

Projekt-Bericht

Teil I

MA 22 – 233-2012-483

Untersuchung von Nistplätzen an Fassaden und Konzeptentwicklung eines bauphysikalisch optimierten Fassadennistplatzes

Prof. Dr. Dipl.-Ing. Azra Korjenic

Ing. Anna Vaskova PhD.

Dipl.-Ing. Jutta Hollands BSc

Tarja Salonen

Technische Universität Wien

Institut für Hochbau und Technologie

Forschungsbereich für Bauphysik und Schallschutz

Wien, Dezember 2018

Inhaltsverzeichnis

1	Intention und Ziele	3
2	Stand der Technik.....	3
3	Analyse bestehender Nistplatz-Lösungen	6
3.1	Auswahl der Details.....	6
3.1.1	Mögliche Details.....	6
3.2	Auswahl der drei zu untersuchenden Nistkästen.....	15
3.2.1	Mauersegler-Nistkasten Modell Schwegler	16
3.2.2	Mauersegler-Nistkasten Modell Hasselfeldt.....	16
3.2.3	Fledermaus-Quartier Modell Strobel	17
3.3	Erhebung der bauphysikalischen Parameter von den drei ausgewählten Nistkästen.....	18
3.3.1	Abmessungen und Gewicht.....	19
3.3.2	Wärmeleitfähigkeit.....	21
4	Untersuchung der Nistplätze hinsichtlich Wärmebrücken	23
4.1	Definition von Wärmebrücken.....	23
4.2	Methodik und eingesetzte Software	26
4.3	Untersuchung des Ist-Zustands.....	27
4.3.1	Untersuchung des Ist-Zustands von Nistkasten Mauersegler Schwegler	28
4.3.2	Untersuchung des Ist-Zustands von Nistkasten Mauersegler Hasselfeldt.....	29
4.3.3	Untersuchung des Ist-Zustands von Fledermaus Quartier Strobel	30
4.4	Optimierung der Nistplätze hinsichtlich Wärmebrücken.....	31
4.4.1	Optimierungsvarianten für den Nistkasten Mauersegler Schwegler	35
4.4.2	Optimierungsvarianten für den Nistkasten Mauersegler Hasselfeldt.....	40
4.4.3	Optimierungsvarianten für das Fledermaus Quartier	43
4.4.4	Berechnung längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizienten (Ψ -Wert).....	48
5	Temperaturmessung in einem Nistkasten	56
6	Ausblick.....	59
7	Schlussfolgerungen der ersten Projektphase.....	60
8	Literatur	61

1 Intention und Ziele

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 StadtbewohnerInnen gemeinsam zu leben. Es gibt bereits seit einigen Jahren Bemühungen der Wiener Umweltschutzabteilung (MA 22), dem Bezirk Neubau und zahlreichen AktivistInnen, 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.

2 Stand der Technik

Bei der Betrachtung von Nistplätzen für Vögel und Fledermäuse im städtischen Raum handelt es sich um einen Nischenbereich, der bisher wenig erforscht ist. Es gibt einige Firmen, die bereits Produkte in diesem Bereich anbieten. Auch durch die Wiener Umweltschutzabteilung wurden bereits umfassende Beobachtungen und Entwicklungen durchgeführt, doch die bauphysikalische Untersuchung derartiger Nistplätze ist bisher nicht detailliert betrachtet worden.

In der Stadt Wien gibt es bereits einige positive Beispiele, an denen Nistplätze an Gebäuden installiert wurden bzw. in die Fassade von Gebäuden integriert wurden. In der Schule Kandlgasse in 1070 Wien wurden beispielsweise im Innenhof Nistmöglichkeiten für Mauersegler bereitgestellt. Diese sind aus Beton und deshalb relativ schwer. Sie müssen statisch abgesichert werden, weswegen eine professionelle Montage erforderlich ist. Diese großen Befestigungen können Wärmebrücken in Gebäuden verursachen. Es gibt auch andere Möglichkeiten, Lebensraum für Mauersegler an Gebäuden zu generieren. Einige Beispiele dazu werden in Abbildungen 1 bis 3 gezeigt. Es sind kleine Behausungen oder Löcher an Hausfassaden, die zu einem Hohlraum im/am Gebäude führen. Diese Möglichkeiten können sowohl im Neu- als auch im Altbau angewendet werden.[1], [2]



Abbildung 1: Unterschiedliche Möglichkeiten, um Lebensräume für Mauersegler an Gebäuden zu schaffen (Quelle Wiener Umweltschutzabteilung - MA22; Fotos von links nach rechts: M. Stocker; M. Stocker; M. Stocker; M. Pendl)

Ähnlich ist es bei Maßnahmen, die für Fledermäuse umgesetzt werden müssen. Meistens werden hier Spalten an der Hausfassade offengelassen (siehe Abbildung 2).



Abbildung 2: Unterschiedliche Möglichkeiten, um Lebensräume für Fledermäuse an Gebäuden zu gewinnen (Quelle Wiener Umweltschutzabteilung - MA22; Fotos von links nach rechts: U. Hüttmeier; Schwegler GmbH; M. Stocker.)

Kunstnester für Mehlschwalben können unter Vordächern installiert werden. Das wurde schon mehrmals durchgeführt. Abbildung 3 zeigt Beispiele von Kunstnestern, die in Österreich an Gebäuden installiert wurden.



Abbildung 3: Unterschiedliche Möglichkeiten, um Lebensräume für Mehlschwalben an Gebäuden zu gewinnen (Quelle Wiener Umweltschutzabteilung - MA22; Fotos von links nach rechts: M. Stocker, M. Pendl, M. Stocker)

Es handelt sich um einzelne Objekte, verteilt in Österreich. Ein generelles Konzept, das alle Bedürfnisse der Vögel und Fledermäuse, der BewohnerInnen und die bauphysikalischen und statischen Anforderungen berücksichtigt sowie Auswirkungen dieser Maßnahmen, ist noch unerforscht. Um die Nistplätze im urbanen Raum bestmöglich zu integrieren, sind zusätzliche Erkenntnisse unbedingt notwendig.

Die durchgeführte Recherche zu bisherigen Untersuchungen der Auswirkungen auf die Wärmedämmung durch integrierte Nistplätze an der Fassade ergab, dass z.B. lediglich die notwendige Aussparung in der Dämmung berücksichtigt wurde. Das Material der Nistkästen sowie die Befestigungen blieben hierbei, wie in Abbildung 4 ersichtlich, jedoch vollkommen unberücksichtigt.

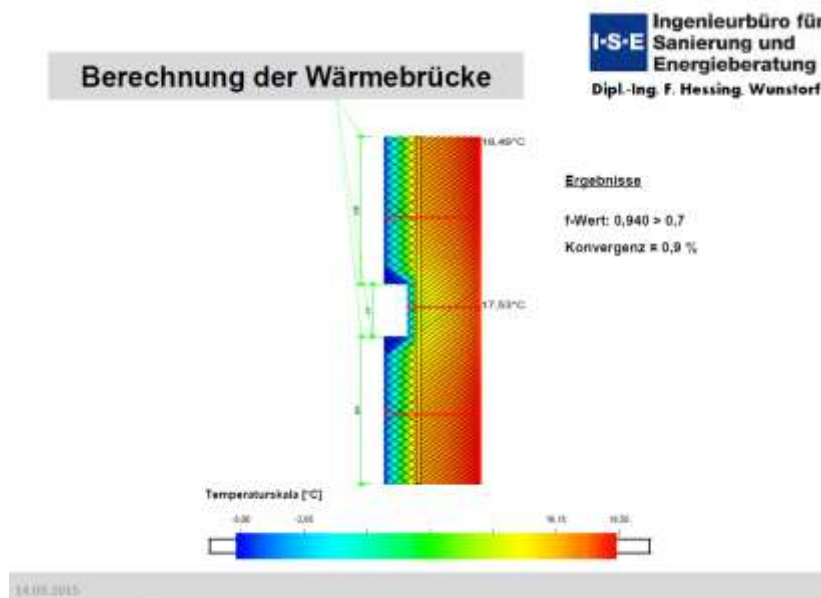


Abbildung 4: Bisherige Untersuchungen der Auswirkungen der in die Fassade integrierten Nistplätze (Bildquelle: Vortrag ISE)

3 Analyse bestehender Nistplatz-Lösungen

In der ersten Projektphase liegt der Fokus auf der Auswertung bereits bestehender Prototypen sowie der Analyse der genutzten Nistmöglichkeiten in Bestandsgebäuden. Berücksichtigt werden hierbei die unterschiedlichen Ansprüche und Vorlieben der Tiere. Hierzu wird auch internationale Recherche bestehender Systeme betrieben und in die Analysen miteinbezogen. Gemeinsam mit der Auftraggeberin, der MA22, wurden für die detaillierten Untersuchungen drei konkreten Nistkästchen ausgewählt.

Es gibt verschiedene Formen der Brutkästen und auch verschiedenste Arten, sie in die Gebäude zu integrieren. Entscheidend für die Beurteilung der Auswirkungen insbesondere hinsichtlich verursachter Wärmebrücken ist der Ort am Gebäude, an dem der Nistkasten installiert wurde bzw. werden soll. Unterschieden werden muss z.B. ob sich hinter der betrachteten Fassade ein konditionierter Bereich, z.B. ein Wohn- oder Büroraum, oder unkonditionierter Bereich, wie z.B. an einer Attika oder ein nicht beheizter Dachboden, befindet.

Bauphysikalisch interessant sind die Folgen des Einbaues und wie schwerwiegend bzw. vernachlässigbar diese sind. Auch welche Rolle die unterschiedlichen Modelle und Befestigungsarten spielen muss diesbezüglich untersucht werden. Bezüglich der bauphysikalischen Untersuchungen wird auf Methoden und Konzepte ähnlicher Fragestellungen zurückgegriffen. So bestehen bereits unterschiedliche Möglichkeiten die Wärmebrücken, die durch Befestigungen durch z.B. Schrauben verursacht werden, durch Simulationen zu untersuchen. Die Basis dieser Untersuchungen und Auswertungen wird in Kapitel 4.1 erläutert.

3.1 Auswahl der Details

Im folgenden Kapitel werden einige Detaillösungen vorgestellt und die dazugehörige Problematik der jeweiligen Lösung erläutert.

3.1.1 Mögliche Details

Es gibt Möglichkeiten die Nistkästen in das Wärme-Dämm-Verbundsystem (WDVS) einzubauen oder sie als separate Konstruktion auszuführen. In den folgenden Details sind die Beispiele mit integrierten Nistkästchen mit einer roten Linie und die externen mit einer grünen Linie markiert.

3.1.1.1 Detail 1: Mauersegler, Giebel- Nische bei Kaltdach

Umsetzungs-Fotoblätter MA22

Umsetzungs-Fotoblätter MA22

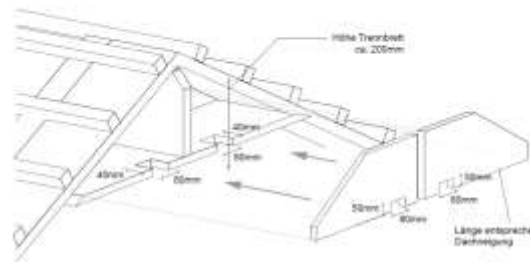
Mauersegler: Giebel-Nische bei Kaltdach



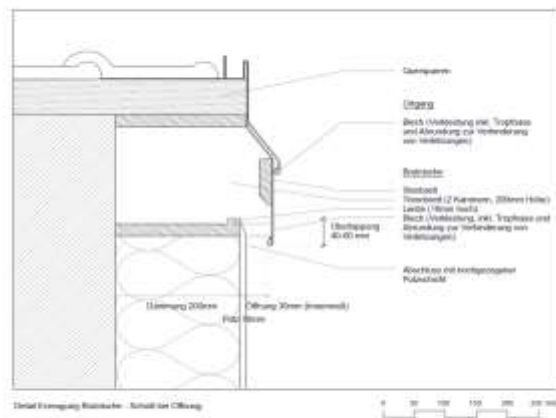
Abbildung: Nischenbildung. a) Situation vor Dämmung b) Dachverlängerung. c) Vorbereitung Baubrett für Doppelnische auf Bausteine mit direkt vom Bau genommenen Maßen. d/e) Montage Baubrett. f) Hochziehen Dämmung bis unter Holzkonstruktion und Dachabdeckung. g) Verbleichung nach Spachtelung. h) Verputzen / Einfärben der Wärmedämmung

Entwurf Stöcker / Hübner

Dezember 2017



Montage Baubrett



Detail Eintragung Bauteile - Schnitt von OB nach



Entwurf Stöcker / Hübner

Dezember 2017

Abbildung 5: Detail 1: Mauersegler, Giebel- Nische bei Kaltdach

Bei dieser Lösung wird in den Giebel eines Kaltdaches eine Brunnische eingebaut. Da es in die Konstruktion eingebunden ist, sind keine zusätzlichen Befestigungen nötig, die Wärmebrücken verursachen könnten. Ein kleiner unauffälliger Spalt zur Nische wird offengelassen.

3.1.1.2 Detail 2: Mauersegger, In Wärmedämmung integriert, leicht vorstehend

Bei Detail 2 handelt es sich um einen Mauersegger WDV- Einbaukasten. Der Nistkasten wird voll in das WDVS integriert. Somit beeinflusst er die wärmedämmenden Eigenschaften des Bauteils (rote Linie).

Durch einen Aufhängebügel wird der Nistkasten an das tragende Bauteil befestigt.

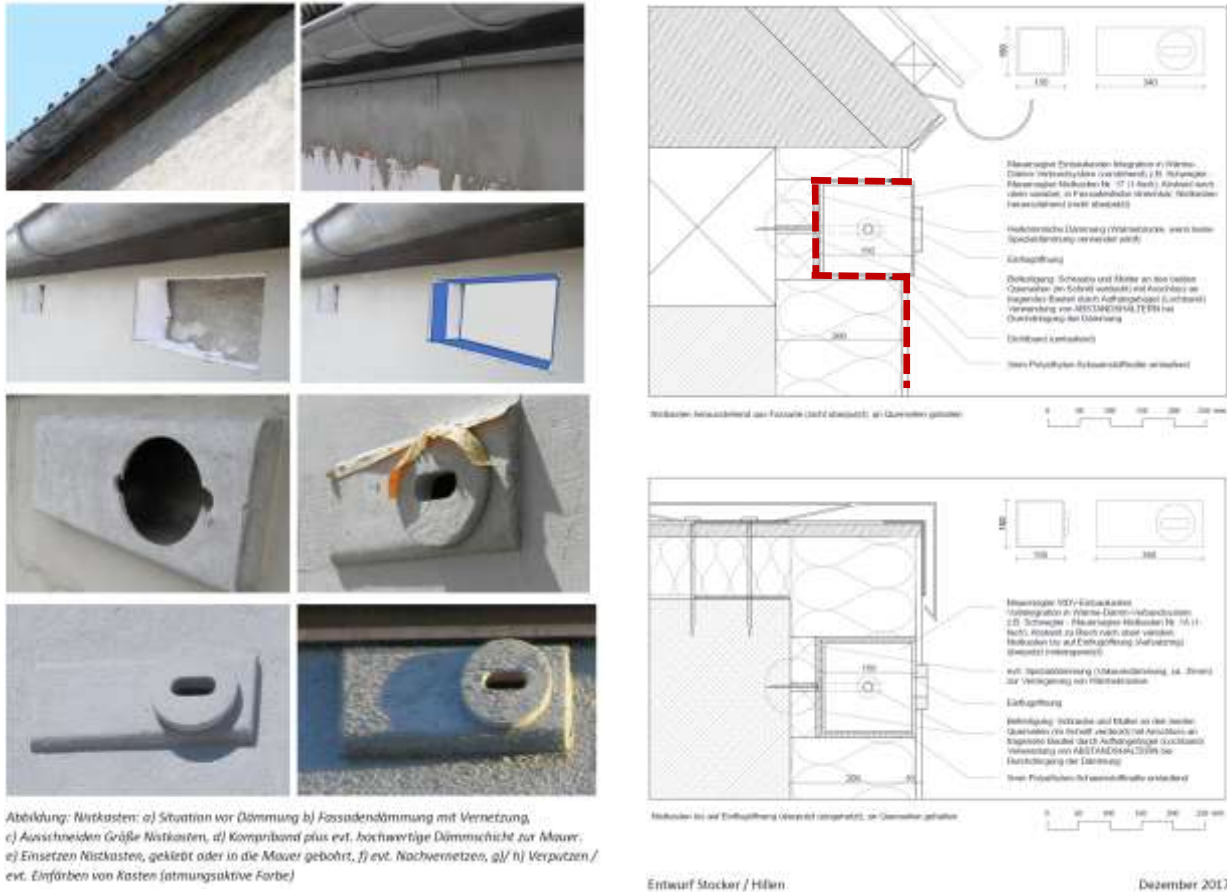


Abbildung 6: Detail 2: Mauersegger, In Wärmedämmung leicht vorstehend

3.1.1.3 *Detail 3: Mauersegler; Nistkasten mit Montageband: nach oben in wärmedämmtes Vordach montiert*

Hier wird der Nistkasten für den Mauersegler nach oben mit einem Distanzhalter in das wärmedämmte Vordach montiert. Dieser Nistkasten befindet sich außerhalb des Wärme- Dämm-Verbundsystems und ändert somit nicht die wärmedämmenden Eigenschaften des Bauteils (grüne Linie).

