalwert von 78 %, im Mittel lag die relative Luftfeuchtigkeit bei 42,2 %.

Im Juli lag die mittlere Außentemperatur bei 22,8 °C, der Maximalwert erreichte einen Wert von 39,9 °C. Die Mittlere Temperatur im Nistkasten lag bei 26,0 °C und ist somit um etwa 3 °C höher als die Außentemperatur, die auf der anderen Gebäudeseite erhoben wird. Im Vergleich mit dem Monat Juli entsprechen die Unterschiede in der Temperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit den verschiedenen klimatischen Bedingungen der Jahreszeiten.

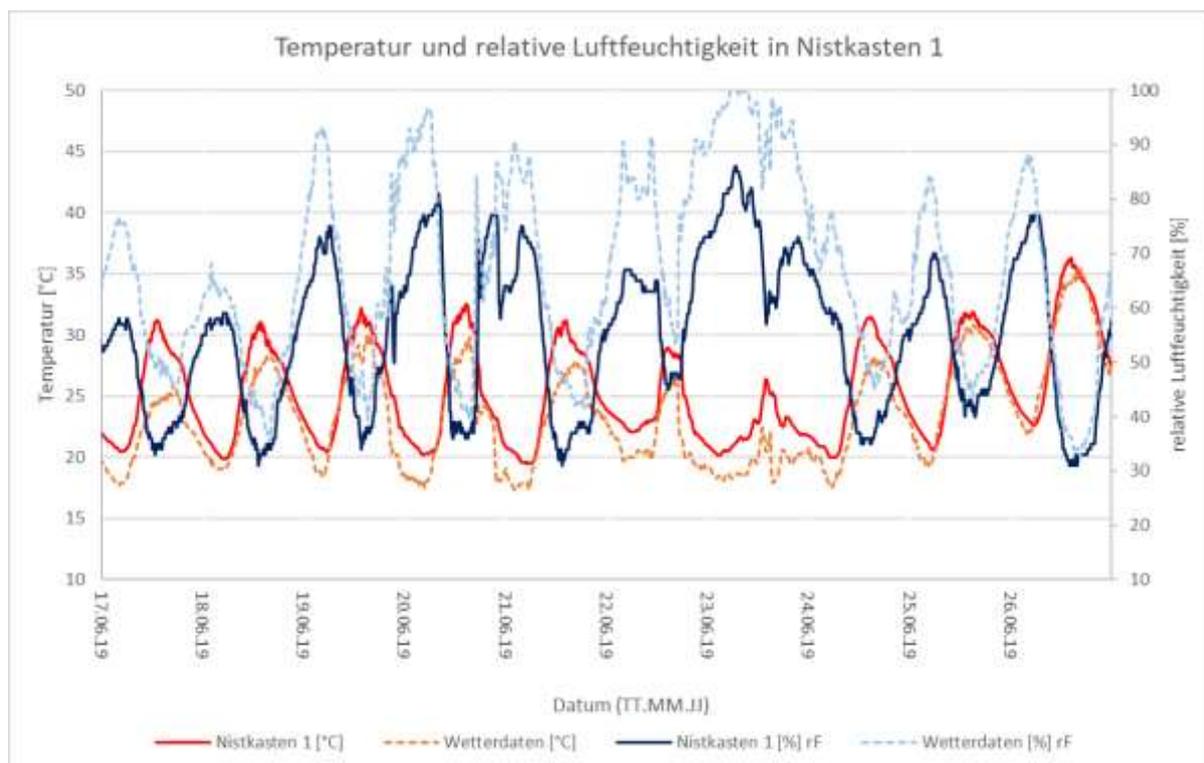


Abbildung 44 Lufttemperatur und relative Luftfeuchtigkeit – Mautner-Markhof-Gasse 1110 – 17.–26. Juni 2019 - Nistkasten 1