Umsetzungs-Fotoblätter MA22
Mauersegler: Nistkasten mit Montageband: nach oben in wärmedämmtes Vordach montiert



Abbildung: Mauersegler-Nistkasten nach oben in wärmedämmtes Vordach montiert:
 a) Situation vor Sanierung mit Dämmmuster b) Vordach gedämmt, c) Anzeichnen Nistposition
 d) Bohren der Löcher (mittleres Loch Abstützung) e) Einstoßen der Distanzhölzer (Hohlzylinder)
 f) Situation vor Schraubensetzung nach oben, g) Einsetzen des Nistkastens mit Flachkopfschrauben
 h) Befestigung mit Flügelmutter, Endstopkappe

Entwurf Stocker / Hilen

Dezember 2017

Umsetzungs-Fotoblätter MA22

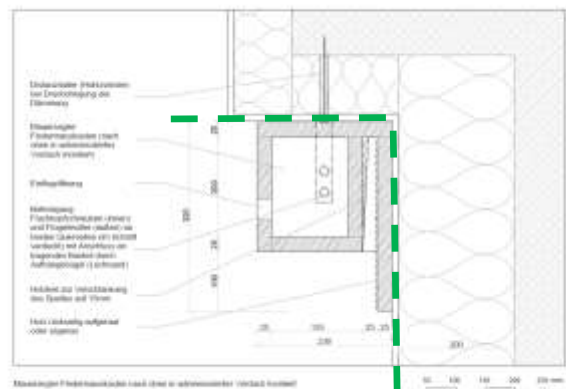


Abbildung 7: *Detail 3: Mauersegler; Nistkasten mit Montageband: nach oben in wärmedämmtes Vordach montiert*

3.1.1.4 Detail 4: Öffnen von Zierkonsolen

Hier werden für den Mauersegler Öffnungen in Zierkonsolen gemacht. Empfohlen wird, die Öffnung beidseitig, aufgrund der Sauerstoffzufuhr zu machen. Bei dieser Lösung gibt es ebenfalls keinen Eingriff in die Wärmedämmung.

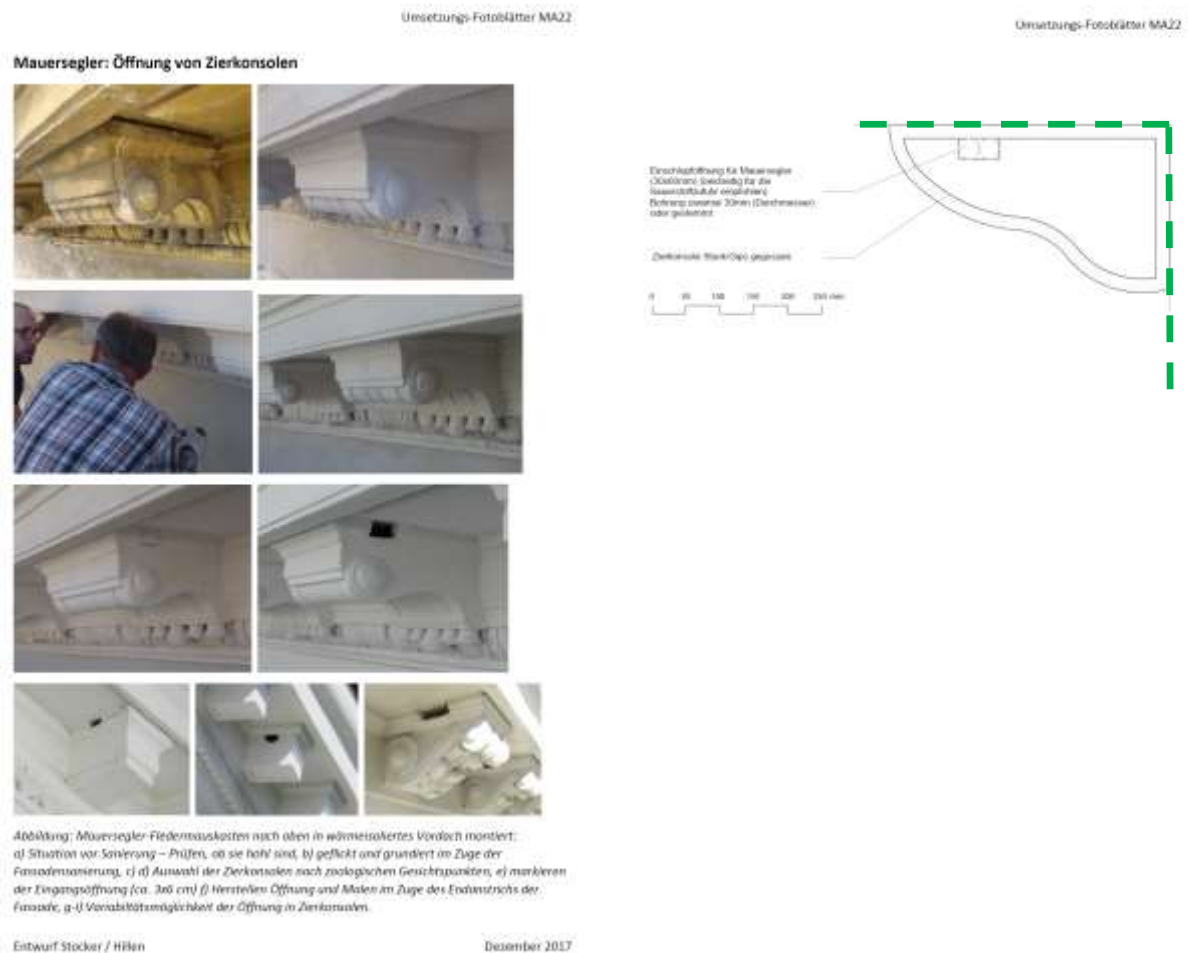


Abbildung 8: Detail 4: Öffnen von Zierkonsolen

3.1.1.5 Detail 5: Montage von Mehlschwalben-Nestern in tiefen Fensterlaibungen

Eine Montage von Mehlschwalben- Nestern in tiefen Fensterlaibungen ist bei einer Wärmedämm-Sanierung möglich. Die Nester haben einen maximalen Abstand zu den Fenstern. Die Einflugöffnungen sind an der Innenseite situiert.

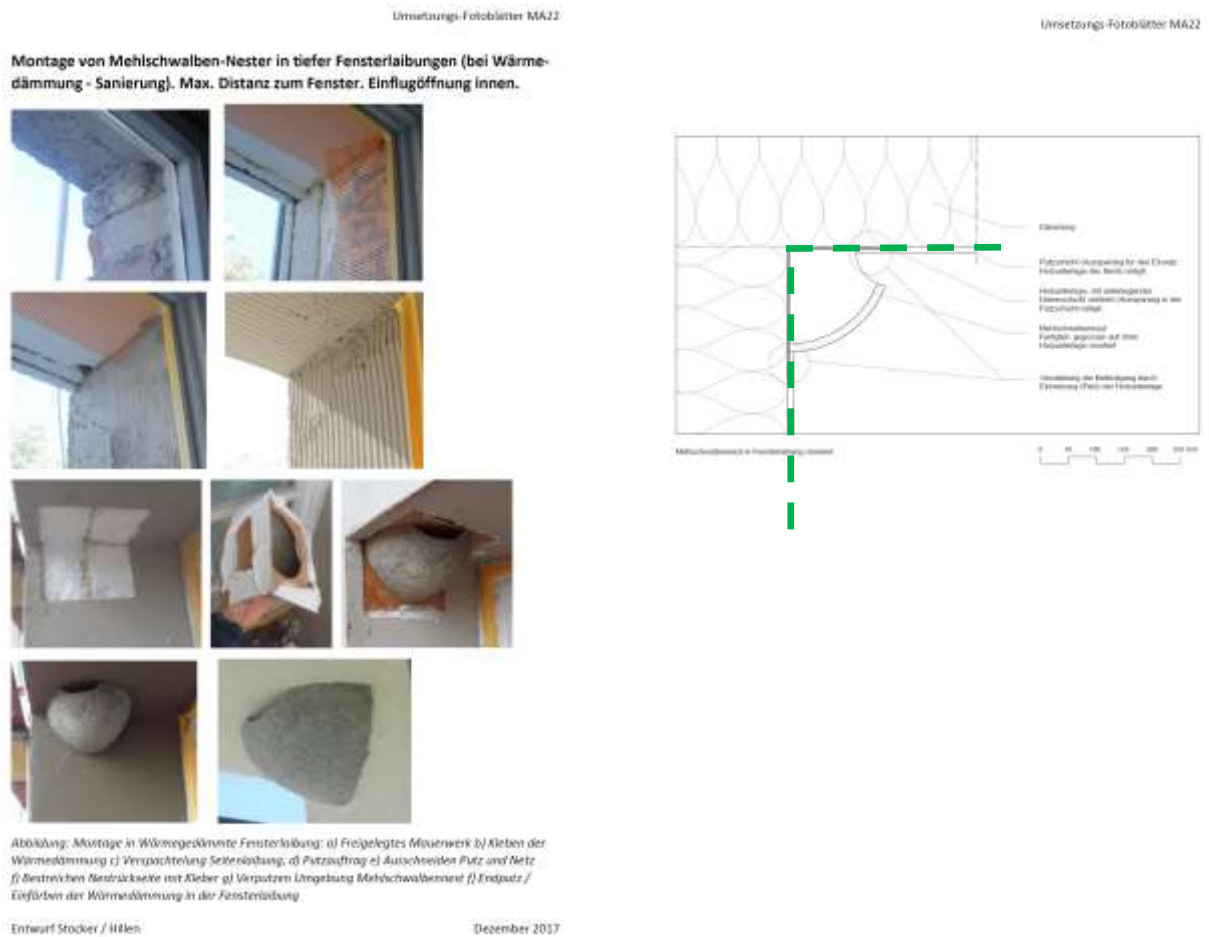


Abbildung 9: Detail 5: Montage von Mehlschwalben-Nestern in tiefen Fensterlaibungen

3.1.1.6 Detail 6: Montage von Mehlschwalben-Nestern unter Vordach bzw. Fensterbrett

Unter jeglichen Vordächern und Fensterbrettern können Mehlschwalben - Nester angeschaubt werden. Da die Befestigung keine wärmedämmende Hülle durchdringen erzeugen diese keine Wärmebrücken.



Abbildung 10: Detail 6: Montage von Mehlschwalben-Nestern unter Vordach bzw. Fensterbrett

3.1.1.7 Detail 7: Platzierung von Fledermausquartier in Zwischendach mit Zugang in Dachkante

Hier werden Fledermausquartiere in Zwischendächer integriert. Zugang finden die Fledermäuse über die Dachkante, die mit einer Öffnung verblecht wird. Als Kletterhilfe wird ein Gummiband montiert.

Entwurf

Umsetzungs-Fotoblätter MA22

Entwurf

Umsetzungs-Fotoblätter MA22

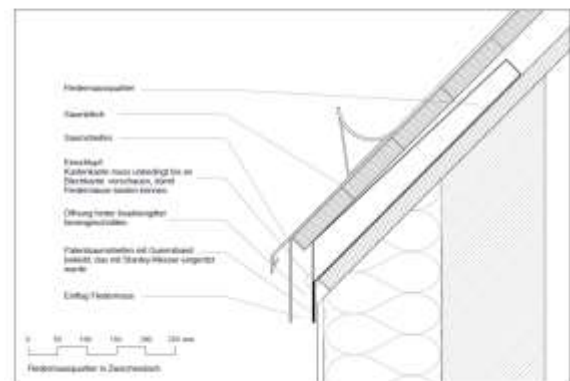
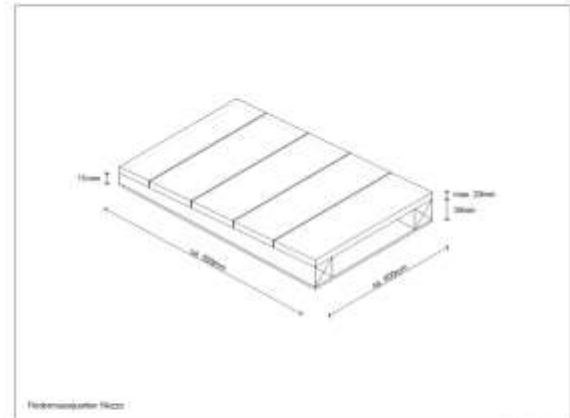
Platzierung von Fledermausquartier in Zwischendach mit Zugang in Dachkante.



Abbildung: Montage in Zwischendach: a) Schrägung b) Beginn Verblechung c)/d) Fledermausquartier e)/f) teilweises bzw. vollständiges Einschieben des Fledermausquartiers, e) Öffnung in Verblechung von unten, f) gespanntes Gummiband als Kletter- und Kriechhilfe, um Eingang zu erreichen.

Stocker / Hillen

Dezember 2017



Stocker / Hillen

Dezember 2017

Abbildung 11: Detail 7: Platzierung von Fledermausquartier in Zwischendach mit Zugang in Dachkante

3.1.1.8 Detail 8: Montage von Mauerseglern-Nistkasten auf wärmegeämmter Fassade

Hier wird der Nistkasten auf die Wärmedämmung montiert. Dieser Nistkasten kann mit einer abnehmbaren Vorderfront ausgeführt werden.



Abbildung 12: Detail 8: Montage von Mauerseglern-Nistkasten auf wärmegeämmter Fassade

3.1.1.9 Schaffen von Mauersegler - Nistnischen in Traufkassen

Solche Beispiele können bei Dachbodenausbauten konstruiert werden.