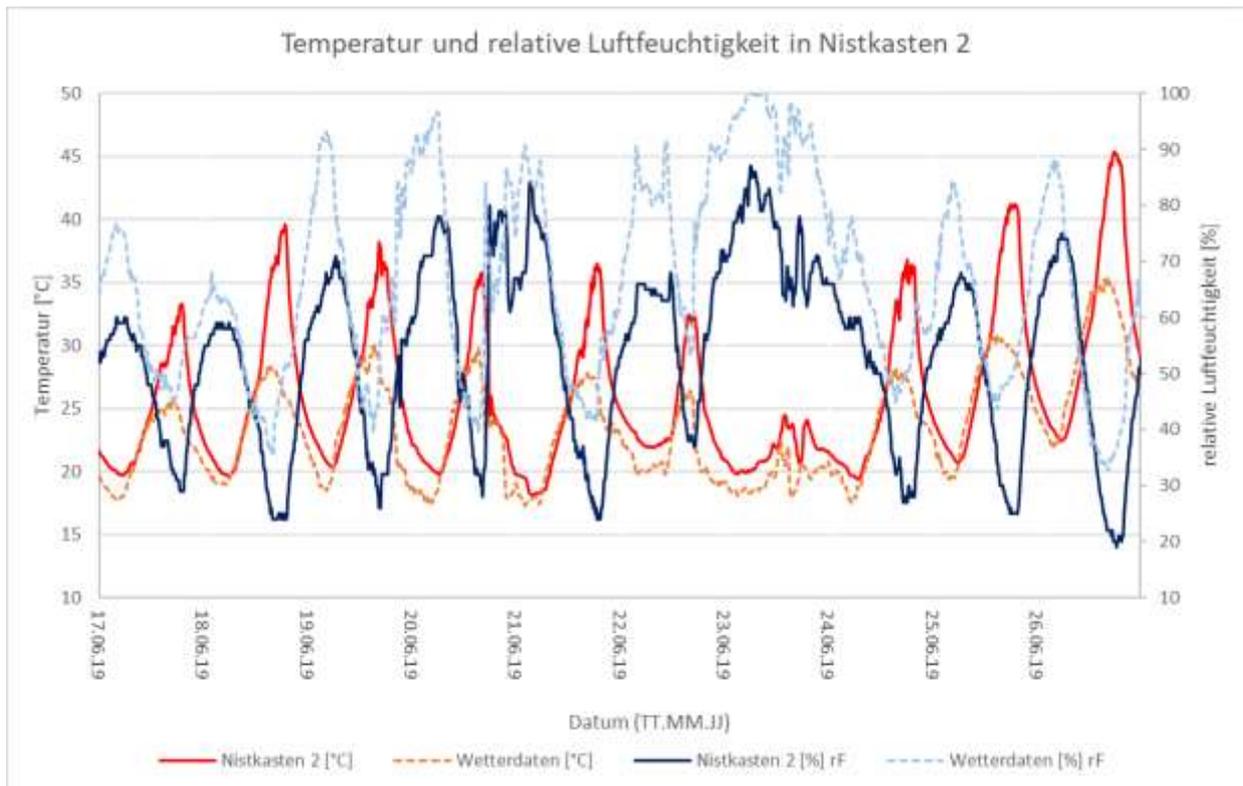


Abbildung 45 Lufttemperatur und relative Luftfeuchtigkeit – Mautner-Markhof-Gasse 1110 – 17.–26. Juni 2019 - Nistkasten 2

Zum Vergleich mit dem Standort Schäffergasse stellen Abbildung 44 und Abbildung 45 die gleiche 10-Tage-Periode im Monat Juni am Standort Mautner-Markhof-Gasse für Nistkasten 1 und Nistkasten 2 dar. Die Außentemperatur wurde am Standort Universität für Bodenkultur gemessen, der Maximalwert lag bei 36,6 °C. Die Maximaltemperatur bei Nistkasten 1 liegt bei 37,4 °C, bei Nistkasten 2 bei 45,4 °C. Die Temperaturen der beiden Nistkästen unterscheiden sich im Maximalwert demnach um etwa 8 °C. Dies ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass Nistkasten 1 auf der Ostseite des Gebäudes montiert wurde und Nistkasten 2 auf der Südseite. Auch ist erkennbar, dass die Temperatur in Nistkasten 2 bei jedem Temperaturanstieg deutlich höher ist als die Außentemperatur, die am Standort BOKU erhoben wird. Die maximale Differenz liegt bei 18,7 °C. Der Maximalwert der relativen Luftfeuchte liegt bei beiden Nistkästen über 80 % - 86 % bei Nistkasten 1 und 87 % bei Nistkasten 2. Abzuleiten ist hieraus, dass eine Installation der Nistkästen an der Südseite bzw. an Fassadenstellen mit direkter anhaltender Sonneneinstrahlung vermieden werden sollte.

Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit in Nistkasten 1

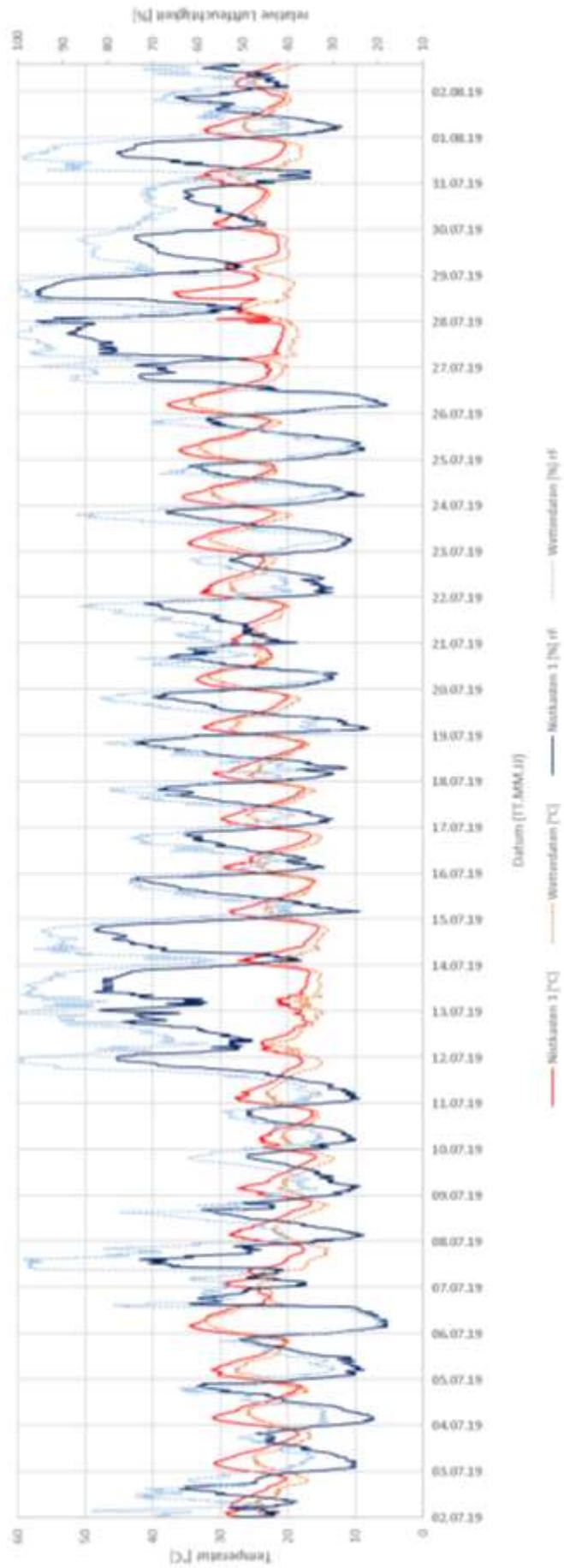


Abbildung 46 Lufttemperatur und relative Luftfeuchtigkeit – Mautner-Markhof-Gasse 1110 – Juli 2019 – Nistkasten 1

Am Standort Mautner-Markhof-Gasse wurden von Anfang Mai bis Ende Juli Daten erhoben. In Abbildung 46 sind die Auswertungen für Nistkasten 1 im Monat Juli dargestellt.