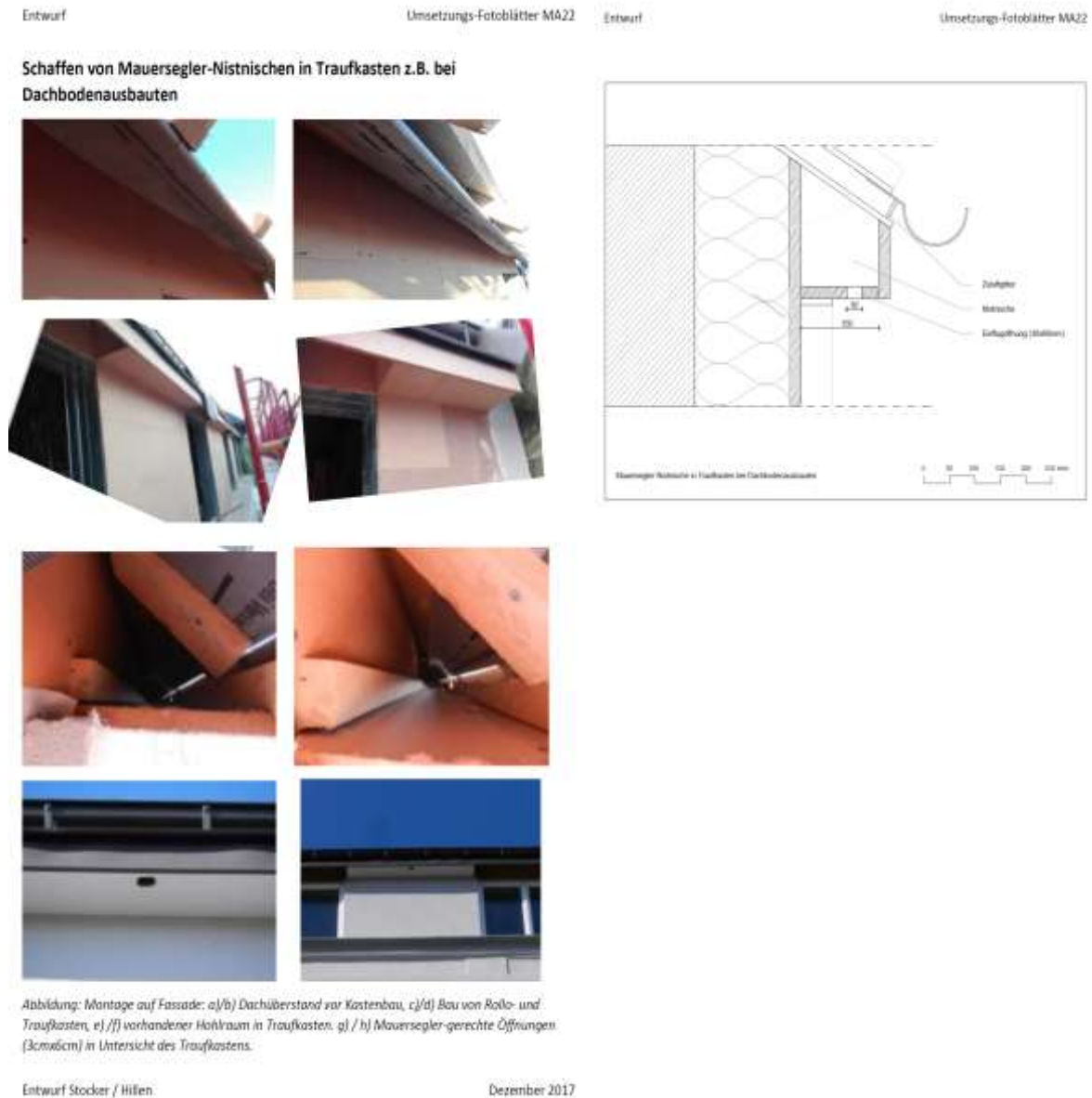


Abbildung 13: Schaffen von Mauersegler - Nistnischen in Traufkassen

3.2 Auswahl der drei zu untersuchenden Nistkästen

Folgend sollen die drei zur Untersuchung ausgewählten Nistplätze und deren Eigenschaften beschrieben werden.

Zur genauen Untersuchung der Wärmebrücken mussten Modelle für die drei Nistkasten/-Quartierkonstruktionen erstellt werden. Die Modelle werden auf unterschiedliche Arten befestigt. Nach derzeitigem Stand werden die Nistkästen verschraubt und das Fledermausquartier nur eingeklebt/eingeschäumt.

3.2.1 Mauersegler-Nistkasten Modell Schwegler

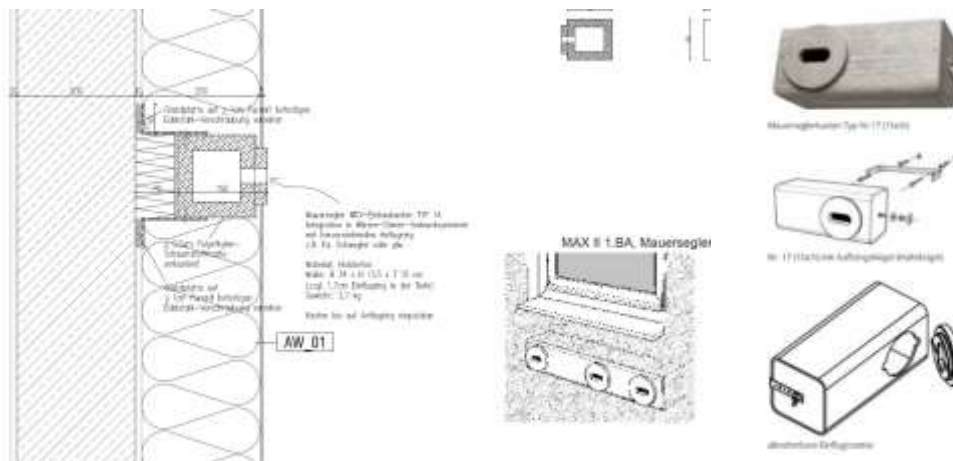


Abbildung 14: Ausschreibungsskizze des Mauersegler-Nistkasten Modell Schwegler

Abbildung 15: Mauersegler Nistkastentyp Nr.17 Modell-Swegler

Dieser Nistkasten für Mauersegler stammt von der Firma Schwegler. 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.[3]

3.2.2 Mauersegler-Nistkasten Modell Hasselfeldt



Abbildung 16: Mauersegler-Nistkasten Modell Hasselfeldt

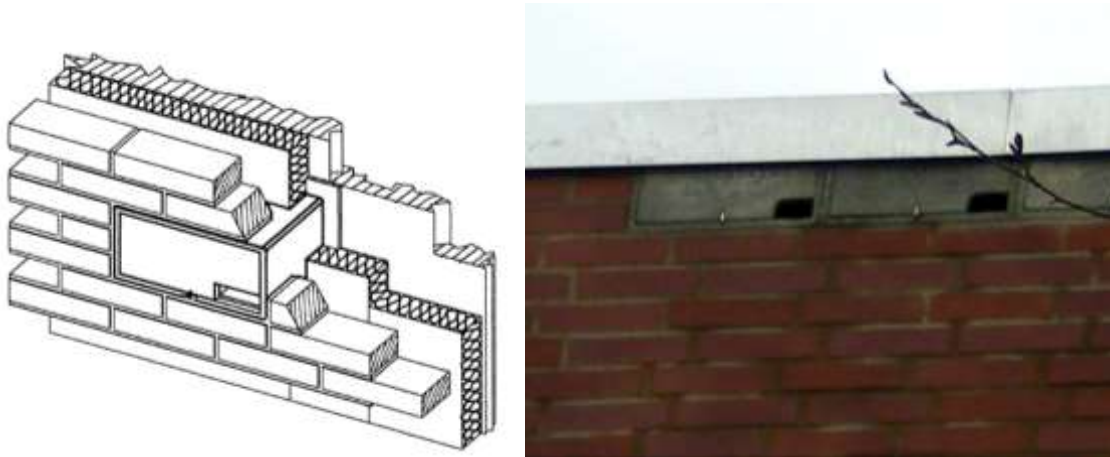


Abbildung 17: Einbaukizze des Mauersegler-Nistkasten Modell Hasselfeldt (Quelle: <https://www.nistkasten-hasselfeldt.de/mauerseglerhoehle-einbauversion>) und Nistkästen von Hasselfeldt mit Starensperre unter einer Attika eingesetzt (Quelle: <https://mauerseglerchutz.wordpress.com/ersatznistplatze/ersatznistplaetze-mit-nistkaesten/>)

Dieser Nistkasten für Mauersegler stammt von der Firma Hasselfeldt. Nach Herstellerangaben besteht dieser Nistkasten aus atmungsaktivem Holzbeton und weist Abmessungen von L 365mm, H 175mm, T 220mm auf. Eine Anbringung dieses Modells wird ab einer Mindestgebäudehöhe von 6m, unter Dachvorsprüngen, empfohlen. Um das unerwünschte Eindringen und Brüten von Staren zu verhindern, ist eine frontseitige Kontrollklappe und eine Starensperre eingebaut. Die Befestigung erfolgt über zwei Schrauben und Unterlegscheiben über die Rückwand (siehe <https://www.nistkasten-hasselfeldt.de/mauerseglerhoehle-einbauversion>). Der Nistkasten wird auf den Putz drauf montiert.[4]

Mauersegler können schwer vom Boden starten, weswegen sie zum Nestbau nur in der Luft fliegende Sachen verwenden. Das kann sehr lange dauern, weswegen das Bereitstellen von Nistkästen eine große Unterstützung ist.

Die Nistplätze von Mauersegler sollten sich ca. bei einer Mindesthöhe von 6 m befinden. Der Mauersegler fliegt sehr steil an und ab, deswegen ist darauf zu achten das sich keine Störelemente unter dem Nest befinden (Vorsprünge, Rohre, etc.). Da die Mauersegler gerne in Kolonien auftreten, sind mehrere Nistkästen von Vorteil. Auf einen Mindestabstand zu den Artgenossen ist nicht zu achten.

3.2.3 Fledermaus-Quartier Modell Strobel

Das Modell für das Fledermaus- Quartier stammt von der Firma Strobel. Dieses Quartier soll in das Wärme- Dämm- Verbundsystem integriert werden. Die Montage erfolgt nur durch das Kleben in das Wärme- Dämm- Verbundsystem. Interessant hier ist es, ob das WDV-System das Gewicht auch tragen kann.

Der Nistkasten besteht aus atmungsaktiven und wärmeisolierenden Holzbeton. Es gibt eine Kotschräge zur Selbstreinigung des Kastens. Als Einbaumöglichkeiten dienen derzeit nur die von dem Hersteller empfohlene Klebung mit Mörtel bei dem Aufbau des WDVS-s (WDVS - Wärmedämmverbundsystem), oder eine Ausschreibungsskizze. Die derzeitigen verwendeten Einbaumöglichkeiten sind in den Abbildungen 17 und 18 dargestellt.

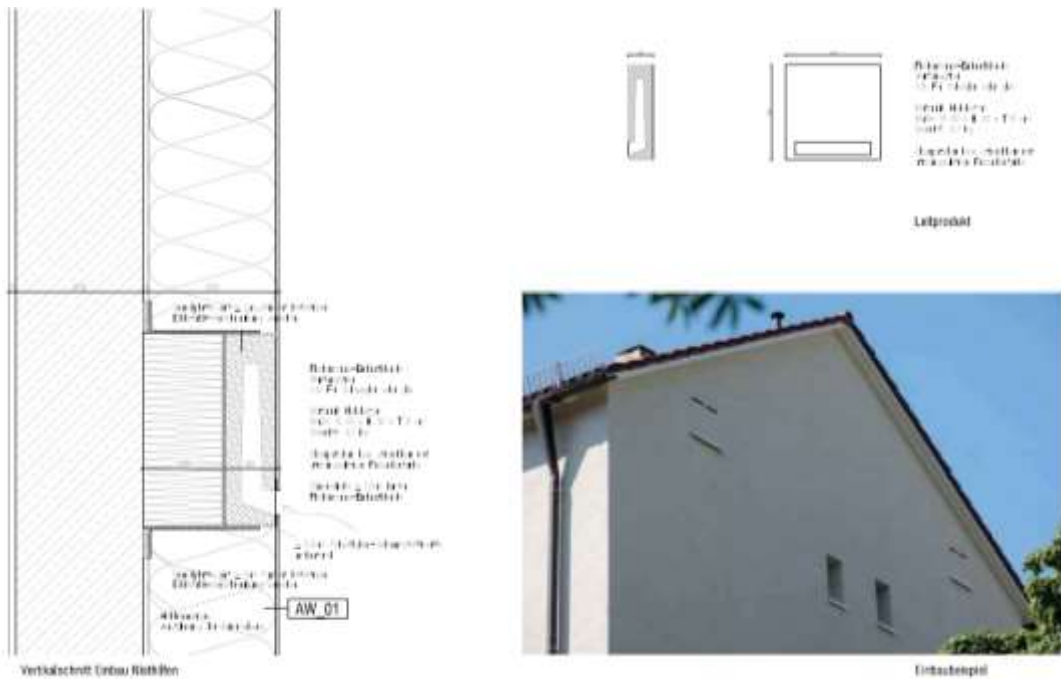


Abbildung 18 Ausschreibungsskizze des Fledermausquartiers, Modell Strobel

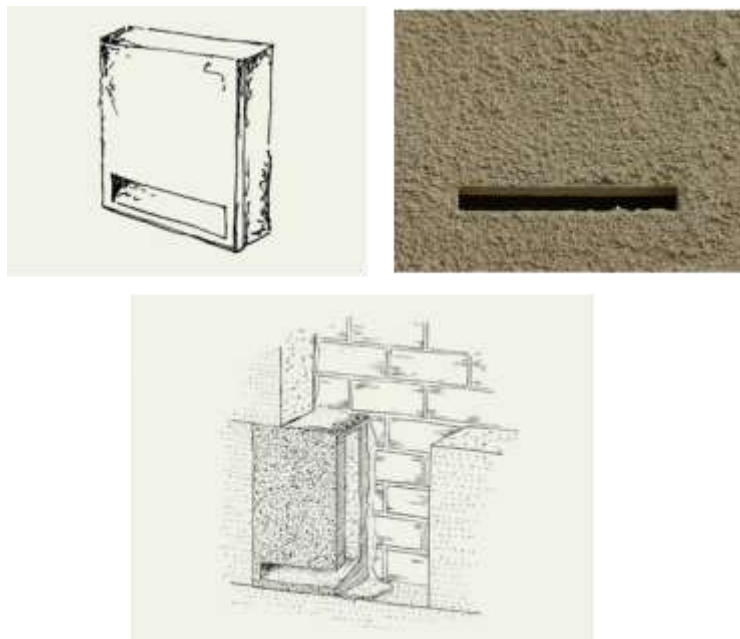


Abbildung 19: Fledermausquartier, Modell Strobel

3.3 Erhebung der bauphysikalischen Parameter von den drei ausgewählten Nistkästen

Um die Wärmebrücken-Untersuchungen und die gewünschten Optimierungen zu ermöglichen wurden die grundlegenden bauphysikalischen Parameter der drei ausgewählten Nistkästen ermittelt. Die Ergebnisse sind zusammenfassend in Tabelle 4 dargestellt.

3.3.1 Abmessungen und Gewicht

Um die Modelle in dem Wärmebrücken-Programm Therm abzubilden und diese zu berechnen ist es notwendig die Schnittdarstellung der Nistplätze inklusive Aufbauten und Materialien der jeweiligen Schichten der Konstruktionen zu kennen. Die Massen der drei ausgewählten Nistplätze wurden mit einer präzisen Waage bestimmt und deren Abmessungen mit einer Schublehre (Abbildung 20 und Abbildung 22). Aufbauend auf die ausgemessenen Geometrien wurden anschließend diese drei Modelle im AutoCAD Programm nachgezeichnet und eine DXF-Datei für die Berechnungen im THERM vorbereitet. In Abbildung 20 sind Skizzen der Querschnitte der einzelnen Modelle dargestellt. In Abbildung 21 sind AutoCAD Zeichnungen der Querschnitte der einzelnen Modelle dargestellt.

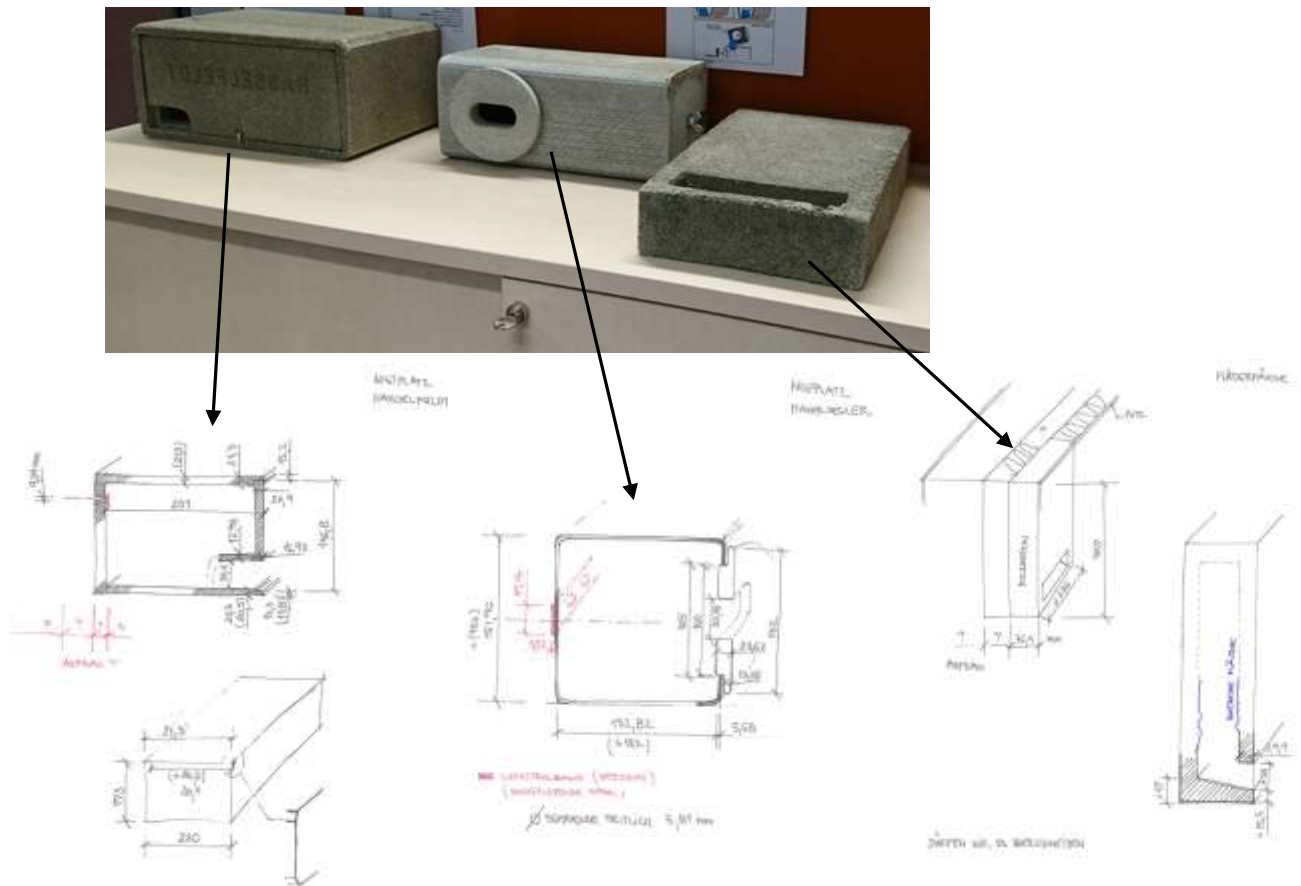


Abbildung 20: Skizzen der Querschnitte der zwei Nistkästen und des Fledermausquartier

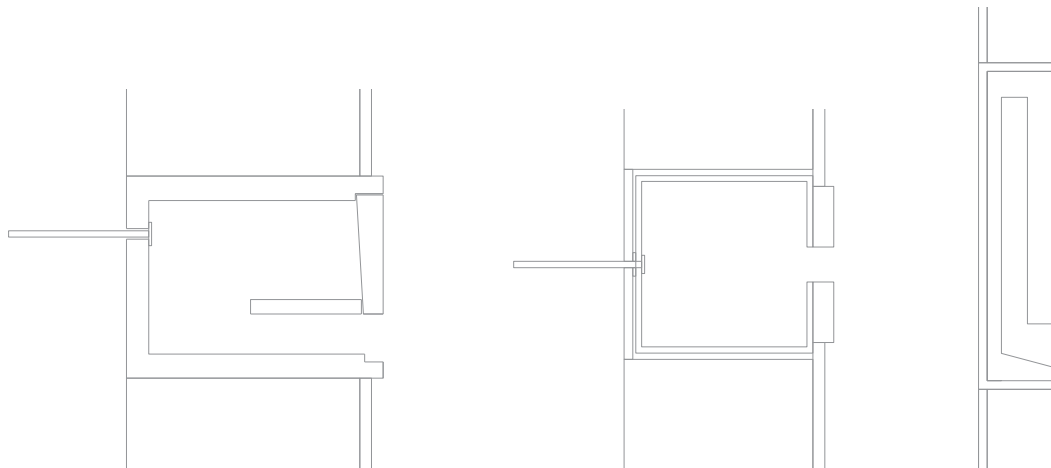


Abbildung 21: AutoCAD Zeichnungen der Querschnitte der zwei Nistkästen (Modell- Hasselfeldt – Links, Modell- Schwegler – Mitte) und des Fledermausquartiers (Modell- Strobel – Rechts)



Abbildung 22 Gewichtbestimmung der einzelnen Modelle

Tabelle 1: Masse der einzelnen Modelle

Gewicht		
Modell- Hasselfeldt	Modell- Schwegler	Modell- Strobel
6,860 kg	3,255 kg	6,185 kg

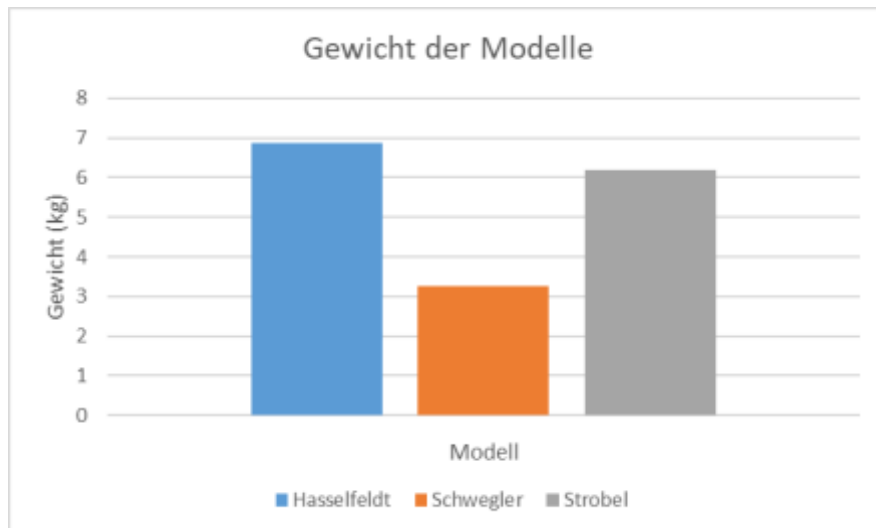


Abbildung 23: Gewichtvergleich der einzelnen Modelle

Das Modell Schwegler ist um mehr als 50% leichter, als das Modell von Hasselfeldt. Das ist in erster Linie auf die unterschiedlichen Abmessungen und die Dicke der Wände zurück zu führen, aber auch auf die Unterschiede im Material. Das Gewicht der Nistkästchen spielt bei der Wahl der Befestigung eine entscheidende Rolle.

3.3.2 Wärmeleitfähigkeit

Um die genaue bauphysikalische und wärmebrücken-technische Berechnungen durchführen zu können war es notwendig die Wärmeleitfähigkeit der Materialien der Nistkästchen zu bestimmen. Die Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit wurde mittels Heizdrahtverfahren mit dem Gerät QTM 500 (Quick Thermal Conductivity Meter) durchgeführt.

Tabelle 2: Daten zu QTM 500 (Quick Thermal Conductivity Meter)

Messdauer	Messbereich	Temperaturmessbereich
60 Sekunden	0,023 – 11,63 W/(m.K)	-10 bis + 200°C

Bei dieser Messmethode wird die isolierte Platte mit dem Heizdraht auf die Probe gelegt. Der Heizdraht wird durch konstante Energiezufuhr erhitzt. Die Temperatur des Heizdrahtes wird durchgehend gemessen. Je höher die Wärmeleitfähigkeit der Probe, desto schneller wird dem Heizdraht die Wärme entzogen. Es wird solange gemessen bis sich im Draht eine konstante Temperatur einstellt. Es werden an jeder Seite mehrere Messungen durchgeführt und die Mittelwerte gebildet.

Aus dem Verlauf der Temperatur über die Zeit wird sowohl die Temperaturleitfähigkeit als auch die Wärmeleitfähigkeit ermittelt. Setzt man die Temperatur in Abhängigkeit der Zeit (im logarithmischen Maßstab), so kann man aus der Steigung des Graphen auf die Wärmeleitfähigkeit schließen.

$$\lambda = q \cdot \ln(t_2 - t_1) / 4\pi(T_2 - T_1)$$

Formel 1

mit

q – Wärmestrom

t – Zeit

T – Temperatur

Zur Festlegung von Rechenwerten und zur Beurteilung der Wärmeleitfähigkeit von Bau- und Dämmstoffen muss der Einfluss des Feuchtegehalts auf die Wärmeleitfähigkeit bekannt sein.



Abbildung 24: Messtechnische Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit der Nistkästen mit QTM 500

Tabelle 3: Gemessene Wärmeleitfähigkeiten der einzelnen Modelle

Wärmeleitfähigkeit (W/(m.K))			
Art der Probe	Modell- Schwegler	Modell- Hasselfeldt	Modell- Strobel
Messung 1	0,27	0,53	0,41
Messung 2	0,25	0,52	0,35
Messung 3	0,27	0,49	0,39
Mittelwert (W/(m.K))	0,263	0,513	0,383

Das Modell Hasselfeldt zeigt die niedrigste Wärmeleitfähigkeit und somit eine bessere wärmedämmende Eigenschaft, was besonders im Winter von großer Bedeutung ist.

Wie auch beim Gewicht ist auch die niedrige Wärmeleitfähigkeit auf die Abmessung, die Wanddicke und auf das Material zurück zu führen.

Die höchste Wärmeleitfähigkeit zeigt das Model Schwegler.

In Tabelle 4 ist eine Übersicht der gemessenen Parameter der zwei Nistkästen und des Fledermausquartiers dargestellt.

Tabelle 4: Zusammenfassung der Eigenschaften der ausgewählten drei Nistkästen

Nistkasten		Mauersegler-Nistkasten Modell Schwegler	Mauersegler-Nistkasten Modell Hasselfeldt	Fledermaus-Quartier Modell Strobel
Material		atmungsaktiver Holzbeton	asbestfreien Pflanzenfaserbeton und SCHWEGLER-Holzbeton	atmungsaktiver und wärmeisolierender Holzbeton
Abmessungen	in mm	340x135x150	365x175x220	410x365x80
Gewicht	in kg	3,255	6,860	6,185
Wärmeleitfähigkeit	in W/(m.K)	0,263	0,513	0,383

4 Untersuchung der Nistplätze hinsichtlich Wärmebrücken

Die Untersuchungen der möglichen, durch die Nistplätze verursachten Wärmebrücken wurden mit dem Simulationsprogramm Therm® durchgeführt. Hierzu wurden in einem ersten Schritt die derzeitigen Einsatzformen abgebildet und analysiert. In einem darauffolgenden Schritt wurden Überlegungen zur Optimierung der Montage und der Integration der Nistplätze in die Fassade gemacht und ebenso anhand von Simulationen hinsichtlich Wärmebrücken untersucht. Die Beurteilung der durch die Nistkasten-Befestigung verursachten Wärmebrücken erfolgt anhand nachstehend erläuteter Definitionen.

4.1 Definition von Wärmebrücken

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. Bezüglich ihrer Ursache werden Wärmebrücken in geometrische und stoffliche unterschieden. [5]

Der Wärmestrom durch die Gebäudehülle im stationären Zustand bei einem Temperaturunterschied von einem Kelvin kann durch den Transmissionsleitwert beschrieben werden und wird gemäß Formel 2 bestimmt.

$$L_T = L_e + L_u + L_\psi + L_\chi$$

$$L_e = \sum_{i=1}^n A_i \cdot U_i$$

Formel 2

mit

L_T – Transmissionsleitwert in W/K

L_e – Leitwert der außenbelüfteten Konstruktionen in W/K

A_i – Fläche des i-ten Bauteils

U_i – Wärmedurchgangskoeffizient des i-ten Bauteils in W/m²K

L_u – Leitwert über unkonditionierte Räume in W/K

L_ψ – Leitwertzuschlag für linienförmige Wärmebrücken in W/K

L_χ – Leitwertzuschlag für punktförmige Wärmebrücken in W/K

Im Fall einer Wärmebrücke erfolgt die rechnerische Berücksichtigung dieser für die Gesamtkonstruktion anhand des Leitwertzuschlags L_ψ und L_χ . Da hierbei auch weitere Bauteilabmessungen miteinfließen ist besonderes Augenmerk auf die Festlegung der Abmessungen zu legen bzw. darauf, welches Maßsystem (Innen- oder Außenabmessungen) einheitlich verwendet wurde. In Österreich ist die Verwendung von Außenabmessungen üblich, bei denen die Maße zwischen den endgültigen Außenoberflächen der Außenbauteile des Gebäudes herangezogen werden. Für gängige Details enthält die ÖNORM B 8110-6 sowie ÖNORM EN 10211 bereits Richtwerte für den jeweiligen zu berücksichtigenden ψ - bzw. χ -Wert. Als wärmebrückenfreie Konstruktionen werden solche Bauteilanschlüsse bezeichnet, bei denen der Leitwertzuschlag für Wärmebrücken bei Verwendung der Außenabmessungen kleiner als 0 ist. Bei üblichen Gebäudegeometrien gilt ein vereinfachtes Kriterium nach Formel 3 für die wärmebrückenfreie Konstruktion. Diese Bedingung gilt für alle einzelnen Störungen in Regelflächen. Regelmäßige Störungen müssen bereits bei der Grundberechnung berücksichtigt werden.

$$\psi \leq 0,01 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

Formel 3

Vereinfachend kann gemäß ÖNORM B 8110-6 bei Wärmeverlusten über unkonditionierte Räume auch anstelle der Leitwerte die Berechnung mit dem Temperaturkorrekturfaktor f erfolgen. In ÖNORM B 8110-2 und ÖNORM EN ISO 13788 sowie in DIN 4108-02 wird für die Wärmebrückenberechnung und Beurteilung der wärmeschutztechnischen Qualität von Bauteilkonstruktionen bzw. zur Einstufung einer möglichen Gefahr durch Schimmelpilzbildung der Temperaturfaktor f_{Rsi} herangezogen. Dieser wird gemäß Formel 4 berechnet. Zur Vermeidung von Schimmelpilzbildung ist die Bedingung $f_{Rsi} \leq 0,7$ 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 Innenoberfläche $\theta_{si} \geq 12,6^\circ\text{C}$ einzuhalten.

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

Formel 4

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

θ_i - Lufttemperatur innen in °C

θ_e – Lufttemperatur außen in °C

Mechanische Befestigungen wie z.B. Dübel und Anker können die Ursache von Wärmebrücken sein. Durch die Durchdringung einer Wärmedämmschicht wird der Wärmeverlust erhöht, dessen Höhe von der Ausführung des Befestigungsmaterials und den Rahmenbedingungen wie z.B. der Dicke der Wärmedämmung abhängen. Durch entsprechende Gestaltung der Befestigung bzw. der anschließenden Dämmung kann demnach der zusätzliche Wärmeverlust verringert werden. Die Auswirkungen der verwendeten Befestigungsmittel als punktförmige Wärmebrücke können mittels Formel 5 bestimmt werden.

$$\Delta U_f = n_f \cdot \chi$$

Formel 5

mit

n_f – Anzahl der Befestigungsmittel pro Quadratmeter

χ – punktbezogener Wärmedurchgangskoeffizient des Befestigungsmittels nach ÖNORM EN 10211 in W/K

Es kann ebenso eine näherungsweise Berechnung des Beitrags des Befestigungsmittels durch Formel 6 erfolgen.

$$\Delta U_f = a \frac{\lambda_f A_f n_f}{d_0} \left(\frac{R_1}{R_{T,h}} \right)^2$$

Formel 6

mit

n_f – Anzahl der Befestigungsmittel pro Quadratmeter

λ_f – Wärmeleitfähigkeit des Befestigungsmittels in W/mK

$a = 0,8$, wenn das Befestigungsmittel die Dämmschicht vollständig durchdringt

$a = 0,8 \frac{d_1}{d_0}$, wenn das Befestigungsmittel in eine Aussparung eingebaut wird

A_f – Querschnittsfläche des Befestigungsmittels in m²

d_0 – Dicke der Dämmschicht, die das Befestigungsmittel enthält

d_1 – Dicke des Befestigungsmittels, das die Dämmschicht durchdringt

R_1 – Wärmedurchlasswiderstand der durchdrungenen Dämmschicht

$R_{T,h}$ - Wärmedurchgangswiderstand der Konstruktion ohne Befestigungsmittel

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 ψ -Wert anhand einer Simulationen errechnet sich aus der Differenz des Leitwerts der Simulation inklusiv der Wärmebrücke und dem Leitwert bestimmt aus den U-Werten unter der Annahme der ungestörten Konstruktion gemäß Formel 7 und wie in Abbildung 25 dargestellt. [6]

$$\psi = L_{2D-Simulation} - L_0 = L_{2D-Simulation} - \sum (U_i \cdot l_i)$$

Formel 7

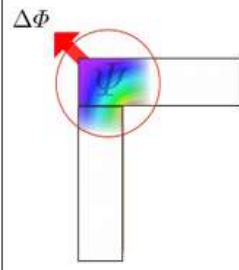
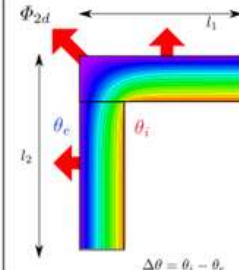
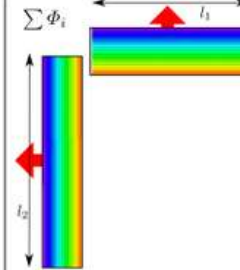
Differenz (Störung)	Wärmestrom Simulation (2d) (gestört)	U-Wert Berechnung (1d) (ungestört)
		
$\Delta\Phi = \Phi_{2d} - \sum \Phi_i \quad [W/m]$	Φ_{2d}	$\sum \Phi_i = \sum (U_i \cdot l_i \cdot \Delta\theta)$
$\psi = L_{2d} - L_0 = \frac{\Delta\Phi_{2d}}{\Delta\theta} \quad [W/(mK)]$	$L_{2d} = \frac{\Phi_{2d}}{\Delta\theta}$	$L_0 = \sum (U_i \cdot l_i)$

Abbildung 25: Darstellung der Ermittlung der ψ -Wert in Kombination mit Formel 4 (Bildquelle: https://passipedia.de/grundlagen/bauphysikalische_grundlagen/waermebruecken/wbberechnung/wbbprinzip)

4.2 Methodik und eingesetzte Software

Die zwei dimensional Wärmebrückenberechnungen wurden mit der Software Therm® (Version 7.6) durchgeführt. Bei dieser Software handelt es sich um ein Finite-Elemente-Programm zur 2D-Berechnung von Wärmebrücken. Es ist nach EN ISO 10211 und EN ISO 10077 validiert. Die Berechnung der punktuellen Wärmebrücken erfolgt mittels Verlustkoeffizient χ der Befestigungen. Bei komplexen Bauteilen bzw. Bauteilanschlüssen besteht auch die Möglichkeit die Wärmebrücken anhand von 3D-Simulationen zu untersuchen. Für die hier durchgeführten Untersuchungen sind jedoch auch bei 2D-Berechnungen ausreichend zuverlässige Aussagen möglich bzw. die Ergebnisse auf der sicheren Seite.