Die Maximaltemperatur im Nistkasten beträgt 37,9 °C, im Mittel lag die Temperatur bei 24,3 °C. Die Luftfeuchtigkeit im Nistkasten lag an mehreren Tagen im Monat über 80 %, mit einem Maximalwert von 96 %.

4 Veröffentlichung

Die Zwischenergebnisse dieses Projekts wurden in Absprache mit dem Auftragsgeber sowohl auf der Homepage des Forschungsbereichs Ökologische Bautechnologien TU Wien veröffentlicht [8] sowie in einem wissenschaftlichen Journal publiziert. Der Artikel zu diesem Projekt unter dem Titel „Nistplätze für Gebäudebrüter – Untersuchung bestehender und Entwicklung optimierter Fassadennistkästen“ wurde im größten deutschsprachigen Fachjournal, Bauphysik, veröffentlicht [9].

5 Fazit und Ausblick

Im Rahmen des Projekts „Untersuchung von Nistplätzen an Fassaden und Konzeptentwicklung eines bauphysikalisch optimierten Fassadennistplatzes“ konnten bereits wichtige Erkenntnisse zu bereits bestehenden und Konzepte für integrierbare Nistplätze für Gebäudebrüter gewonnen werden.

So wurden in der ersten Projektphase für bestehende Nistkästen die durch Befestigung an der Fassade entstehenden Wärmebrücken untersucht und die wärmebrückenminimierende Befestigung simuliert und konzipiert. In-situ-Temperaturmessungen in einem bereits installierten Nistkasten aus Holzbeton wurden durchgeführt und für den Winterzeitraum analysiert. Diese Ergebnisse wurden im Zwischenbericht zusammengestellt und erläutert. In der zweiten Projektphase wurden Konzepte für in die Wärmedämmung integrierte Nistkästen aus EPS und Holzfaser entwickelt und ein erster Prototyp aus EPS konnte bereits an einem Gebäude getestet werden. Außerdem wurden detaillierte Analysen der in den Nistkästen erhobenen Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsdaten durchgeführt.

Die bauphysikalischen und baupraktischen Anforderungen an die neu konzipierte Nistplatzvariante können erfüllt werden. Bezogen auf die tierwohlbedingten Anforderungen an den Nistplatz kann jedoch lediglich theoretisch eine Aussage getroffen werden. Die Abmessungen der Einflugöffnung sowie die Innenabmessungen entsprechen Nistplatzlösungen, von denen bekannt ist, dass diese von den Mauerseglern angenommen werden. Um diese theoretisch getätigten Aussagen auch praktisch zu bestätigen, wäre eine Überprüfung der Annahme der neu konzipierten Variante durch die Mauersegler notwendig. Die Konzipierung der bauphysikalisch optimierten Nistkästen ist abgeschlossen und somit die Projektziele erreicht. Die Erfüllung aller Anforderungen an den neuen Nistplatz aus den verschiedenen Bereichen, vor allem Tierwohl, kann allerdings im Rahmen dieses Projekts nicht endgültig bestätigt werden. Auch für die Variante aus Holzfaser fehlt bisher eine Erstanwendung des entwickelten Prototyps.

Aufbauend auf diesem Projekt ergeben sich daher noch offene Fragen bezogen auf die Umsetzung von Nistkästen für Gebäudebrüter in und an der Fassade die im Rahmen eines Folgeprojektes beantwortet werden sollten. Um Aussagen über die Funktionsweise des konzipierten integrierbaren Nistkastens aus Holzfaser-Dämmstoff zu erhalten, sollte dieser Prototyp als ökologische Variante installiert und ganzjährige In-situ-Messungen (Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit) durchgeführt werden.