Als Grundlage für die Wärmebrückenberechnungen dient eine 2D-AutoCAD-Zeichnung eines Schnittes durch den Wandaufbau inkl. Nistkasten. Wichtig ist hierbei die Wahl der Schnittebene, sodass die mögliche kritische Stelle abgebildet wird. Diese Zeichnung wird als DXF-Datei mittels Underlay-Funktion in das Programm Therm® eingefügt.

Die für die Wärmebrückenberechnungen erforderlichen bauphysikalischen Baustoffkennwerte sind in nachfolgender Tabelle (Tabelle 5) aufgelistet. Als Quellen wurden dabei die ÖNORM B 8110-7:2013, die ON-V 31:2001 sowie das Merkblatt 821 zu rostfreiem Edelstahl herangezogen.

Tabelle 5: Bauphysikalische Baustoffkennwerte

Material	λ in W/(m.K)
Kalkputz	1,2115
Stahlbeton	2,3
Mauerwerk	0,69
EPS	0,038
Kalkzementputz	1,38

Einen maßgebenden Einfluss auf die Dauer der einzelnen Wärmebrückensimulationen und in weiterer Folge auf die Genauigkeit der Simulationsergebnisse haben die Feinraster-Parameter (auch als Mesh oder Grid bezeichnet). Je kleiner die Anfangsschrittweite und je geringer der Vergrößerungsfaktor, desto größer ist die Anzahl der Zellen, in die das Detail zerlegt wird und desto genauere Aussagen können getroffen werden. Doch auch der Aufwand bzw. die Rechendauer steigen damit stark an. Es muss demnach ein ausreichend jedoch nicht zu feines Raster sorgfältig gewählt werden.

Als Temperatur-Randbedingungen werden innen 20 °C und außen -5 °C festgelegt, wobei diese keine Auswirkung auf das Ergebnis haben. Die Einheit des χ -Wertes ist W/K – somit ist dieser unabhängig von der Temperaturdifferenz. Es wäre ebenso eine Berechnung mit 1K Temperaturdifferenz möglich (1 °C innen, 0 °C außen).

Die Wärmeübergangswiderstände für innen und außen werden wie in Tabelle 6 dargestellt, in der Berechnung, berücksichtigt.

Tabelle 6: Wärmeübergangswiderstände

R_{si}^*	Wärmeübergangswiderstand innen	0,13	(m ² .K)/W
R_{si}^{**}	Wärmeübergangswiderstand innen	0,25	(m ² .K)/W
R_{se}	Wärmeübergangswiderstand außen	0,04	(m ² .K)/W

* gilt für wärmetechnische Berechnungen gemäß ÖNORM B 8110-2

** gilt für Berechnungen, die sowohl Wärme als auch Feuchte beurteilen gemäß ÖNORM B 8110-2

Als Verankerungsgrund wird einheitlich mit 200 mm Stahlbeton gerechnet, da damit der größte Teil aller Neubauten in Österreich abgedeckt wird. Als weitere Untersuchungsvariante wird der Wandaufbau mit 300 mm Ziegel-Mauerwerk berücksichtigt.

4.3 Untersuchung des Ist-Zustands

Um den Ist-Zustand der ausgewählten Nistplatzlösungen hinsichtlich Wärmebrücken zu untersuchen, wurden die derzeitigen Ausführungsformen simuliert. Für die drei ausgewählten Nistplätze sind die Simulationsergebnisse in den folgenden Kapiteln dargestellt.

Für die Berechnung der Wärmebrücken werden die entsprechenden Bauteilanschlüsse entweder direkt im Programm Therm gezeichnet oder als AutoCAD-DXF-Datei importiert. Neben Geometrie

müssen die einzelnen Materialdaten inkl. genauer Wärmeleitfähigkeiten der Materialien den Schichten zugeordnet werden. Für die hier präsentierten Berechnungen wurden die gemessenen und die in der Tab. 5 genannten Wärmeleitfähigkeiten verwendet. Nach Fertigstellen des Modells werden die inneren und äußeren Randbedingungen (Boundaries) zugewiesen. Es wurden innen +20°C und außen -5°C, (lt. ÖNORM B 8110-2, ÖNORM EN ISO 13788 bzw. DIN 4108-2) als Randbedingungen an den Oberflächen angenommen. Als Übergangskoeffizienten (Kehrwert des jeweiligen R-Werts) wurde 4,0 (1/0,25 für $R_{si}=0,25 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$) angegeben.

4.3.1 Untersuchung des Ist-Zustands von Nistkasten Mauersegler Schwegler

Die Darstellung der AutoCAD-Zeichnung und der Berechnungsergebnisse des Ist-Zustandes der Einbausituation des Nistkastens Mauersegler Schwegler ist in Abbildung 26 und Abbildung 27 dargestellt. In der Regel werden die Nistplätze an der Fassade in das WDVS eingebracht, sodass die Fassadenfläche aus der architektonisch Sicht möglichst ungestört bleibt. Bei einer Dicke des WDVS von 160 mm bleibt der Nistkasten bündig eingebaut, ermöglicht aber keine Dämmschicht zwischen der Außenwand und dem Nistkasten. Abbildung 26 links stellt die Skizze des Ist-Zustands des Nistkastens Mauersegler Schwegler dar, der an einer Stahlbetonaußenwand mit der Dicke 200 mm mit einer Edelstahlschraube in 160 mm starkes EPS-WDVS befestigt ist. Abbildung 26 stellt in der Mitte und rechts die Ergebnisse der Wärmebrücken-Berechnung als Verlauf der Isothermen mit den maximalen und minimalen Temperaturen sowie als Temperaturverteilung mit einer Farbskala dar. Die niedrigste Innenoberflächentemperatur ist 10,4°C, somit ist der Temperaturfaktor $f_{Rsi}=0,616$.

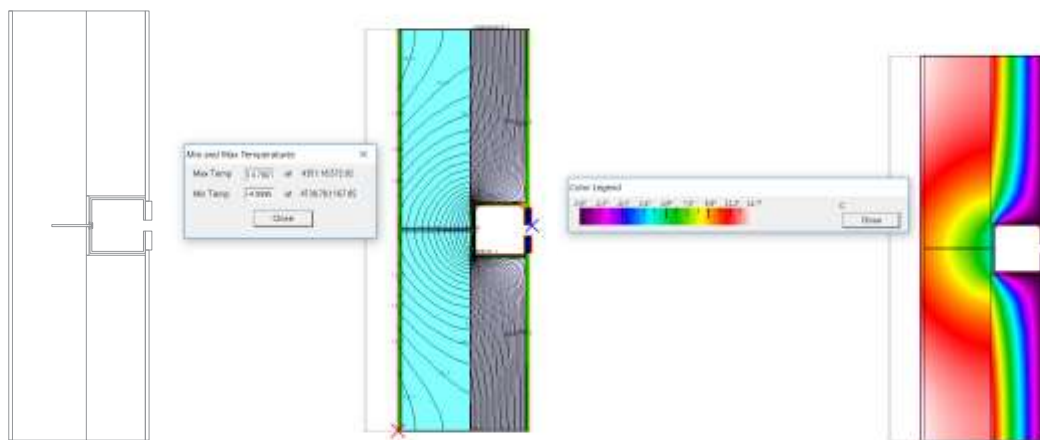


Abbildung 26: Darstellung der Einbausituation und der Ergebnisse der Simulationsberechnung des Istzustands des Nistkastens Mauersegler Schwegler, Stahlbeton 200 mm + WDVS - EPS 160 mm

Als Wärmebrücke bezeichnet man einen örtlich begrenzten Bereich der Gebäudehülle, wo sich im Vergleich zu unmittelbar angrenzenden Bereichen ein veränderter (meist erhöhter) Wärmefluss einstellt (eine Temperaturdifferenz zwischen innen und außen vorausgesetzt). Der Ist-Zustand des Nistkastens Mauersegler Schwegler stellt eine Wärmebrücke dar (in Abbildung 26 rechts sichtbar). Die Ergebnisse der Simulationsberechnung zeigen deutlich die Veränderung des Wärmeflusses durch den Nistkasten im Vergleich zur ungestörten Wand.

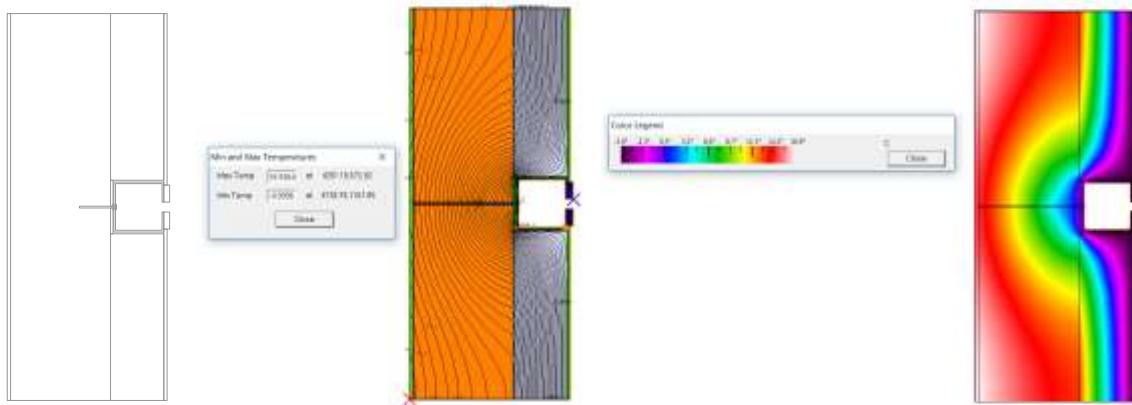


Abbildung 27: Darstellung der Einbausituation und die Ergebnisse der Simulationsberechnung des Istzustands des Nistkasten Mauersegler Schwegler, Mauerwerk 300 mm + WDVS - EPS 160 mm

Wie Abbildung 27 zeigt, stellt die aktuelle Einbausituation des Mauersegler Schwegler Nistkastens auch bei einer Montage an eine 300 mm Ziegel-Mauerwerkwand eine Wärmebrücke dar. Die niedrigste Innenoberflächentemperatur ist 14,4°C, somit ist der Temperaturfaktor $f_{Rsi}=0,776$.

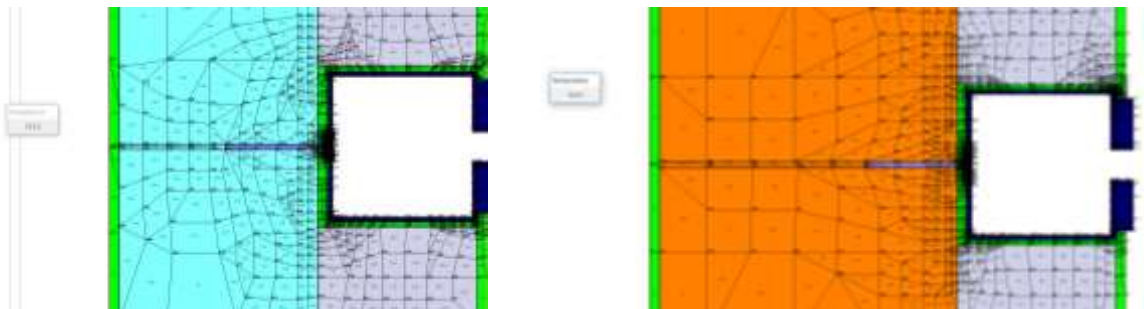


Abbildung 28: Die Ergebnisse der Simulationsberechnung des Istzustands des Nistkasten Mauersegler Schwegler mit den niedrigsten Oberflächentemperaturen (Links: Stahlbetonaußenwand 200 mm + WDVS - EPS 160 mm; rechts: Ziegelmauerwerk 300 mm + WDVS - EPS 160 mm)

4.3.2 Untersuchung des Ist-Zustands von Nistkasten Mauersegler Hasselfeldt

Die AutoCAD-Zeichnung und die Berechnungsergebnisse der Einbausituation von Nistkasten Mauersegler Hasselfeldt sind in Abbildung 29 und Abbildung 30 dargestellt. In der Regel werden auch diese Nistplätze an der Fassade in das WDVS eingebracht, sodass die Fassadenoberfläche aus der architektonischen Sicht möglichst ungestört bleibt. Bei einer Dicke des WDVS von 200 mm kann der Nistkasten bündig eingebaut werden, ermöglicht aber keine Dämmschicht zwischen der Außenwand und dem Nistkasten. Abbildung 29 links stellt die Skizze des Ist-Zustands des Nistkastens Mauersegler Hasselfeldt dar, der an die Stahlbetonaußenwand mit einer Dicke von 200 mm mit einer Edelstahlschraube in das 200 mm EPS-WDVS befestigt wird. Abbildung 29 in der Mitte und rechts stellt die Ergebnisse der Wärmebrückenberechnung mit dem THERM Programm als Verlauf der Isothermen mit den maximalen und minimalen Temperaturen sowie die Temperaturverteilung mit der Farbskala dar. Die Untersuchung des Ist-Zustands des Nistkastens Mauersegler Hasselfeldt mit dem Simulationsprogramm THERM hat folgende Ergebnisse gebracht: Die niedrigste

Innenoberflächentemperatur der Stahlbetonaußenwand (200 mm + WDVS - EPS 200 mm) ist 12,0°C. Somit ist der Temperaturfaktor $f_{Rsi}=0,68$.

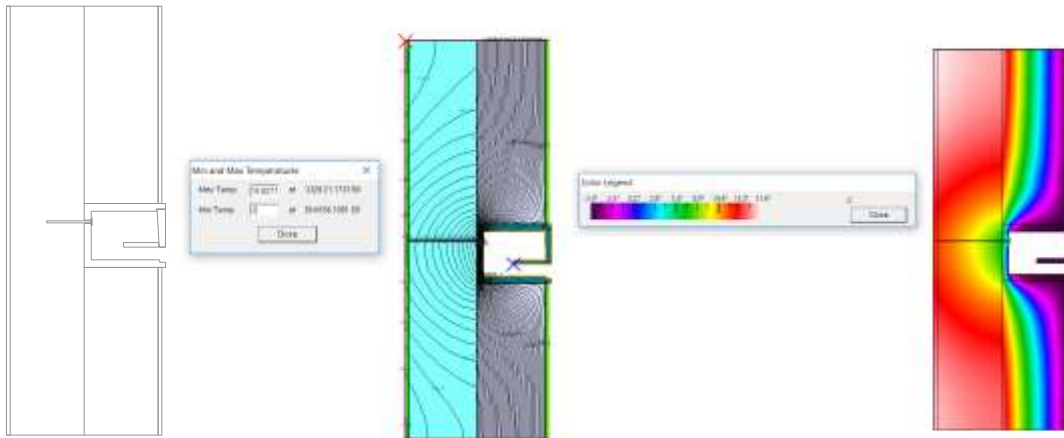


Abbildung 29: Darstellung der Einbausituation und die Ergebnisse der Simulationsberechnung des Istzustands von Nistkasten Mauersegler Hasselfeldt, Stahlbeton 200 mm + WDVS - EPS 160 mm

Die niedrigste Innenoberflächentemperatur bei der Mauerwerkaußenwand (300 mm + WDVS - EPS 200 mm) ist 14,4 °C und der zugehörige Temperaturfaktor beträgt $f_{Rsi}=0,776$.

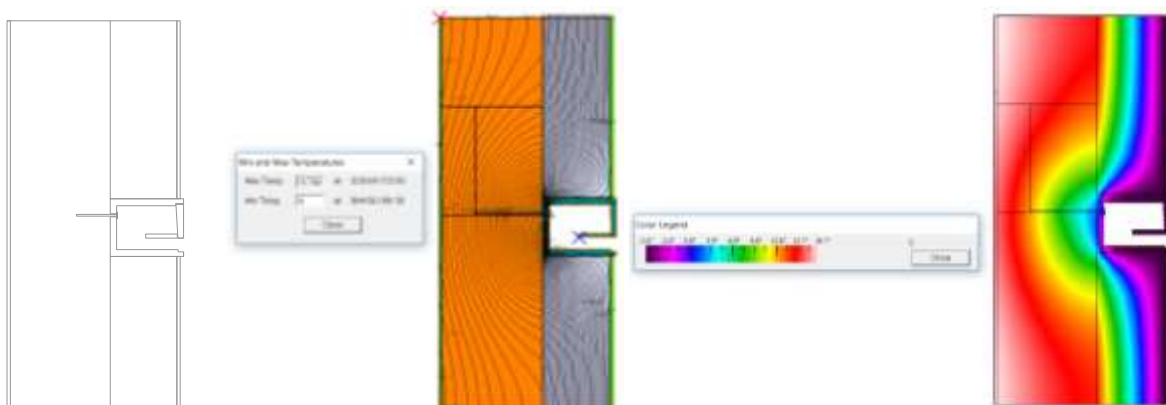


Abbildung 30: Darstellung der Einbausituation und die Ergebnisse der Simulationsberechnung des Istzustands des Nistkasten Mauersegler Hasselfeldt, Mauerwerk 300 mm + WDVS - EPS 160 mm

4.3.3 Untersuchung des Ist-Zustands von Fledermaus Quartier Strobel

Abbildung 31 stellt die AutoCAD-Zeichnung und die Berechnungsergebnisse der Einbausituationen des Fledermaus Quartiers Strobel dar. In der Regel werden auch diese Nistplätze an der Fassade in das WDVS eingebracht. Die Fassadenoberfläche bleibt ungestört. Bei der Dicke des WDVS von 80 mm kann der Nistkasten bündig eingebaut werden. Abbildung 31 links stellt die Skizze des Ist-Zustands des Fledermaus Quartiers Strobel dar, der an die Stahlbetonaußenwand mit einer Dicke von 200 mm mit einer Edelstahlschraube in 80 mm EPS-WDVS befestigt wird. Abbildung 31 in der Mitte und rechts stellt die Ergebnisse der Wärmebrückenberechnungen dar. Die Untersuchung des Ist-Zustands des Fledermaus Quartiers Strobel mit dem Simulationsprogramm THERM hat folgende Ergebnisse gebracht: Die niedrigste Innenoberflächentemperatur der Stahlbetonaußenwand (200 mm + WDVS - EPS 80 mm) ist 12,5°C und der Temperaturfaktor $f_{Rsi}=0,7$.

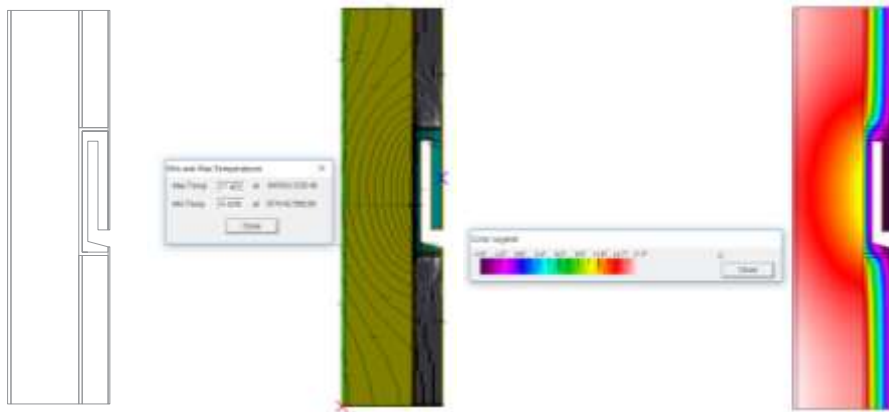


Abbildung 31: Darstellung der Einbausituation und die Ergebnisse der Simulationsberechnung des Istzustands von Fledermaus Quartier Strobel; Aufbau Stahlbeton 200 mm + WDVS - EPS 160 mm

Für die Untersuchung des Einbaus im Ist-Zustand des Fledermaus Quartiers auf einer Außenwand aus Mauerwerk kommen die Simulation zu einer minimalen Oberflächentemperatur von 14,7 °C und demnach einem Temperaturfaktor $f_{Rsi}=0,788$.

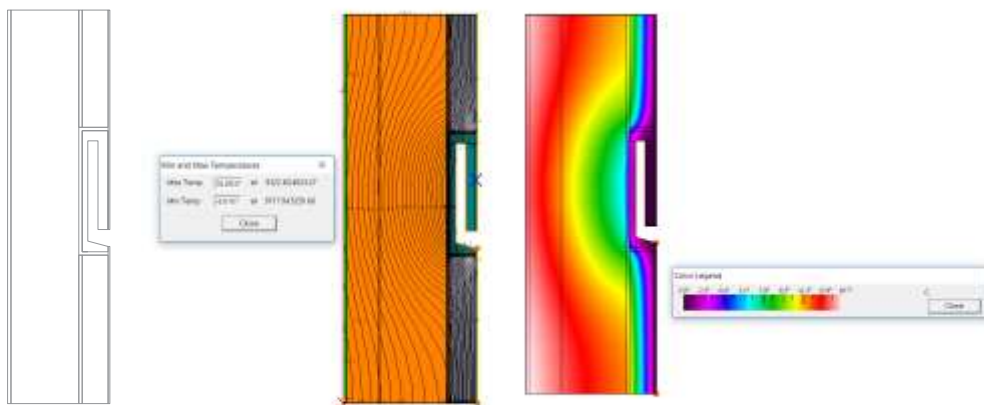


Abbildung 32: Darstellung der Einbausituation und die Ergebnisse der Simulationsberechnung des Istzustands von Fledermaus Quartier Strobel; Aufbau Mauerwerk 300 mm + WDVS - EPS 160 mm

In dieser geklebten Ausführungsform (sowohl an einer Stahlbetonaußenwand als auch an einer Ziegelmauerwerkaußenwand) ist eine Wärmedämmung der Fassade in einer maximalen Stärke von rund 80 mm möglich, da sonst das Fledermaus Quartier Strobel in der Fassade zurückliegen würde und nicht genutzt werden könnte. Die bisherige Befestigung mit Kleber ist nur bei direktem Kontakt mit der Wandkonstruktion denkbar und in keinem Fall auf der Dämmung in dieser Form anzubringen. Varianten zu dieser Befestigungsweise werden in Kapitel 4.4.3 untersucht.

4.4 Optimierung der Nistplätze hinsichtlich Wärmebrücken

In weiterer Folge wurden, aufbauend auf den Wärmebrücken-Berechnungen bei aktuellen Befestigungen, Überlegungen bezüglich einer Wärmebrücken-Optimierung angestellt. Es wurden

sowohl die Auswirkungen auf die Dämmstärke bzw. auf den thermischen Widerstand der Gebäudekonstruktion als auch verschiedene Variationen des Materials und der Wärmeleitfähigkeit bzw. Einfluss dieser untersucht.

Für gängige Wärmebrücken, die durch Leitungs- oder Rohrdurchführung, durch diverse mechanische Befestigungselemente sowie durch kleinere Einbauten verursacht werden, sind teilweise bereits industriell entwickelte Lösungsmöglichkeiten von bekannten Herstellern vorhanden die ev. auch hier Verwendung finden könnten (die Montage wäre aber kostenaufwendig). Diese Sonderlösungen werden im Folgenden vorgestellt.

Die in Abbildung 33 dargestellte Methode der Firma STO beinhaltet das Ausschäumen der Fugen mit dem Pistolenschaum SE nach dem Einbau eines Elements, für das eine Aussparung in der Dämmung erforderlich war.[7]

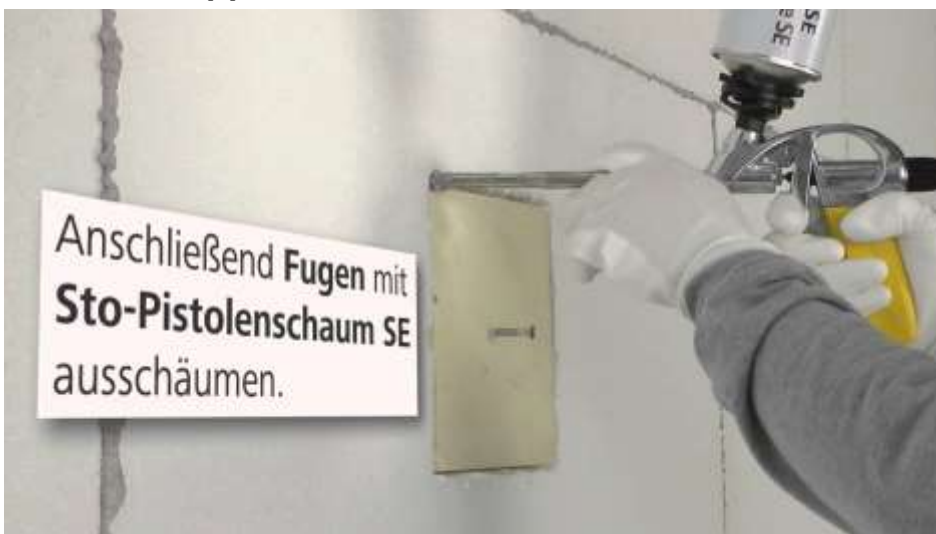


Abbildung 33: StoFixQuader HD Maxi - Befestigung im WDVS mit StoFix Quader

Abbildung 31 zeigt Montagequader, die zur wärmebrückenfreien Montage von Polystyrol- und mineralischen Fassadendämmstoffen genutzt werden können. Diese Montagequader aus PU-Hartschaum werden an der entsprechenden Stelle der Fassade statt der Dämmung eingesetzt und bieten durch ihre einzelnen Module die Möglichkeit flexibel eingesetzt zu werden.[8]

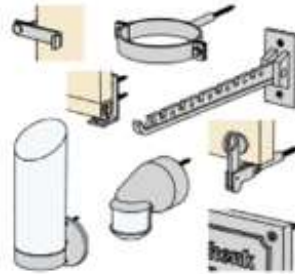
Montagequader

Eco-Fix M-Q (Konstruktionsdetails M 1:10/Bemessungsangaben)

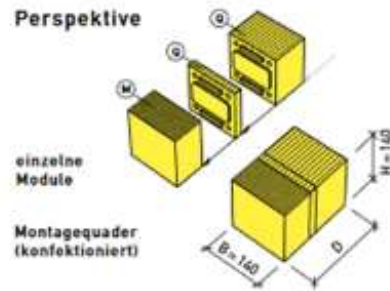
Wärmebrückenfreie Montage in Polystyrol- und mineralischen Fassadendämmstoffen

Anwendungsbereiche z. B.:

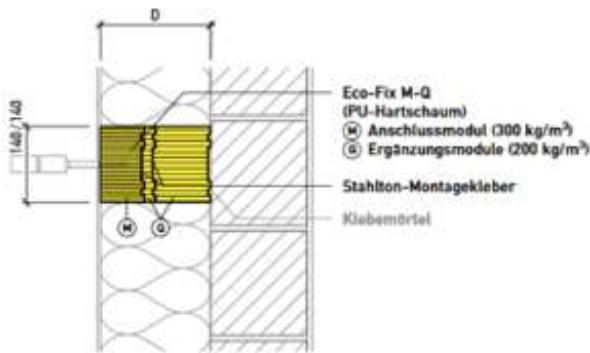
- Bewegungsmelder
- Klappläden (Rückhalter/Vorreiber)
- Kleiderbügelträger
- Leichte Lampen
- Rohrschellen
- Schiebeläden (Führung unten)
- Schwere Schilder



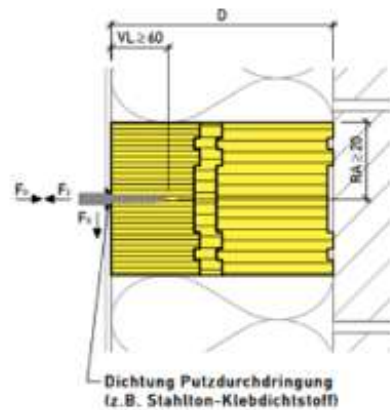
Perspektive



Vertikalschnitt (Beispiel: Rohrschelle)



Montagedetail Fremdmontage 1:5



Konfektionstabelle *

Dicke D (mm)	= Dicke Modul (M)	+ Dicke Modul(e) (Q)
80	80	—
100	80	20
120	80	40
140	80	60
160	80	80
180	80	100
200	80	100 + 20
220	80	100 + 40
240	80	100 + 60
260	80	100 + 80
280	80	100 + 100
300	80	100 + 100 + 20

* empfohlene Kombination (Reihenfolge Module (M) (Q) frei)

Bemessungsangaben:

Voraussetzungen:

- Element auf Untergrund verklebt (Haftzugfestigkeit $\geq 0.25 \text{ N/mm}^2$)
- Spanplatten- oder Blechschrauben ohne Schaft
- Schraubendurchmesser $\geq 6 \text{ mm}$
- Verankerungslänge $VL \geq 60 \text{ mm}$
- Randabstand $RA \geq 20 \text{ mm}$
- Abstand zwischen Schrauben $\geq 40 \text{ mm}$

Zulässige Kräfte / Schraube bzw. Element:

$F_B = 0.40 \text{ kN (60 kg)}$

$F_Z = 0.40 \text{ kN (60 kg)}$

$F_G = 0.15 \text{ kN (15 kg)}$

Abbildung 31 Montagequader; ECO-Fix M-Q (Konstruktionsdetails)

Für Wandaufbauten der Firma Knauf existieren Universalmontageplatten, die in die Fassade eingebaut werden können und eine Möglichkeit für mechanische Befestigungen bieten, wodurch nur keine Wärmebrücken entstehen. An die eingebaute Montageplatte können dann unterschiedliche Objekte außerhalb der Fassade angebracht werden.



Knauf Universalmontageplatte Alu TRI

für wärmebrückenfreie, konstruktive Befestigungen in Knauf WARM-WAND Systemen

Abbildung 34: Knauf Universalmontageplatte Alu TRI

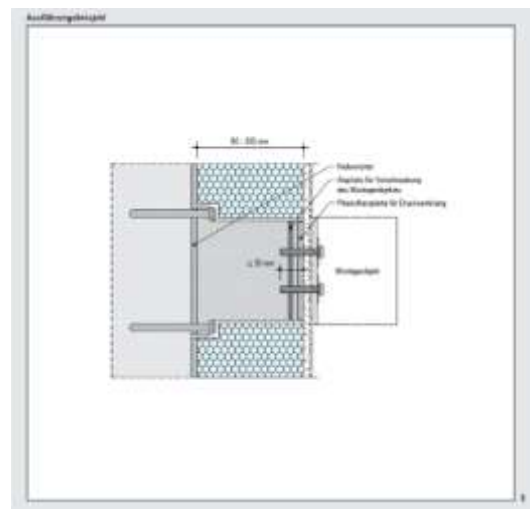


Abbildung 35: Knauf Universalmontageplatte Alu TRI - Ausführungsbeispiel

Die Optimierung der vorhandenen Nistplatzmöglichkeiten hinsichtlich der verursachten Wärmebrücken wurde hier anhand verschiedener Varianten untersucht.