Da sich bei großer Hitze im Nistkasten junge Mauersegler bei der Suche nach Abkühlung aus dem Nest stürzen, bestehen bezogen auf die sommerliche Überwärmung in den Nistkästen, noch offene Fragen,

was eine genauere Betrachtung erfordert. Die Überhitzung im Sommer ist demnach in jedem Fall zu vermeiden und es sollten detaillierte Temperaturmessungen im Sommer in Nistkästen in verschiedenen Ausführungsvarianten (Holzbeton in Wärmedämmung integriert & aufgesetzt, Holzfaser & EPS in Wärmedämmung integriert) durchgeführt werden, um die Nistmöglichkeiten entsprechend anpassen und positionieren zu können.

Um eine endgültige Validierung der bauphysikalischen Simulation zu ermöglichen, sollten Temperaturmessungen an der Innenoberfläche im angrenzenden Raum durchgeführt werden. Dies dient der Absicherung der Aussagen bezogen auf mögliche Schimmelproblematik und als Vergleich der Einbausituation der beiden Varianten (EPS und Holzfaser) sowie der bestehenden Holzbeton-Nistkästen. Messdaten zu allen für diese Fragestellung relevanten Jahreszeiten (Herbst, Winter, Frühling) sollten dazu an mindestens fünf Standorten für verschiedene Nistkasten-Varianten erhoben werden. Außerdem sind In-situ-Messungen des Mikroklimas in Nistkästen an drei verschiedenen Orten im Vergleich besiedelt und unbesiedelt in verschiedenen Ausführungsvarianten des Nistkastens notwendig. Folgende Parameter sollen durch diese Untersuchungen bestimmt, analysiert und verglichen werden: Temperatur und Luftfeuchtigkeit, CO₂- und O₂-Konzentration, Luftschadstoffe wie z.B. VOC.

Anhand dieser weiterführenden Untersuchungen können weitere Nistkastenvarianten erprobt und für praxistaugliche, dauerhafte Anwendung geschaffen werden.