Bezüglich der angedachten Befestigungen wird davon ausgegangen, dass diese statisch ausreichend sind, um eine stabile Lage der Nistplätze an bzw. in der Fassade sicherzustellen und keine Beeinträchtigungen oder Schäden an der Fassade auslösen. Im einzelnen Anwendungsfall muss die Art und Größe der Befestigung jedoch detailliert geprüft und an die Ausgangssituation angepasst werden.

Die Variationsmöglichkeiten bezüglich der Optimierung ergeben sich aus folgenden Parametern:

- Wandbaustoff: Stahlbeton ($\lambda=2,3 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$) oder Mauerwerk ($\lambda=0,69 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$)
- WDVS-Aufbau: 160 mm oder 200 mm
- Verwendetes Dämmmaterial: EPS ($\lambda=0,038 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$) oder Calostat ($\lambda=0,019 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$)
- Positionierung an der Fassade: bündig mit Fassade oder vorstehend
- Material der Befestigungselemente: Edelstahl, Stahl

Bei dem im Rahmen der Optimierung eingesetzten Dämmmaterial CALOSTAT handelt es sich um ein nicht brennbares Material mit einer äußerst geringen Wärmeleitfähigkeit $\lambda=0,019 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$. Darüber hinaus ist es dampfdiffusionsoffen, nimmt jedoch kein Flüssigwasser auf. Wichtig besonders für die Verwendung in der Nähe von den Nistplätzen ist, dass weder Fungizide noch Algizide oder Pestizide enthalten sind.[9]

Die Wärmeleitfähigkeiten der für die Optimierungen zusätzlich erforderlichen Baustoffe sind in 7 aufgelistet.

Tabelle 7: Wärmeleitfähigkeiten der Baustoffe für die Optimierung

Material	λ
	in W/(m.K)
Edelstahlschrauben und Winkel	15
Stahl - Schrauben und Winkel	60
Calostat	0,019
Purenit **	0,086
Polyethylen – Schaumstoffmatte**	0,04

**Wärmeleitfähigkeit des Purenit ist 0,07-0,086 W/(m.K) und der Polyethylen – Schaumstoffmatte 0,034-0,04 W/(m.K). Für die Simulationsberechnungen wurden die schlechteren Werte verwendet um auf der sichereren Seite zu bleiben.[10]

4.4.1 Optimierungsvarianten für den Nistkasten Mauersegler Schwegler

Die Optimierung der Integration des Nistkastens Schwegler für Mauersegler erfolgte durch die Betrachtung verschiedener Varianten. Es wurde nicht nur beim Wandbaustoff zwischen Stahlbeton und Mauerwerk unterschieden, sondern auch unterschiedliche Dämmstärken (200mm und 160mm) für das WDVS wurden untersucht. Basierend auf dieser Änderung der Gesamtdämmstärke ändert sich auch die Dicke des Dämmstreifens an der Rückseite des Nistkastens (zwischen Wand und Nistkasten). Für diesen Dämmstreifen wurde auch das Dämmmaterial variiert, zwischen EPS und einem Dämmstoff mit einer viel geringeren Wärmeleitfähigkeit. Außerdem ist es durch den Aufbau des Nistkastens bei einer Dämmstärke von 160mm oder weniger nicht möglich, dass der Nistkasten bündig mit der Fassade abschließt. Die Befestigung für diesen Nistkasten erfolgt über Schrauben aus Stahl bzw. Edelstahl. Eine Übersicht der Varianten ist in Tabelle 8 dargestellt.

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt für jede der Varianten nach dem gleichen Schema. Die Abbildung links stellt das Ergebnis der Wärmebrückenberechnung mit dem Programm THERM als Verlauf der Isothermen mit maximalen und minimalen Temperaturen dar. Rechts ist für jede Variante das Temperaturfeld mit Farbskala dargestellt.

Tabelle 8: Übersicht der Optimierungsvarianten für den Nistkasten Mauersegler Schwegler

Bezeichnung	Wandbaustoff	Dämmung Fassade EPS	Dämmung Rückseite Nistkasten	Positionierung	Befestigungselemente
A SB 1	Stahlbeton	160 mm	EPS	herausstehend	Edelstahlschrauben
A SB 2	Stahlbeton	160 mm	Calostat	herausstehend	Edelstahlschrauben
A SB 3	Stahlbeton	200 mm	EPS	bündig	Edelstahlschrauben
A SB 4	Stahlbeton	200 mm	Calostat	bündig	Edelstahlschrauben
A MW 1	Mauerwerk	160 mm	EPS	herausstehend	Edelstahlschrauben
A MW 2	Mauerwerk	160 mm	Calostat	herausstehend	Edelstahlschrauben
A MW 3	Mauerwerk	200 mm	EPS	bündig	Edelstahlschrauben
A MW 4	Mauerwerk	200 mm	Calostat	bündig	Edelstahlschrauben

4.4.1.1 A SB 1 - Wärmebrückenberechnung für Nistkasten Mauersegler Schwegler - Stahlbeton 200 mm + WDVS - EPS 160 mm, mit zusätzlicher Dämmschicht aus EPS

Die Berechnungsergebnisse der Einbausituation des Nistkastens Mauersegler Schwegler sind in Abbildung 36 dargestellt. Bei einer Dicke des WDVS von 160 mm bleibt der Nistkasten herausstehend, wenn eine Dämmschicht zwischen der Außenwand und dem Nistkasten montiert wird. Abbildung 36 zeigt die Einbausituation, wenn das Nistkästchen an eine mit 160 mm EPS-WDVS gedämmte Stahlbetonaußenwand (200 mm) mit einer Edelstahlschraube durch die **zusätzliche Dämmschicht aus EPS** befestigt wird.

Die Untersuchung des Nistkastens Mauersegler Schwegler ergibt folgende Ergebnisse: Die niedrigste Innenoberflächentemperatur der Stahlbetonaußenwand (200 mm + WDVS - EPS 160 mm) ist 15,2°C und der Temperaturfaktor $f_{Rsi}=0,808$.

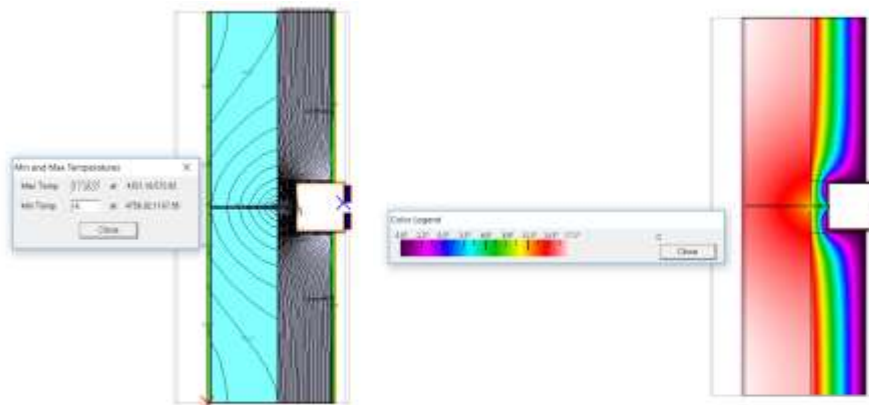


Abbildung 36: Ergebnisse der Simulationsberechnung des Nistkastens Mauersegler Schwegler, Stahlbeton 200 mm + WDVS - EPS 160 mm, mit zusätzlicher Dämmschicht aus EPS

4.4.1.2 A SB 2 – Wärmebrückenberechnung von Nistkasten Mauersegler Schwegler - Stahlbeton 200 mm + WDVS - EPS 160 mm, mit zusätzlicher Dämmschicht aus CALOSTAT

Abbildung 37 zeigt die Lage des Nistkastens Mauersegler Schwegler, der an einer mit 160 mm EPS-WDVS gedämmten Stahlbetonaußenwand (200 mm) mit einer Edelstahlschraube durch **die zusätzliche Dämmschicht aus CALOSTAT** befestigt wird. Der Unterschied zur Variante A SB 1 besteht demnach in dem verwendeten Dämmmaterial hinter dem Nistkasten

Die Untersuchung kommt zu folgenden Ergebnissen: Die niedrigste Innenoberflächentemperatur der Stahlbetonaußenwand (200 mm + WDVS - EPS 160 mm) ist 15,4°C und der Temperaturfaktor $f_{Rsi}=0,816$.

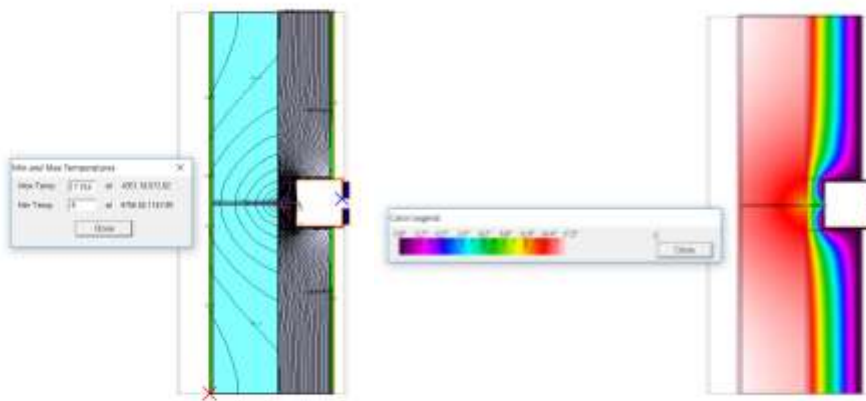


Abbildung 37: Ergebnisse der Simulationsberechnung von Nistkasten Mauersegler Schwegler, Stahlbeton 200 mm + WDVS - EPS 160 mm, mit zusätzlicher Dämmschicht aus CALOSTAT

4.4.1.3 A SB 3 – Wärmebrückenberechnung von Nistkasten Mauersegler Schwegler - Stahlbeton 200 mm + WDVS - EPS 200 mm, mit zusätzlicher Dämmschicht aus EPS

Bei einer Dicke des WDVS von 200 mm bleibt der Nistkasten bündig eingebaut und ermöglicht eine Dämmschicht zwischen der Außenwand und dem Nistkasten. Abbildung 38 zeigt die Situation bei einem Einbau auf einer mit 200 mm gedämmten Stahlbetonaußenwand (200 mm) und einer Befestigung mit der Edelstahlschraube **durch die zusätzliche Dämmschicht aus EPS**. Die Untersuchung kommt zu folgenden Ergebnissen: Die niedrigste Innenoberflächentemperatur der Stahlbetonaußenwand (200 mm + WDVS - EPS 200 mm) ist 15,3°C und der Temperaturfaktor $f_{Rsi}=0,812$.

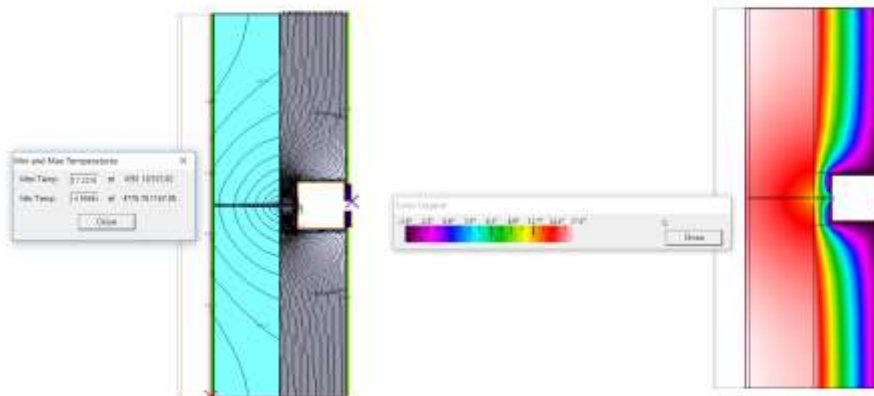


Abbildung 38: Ergebnisse der Simulationsberechnung des Nistkasten Mauersegler Schwegler, Stahlbeton 200 mm + WDVS - EPS 200 mm, mit zusätzlicher Dämmschicht aus EPS

4.4.1.4 A SB 4 – Wärmebrückenberechnung von Nistkasten Mauersegler Schwegler - Stahlbeton 200 mm + WDVS - EPS 200 mm, mit zusätzlicher Dämmschicht aus CALOSTAT

Bei dieser Variante wurde für die **zusätzliche Dämmschicht zwischen Außenwand und Nistkästchen die Dämmung CALOSTAT** statt EPS im Vergleich zur Variante A SB 3 verwendet. Die Wärmebrückenuntersuchung des Nistkasten Mauersegler Schwegler hat folgende Ergebnisse gebracht: Die niedrigste Innenoberflächentemperatur der Stahlbetonaußenwand (200 mm + WDVS - EPS 200 mm) ist 15,5°C und der Temperaturfaktor $f_{Rsi}=0,82$. Abbildung 39 zeigt die Ergebnisse der Simulation analog zu den anderen Varianten.

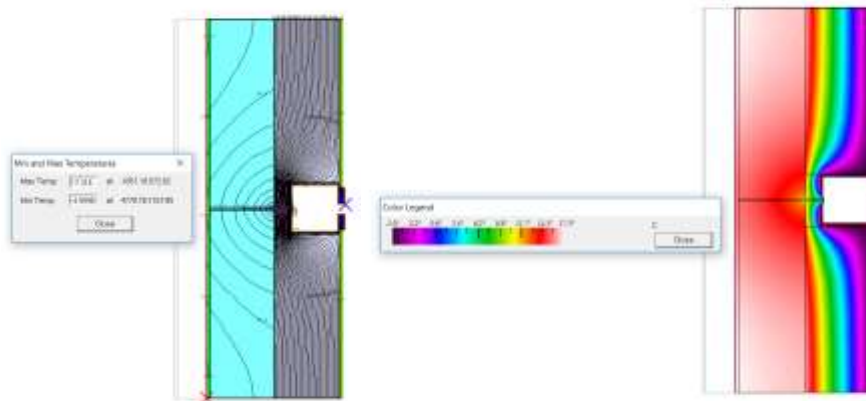


Abbildung 39: Ergebnisse der Simulationsberechnung des Nistkasten Mauerseglers Schwegler, Stahlbeton 200 mm + WDVS - EPS 200 mm, mit zusätzliche Dämmschicht aus CALOSTAT

4.4.1.5 A MW 1- Wärmebrückenberechnung des Nistkasten Mauerseglers Schwegler - Ziegelmauerwerk 300 mm + WDVS - EPS 160 mm, mit zusätzlicher Dämmschicht aus EPS (herausstehend)

Die Berechnungsergebnisse der Einbausituation von Nistkasten Mauerseglers Schwegler sind in Abbildung 40 dargestellt. Bei einer Dicke des WDVS von 160 mm bleibt der Nistkasten herausstehend, wenn eine Dämmschicht zwischen der Außenwand und dem Nistkasten eingebaut wird. Abbildung 40 links zeigt die Skizze des Nistkastens Mauerseglers Schwegler, der an eine 300 mm dicken und mit 160 mm EPS gedämmten Mauerwerkaußenwand mit der Edelstahlschraube durch eine **zusätzliche Dämmschicht aus EPS** befestigt.

Die Untersuchung mit dem Simulationsprogramm THERM hat folgende Ergebnisse gebracht: Die niedrigste Innenoberflächentemperatur der Mauerwerkaußenwand (300 mm + WDVS - EPS 160 mm) ist 16,4°C und der Temperaturfaktor $f_{Rsi}=0,856$.