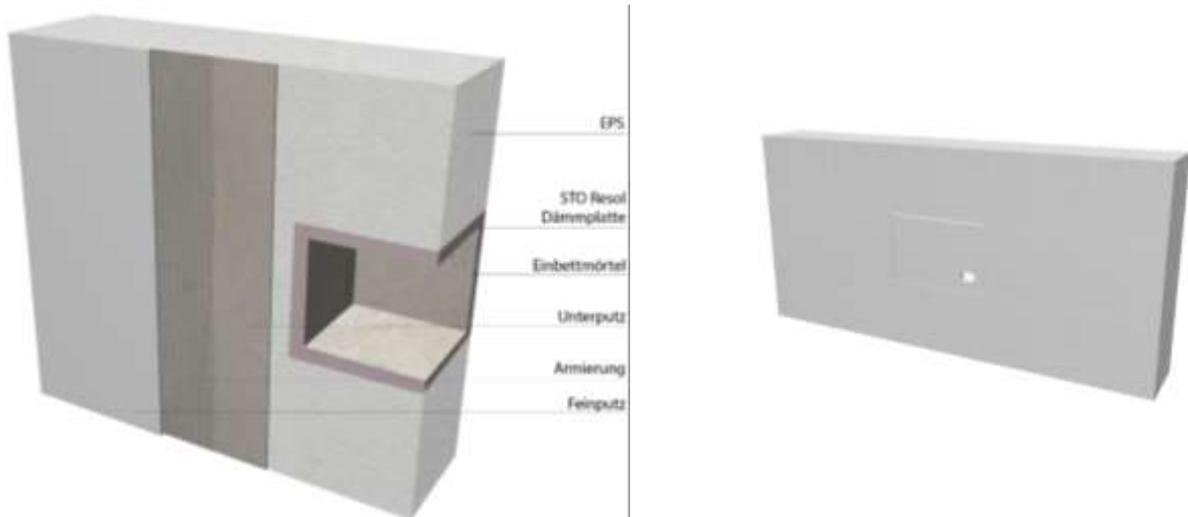
6 Literatur

- [1] S. A. Stadt Wien (MA 23), „Prognoseergebnisse Wien 2018 bis 2048“, 2018. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.wien.gv.at/statistik/bevoelkerung/tabellen/bev-2048.html>. [Zugegriffen: 04-Feb-2019].
- [2] „<https://www.wien.gv.at/umweltschutz/naturschutz/biotop/mauersegler.html>“. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.wien.gv.at/umweltschutz/naturschutz/biotop/mauersegler.html>. [Zugegriffen: 05-Dez-2018].
- [3] Austrian Standards Institute/, Ö. N. (ON), und 1020 Wien Heinestraße 38, *Wärmeschutz im Hochbau — Teil 7: Tabellierte wärmeschutztechnische Bemessungswerte*. Wien, Austria, 2013.
- [4] Sto Ges.m.b.H., „Technisches Merkblatt StoVentec Trägerplatte“, 2017.
- [5] Sto Ges.m.b.H., „Technisches Merkblatt Sto-Resol-Dämmplatte“, 2013.
- [6] best wood Schneider, „Technisches Datenblatt best wood WALL 140“, 2018.
- [7] SCHWEGLER Vogel- u. Naturschutzprodukte GmbH, „Mauersegler-Nistkasten Nr. 17 (1fach)“. [Online]. Verfügbar unter: https://www.schwegler-natur.de/portfolio_1408366639/mauersegler-nistkasten-nr-17/. [Zugegriffen: 08-März-2019].
- [8] T. W. F. Ö. Bautechnologien, „Ökologische und innovative Baukonstruktionen auch für Tiere“. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.obt.tuwien.ac.at/news/newsdetail/datum/2019/03/08/oekologische-und-innovative-baukonstruktionen-auch-fuer-tiere/>. [Zugegriffen: 03-Okt-2019].
- [9] A. Blaha, J. Hollands, und A. Korjenic, „Nistplätze für Gebäudebrüter – Untersuchung bestehender und Entwicklung optimierter Fassadennistkästen“, *Bauphysik*, Bd. 41, Nr. 3, S. 162–168, 2019.

7 Anhang

7.1 Kurzbeschreibung EPS: Eigenschaften und Montage

Dämmplatte mit integriertem Nistkasten für *Mauersegler* *EPS-Variante*



Abmessungen

Der Nistkasten ist in eine Dämmplatte mit den Maßen 100 x 50 cm integriert. Die Dämmplatte weist eine Stärke von 16 cm auf. Das Einflugloch des Nistkastens ist oval (Höhe 3 cm; Länge 10 cm). Der Brutraum hat eine Tiefe von 13 cm, eine Länge von 30 cm und eine Höhe von 15 cm.

Material

Die Dämmplatte besteht aus herkömmlichem EPS. Die Umrandungen des Nistkastens bestehen an den Seiten, an der Ober-, Unter- sowie Rückseite aus einer STO Resol-Dämmplatte. Den vorderen Abschluss des Nistkastens bildet eine STO Ventec-Trägerplatte. Der gesamte Innenbereich des Nistkastens ist mit einer Spachtelmasse ausgekleidet.

Montage

Der Nistkasten ist direkt in eine Dämmplatte integriert. Die Montage erfolgt daher wie bei herkömmlichen Platten mittels Klebung und Verdübelung. Es sind keine zusätzlichen Befestigungsmaßnahmen notwendig. Anschließend an die Befestigung erfolgt das Verputzen zeitgleich zur restlichen Fassade nach herkömmlicher Vorgehensweise mit Unterputz, Armierung und Feinputz. Die Einflugöffnung wird dabei ausgespart.

Standortwahl

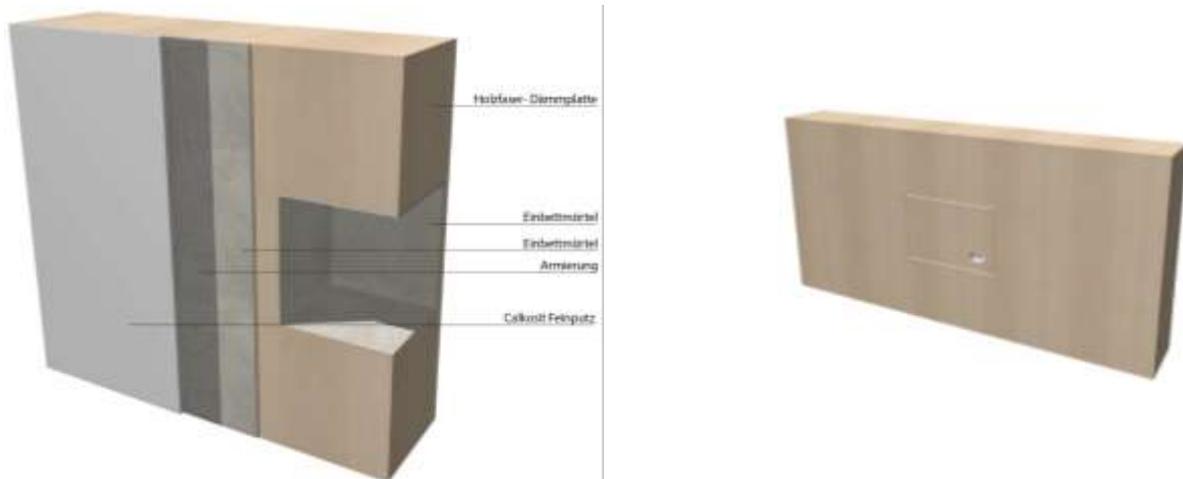
Der Nistkasten sollte in einer Höhe von mindestens 5 m angebracht werden, wenn möglich direkt unter der Dachkante. Der Einflugbereich sollte frei für den steilen Anflug des Mauerseglers sein. Die Ausführung mehrerer nebeneinanderliegenden Nistkästen wird empfohlen. Eine Anbringung an der Südfassade sowie an Orten mit direkter, anhaltender Sonneneinstrahlung sollte vermieden werden.

Reinigung und Kontrolle

Eine Reinigung des Innenraums ist nicht notwendig.

7.2 Kurzbeschreibung Holzfaser: Eigenschaften und Montage

Dämmplatte mit integriertem Nistkasten für *Mauersegler* *Holzfaser*Variante



Abmessungen

Der Nistkasten ist in eine Dämmplatte mit den Standardmaßen 150 x 60 cm integriert. Die Dämmplatte weist eine Stärke von 16 cm, 18 cm oder 20 cm entsprechend der restlichen Fassadendämmung auf. Das Einflugloch des Nistkastens ist oval (Höhe 3 cm; Länge 10 cm). Der Brutraum hat eine Länge von 30 cm und eine Höhe von 15 cm. Die Tiefe des Nistkastens variiert je nach Dämmstärke zwischen 12 cm, 14 cm und 16 cm.

Material

Bei der Dämmplatte handelt es sich um eine Holzfaser-Dämmplatte. Die Umrandungen des Nistkastens bestehen ebenso umlaufend aus diesem Material. Der gesamte Innenbereich des Nistkastens ist mit Einbettmörtel ausgekleidet.

Montage

Der Nistkasten ist direkt in eine Dämmplatte integriert. Die Montage erfolgt daher wie bei herkömmlichen Platten mittels Klebung und Verdübelung. Es sind keine zusätzlichen Befestigungsmaßnahmen notwendig. Anschließend an die Befestigung erfolgt das Verputzen zeitgleich zur restlichen Fassade nach herkömmlicher Vorgehensweise mit Unterputz, Armierung und Feinputz. Die Einflugöffnung wird dabei ausgespart.

Standortwahl

Der Nistkasten sollte in einer Höhe von mindestens 5 m angebracht werden, wenn möglich direkt unter der Dachkante. Der Einflugbereich sollte frei für den steilen Anflug des Mauerseglers sein. Die Ausführung mehrerer nebeneinanderliegenden Nistkästen wird empfohlen. Eine Anbringung an der Südfassade sowie an Orten mit direkter, anhaltender Sonneneinstrahlung sollte vermieden werden.

Reinigung und Kontrolle

Eine Reinigung des Innenraums ist nicht notwendig.