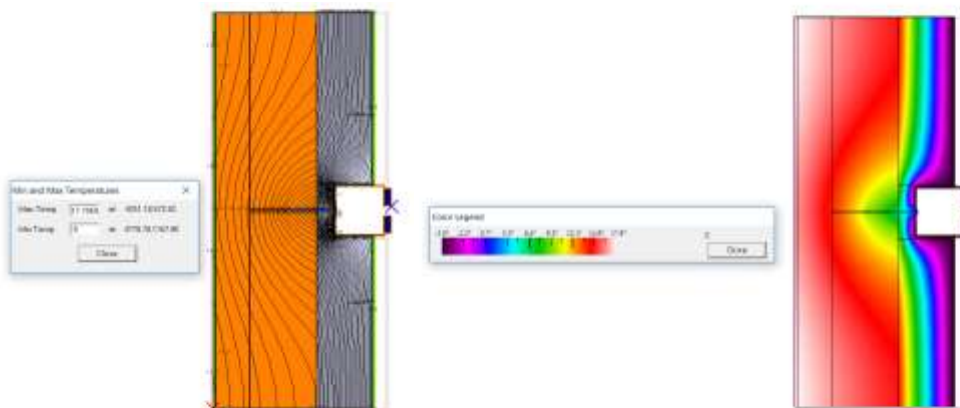


Abbildung 40: Ergebnisse der Simulationsberechnung des Nistkasten Mauerseglers Schwegler, Mauerwerk 300 mm + WDVS - EPS 160 mm, mit zusätzlicher Dämmschicht aus EPS

4.4.1.6 A MW 2 - Wärmebrückenberechnung des Nistkasten Mauerseglers Schwegler - Mauerwerk 300 mm + WDVS - EPS 160 mm, mit zusätzlicher Dämmschicht aus CALOSTAT (herausstehend)

Bei dieser Variante wurde die EPS-Dämmschicht zwischen der Außenwand und dem Nistkästchen durch eine **Dämmschicht aus CALOSTAT** ersetzt. Abbildung 41 zeigt die Ergebnisse der Wärmebrückenberechnung mit THERM.

Die Untersuchung dieser Variante hat folgende Ergebnisse gebracht: Die niedrigste Innenoberflächentemperatur der Mauerwerkaußenwand (300 mm + WDVS - EPS 160 mm) ist 16,5°C und der Temperaturfaktor $f_{Rsi}=0,86$.

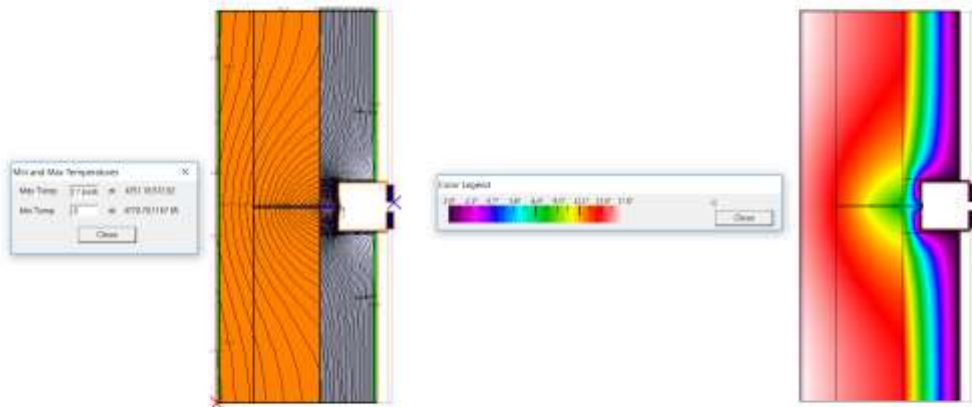


Abbildung 41: Ergebnisse der Simulationsberechnung des Nistkastens Mauersegler Schwegler, Mauerwerk 300 mm + WDVS - EPS 160 mm, mit zusätzlicher Dämmschicht aus CALOSTAT

4.4.1.7 A MW 3 - Wärmebrückenberechnung des Nistkastens Mauersegler Schwegler – Mauerwerk 300 mm + WDVS - EPS 200 mm + zusätzliche Dämmschicht aus EPS (bündig)

Bei einer Dicke des WDVS von 200 mm kann der Nistkasten bündig eingebaut werden und ermöglicht außerdem den Einbau einer Dämmschicht zwischen der Außenwand und dem Nistkasten. Abbildung 42 zeigt die Skizze des Nistkastens Mauersegler Schwegler, der an die mit 200 mm EPS-WDVS gedämmte Mauerwerkaußenwand (300 mm) mit einer Edelstahlschraube durch **die zusätzliche Dämmschicht aus EPS** befestigt ist.

Die Untersuchung ergab folgende Ergebnisse: Die niedrigste Innenoberflächentemperatur der Mauerwerkaußenwand (300 mm + WDVS - EPS 200 mm) ist 16,6°C und der Temperaturfaktor $f_{Rsi}=0,864$.

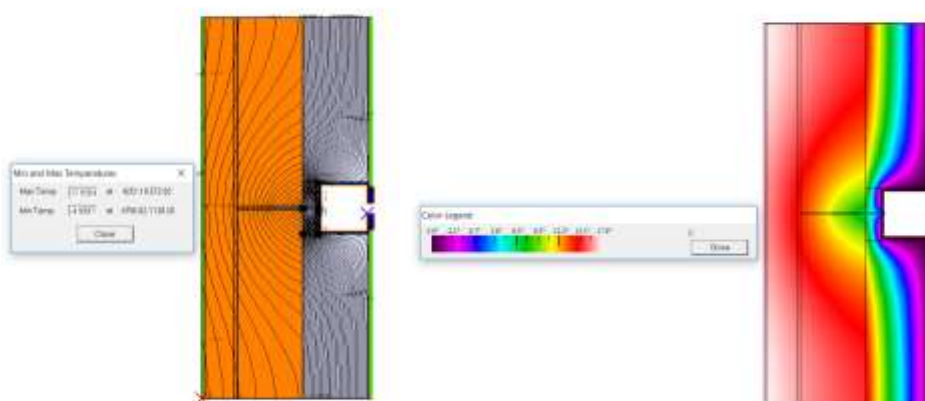


Abbildung 42: Ergebnisse der Simulationsberechnung des Nistkastens Mauersegler Schwegler, Mauerwerk 300 mm + WDVS - EPS 200 mm, mit zusätzlicher Dämmschicht aus EPS

4.4.1.8 A MW 4 - Wärmebrückenberechnung von Nistkasten Mauersegler Schwegler - Mauerwerk 300 mm + WDVS - EPS 200 mm + zusätzliche Dämmschicht aus CALOSTAT (bündig)

Die Berechnungsergebnisse der Einbausituation des Nistkastens Mauersegler Schwegler sind in Abbildung 43 dargestellt. Bei einer Dicke des WDVS von 200 mm kann der Nistkasten bündig eingebaut werden und es ist darüber hinaus der Einbau einer Dämmschicht zwischen der Außenwand und dem Nistkasten möglich. Links ist die Skizze des Nistkastens Mauersegler Schwegler dargestellt, der an einer mit 200 mm EPS-WDVS gedämmten Mauerwerkaußenwand (300 mm) mit einer Edelstahlschraube durch die **zusätzliche Dämmschicht aus CALOSTAT** befestigt wird.

Die Untersuchung mit dem Simulationsprogramm THERM hat folgende Ergebnisse gebracht: Die niedrigste Innenoberflächentemperatur der Mauerwerkaußenwand (300 mm + WDVS - EPS 200 mm) ist 16,7°C und der Temperaturfaktor $f_{Rsi}=0,868$.

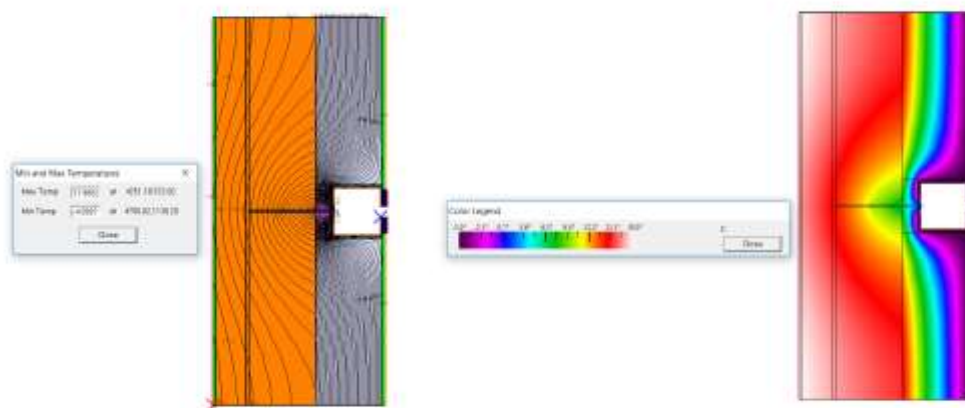


Abbildung 43: Ergebnisse der Simulationsberechnung des Nistkastens Mauersegler Schwegler, Mauerwerk 300 mm + WDVS - EPS 200 mm, mit zusätzlicher Dämmschicht aus CALOSTAT

4.4.2 Optimierungsvarianten für den Nistkasten Mauersegler Hasselfeldt

Auch bei der Optimierung der Integration des Nistkastens Hasselfeldt für Mauersegler wurden verschiedene Varianten simuliert. Es wurde sowohl Wandbaustoff zwischen Stahlbeton und Mauerwerk gewechselt als auch die Dämmstärken (200mm und 160mm) des WDVS-s. Basierend auf dieser Änderung der Gesamtdämmstärke ändert sich auch die Dicke des Dämmstreifens an der Rückseite des Nistkastens. Als Dämmmaterial wurde hier zwischen EPS und einem Dämmstoff mit einer geringeren Wärmeleitfähigkeit variiert. Außerdem ist es durch den Aufbau des Nistkastens bei einer Dämmstärke von 200mm nicht möglich, dass der Nistkasten bündig mit der Fassade abschließt, sondern er steht aus der Fassade heraus. Die Befestigung erfolgt für diesen Nistkasten in allen untersuchten Varianten über Schrauben aus Edelstahl durch die Rückseite des Nistkastens durch die Dämmung hindurch. Eine Übersicht der Varianten ist in Tabelle 8 dargestellt.

Die Ergebnisse der Simulation sind analog zu Kapitel 4.4.1 jeweils anhand des Verlaufs der Isothermen inklusiv der minimalen und maximalen Temperatur sowie des Verlaufs mit entsprechender Farbskala dargestellt.

Tabelle 9: Übersicht der Optimierungsvarianten für den Nistkasten Mauersegler Hasselfeldt

Bezeichnung	Wandbaustoff	Dämmung Fassade EPS	Dämmung Rückseite Nistkasten	Positionierung	Befestigungselemente
B SB 1	Stahlbeton	200 mm	EPS	herausstehend	Edelstahl
B SB 2	Stahlbeton	200 mm	Calostat	herausstehend	Edelstahl
B MW 1	Mauerwerk	200 mm	EPS	herausstehend	Edelstahl
B MW 2	Mauerwerk	200 mm	Calostat	herausstehend	Edelstahl

4.4.2.1 B SB 1 – Wärmebrückenberechnung des Nistkasten Mauersegler Hasselfeldt - Stahlbeton 200 mm + WDVS - EPS 200 mm mit zusätzlicher Dämmschicht aus EPS

Im Vergleich zum Ist-Zustand wird bei dieser Variante B SB 1 eine zusätzliche Dämmschicht aus EPS zwischen dem Nistkasten und der Wand eingebaut. Dadurch steht der Nistkasten aus der Dämmebene der Fassade heraus wie in Abbildung 44 aus der Darstellung der Simulationsergebnisse erkennbar ist.

Die Untersuchung des Nistkastens Mauersegler Hasselfeldt mit dem Simulationsprogramm THERM hat folgende Ergebnisse gebracht: Die niedrigste Innenoberflächentemperatur der Stahlbetonaußenwand (200 mm + WDVS - EPS 200 mm) ist 15,5°C, somit ist der Temperaturfaktor $f_{Rsi}=0,82$.

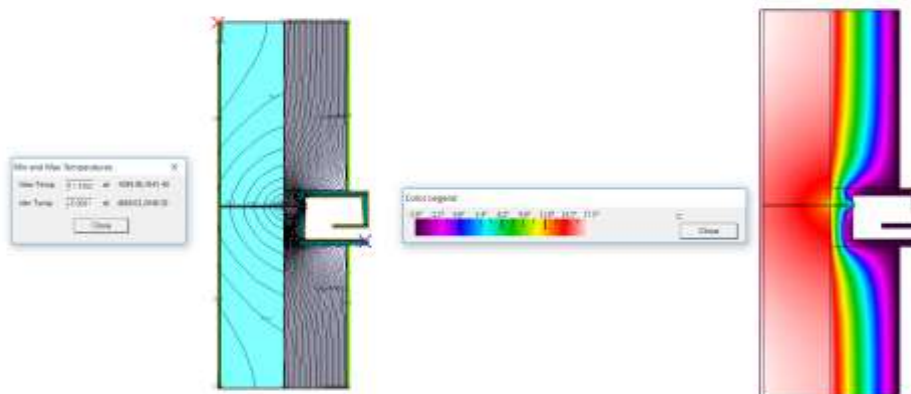


Abbildung 44: Ergebnisse der Simulationsberechnung des Nistkasten Mauersegler Hasselfeldt, Stahlbeton 200 mm + WDVS - EPS 200 mm mit zusätzlicher Dämmschicht aus EPS

4.4.2.2 B SB 2 – Wärmebrückenberechnung des Nistkasten Mauersegler Hasselfeldt - Stahlbeton 200 mm + WDVS - EPS 200 mm mit zusätzlicher Dämmschicht aus CALOSTAT

Diese untersuchte Variante unterscheidet sich zur vorherigen durch die Verwendung des Dämmmaterial Calostat für die zusätzliche Dämmung zwischen dem Nistkasten und der Außenwand. Wie beschrieben, weist dieser Dämmstoff eine deutlich geringere Wärmeleitfähigkeit auf als EPS.

Die Untersuchung dieser Variante mit dem Simulationsprogramm THERM hat folgende Ergebnisse gebracht: Die niedrigste Innenoberflächentemperatur der Stahlbetonaußenwand (200 mm + WDVS - EPS 200 mm) ist 15,7°C, somit ist der Temperaturfaktor $f_{Rsi}=0,828$.

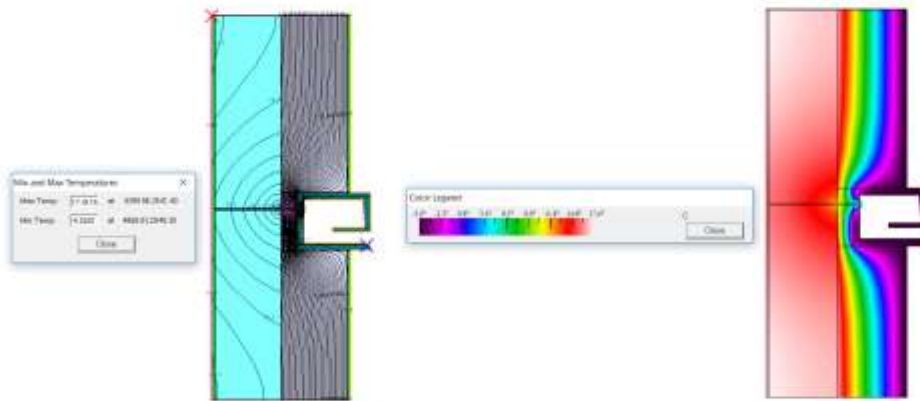


Abbildung 45: Ergebnisse der Simulationsberechnung des Nistkasten Mauersegler Hasselfeldt, Stahlbeton 200 mm + WDVS - EPS 200 mm mit zusätzlicher Dämmschicht aus CALOSTAT

4.4.2.3 B MW 1 – Wärmebrückenberechnung des Nistkasten Mauersegler Hasselfeldt - Mauerwerk 300 mm + WDVS - EPS 200 mm mit zusätzlicher Dämmschicht aus EPS

Im Vergleich zum Ist-Zustand wird bei dieser Variante B MW 1 eine zusätzliche Dämmschicht aus EPS zwischen dem Nistkasten und der Wand eingebaut. Dadurch steht der Nistkasten wie auch in den vorangegangenen Varianten aus der Dämmebene der Fassade heraus wie in Abbildung 46 aus der Darstellung der Simulationsergebnisse erkennbar ist.

Die Untersuchung des Nistkasten Mauersegler Hasselfeldt mit dem Simulationsprogramm THERM hat folgende Ergebnisse gebracht: Die niedrigste Innenoberflächentemperatur der Mauerwerkaußenwand (300 mm + WDVS - EPS 200 mm) ist 16,5°C, somit ist der Temperaturfaktor $f_{Rsi}=0,86$.

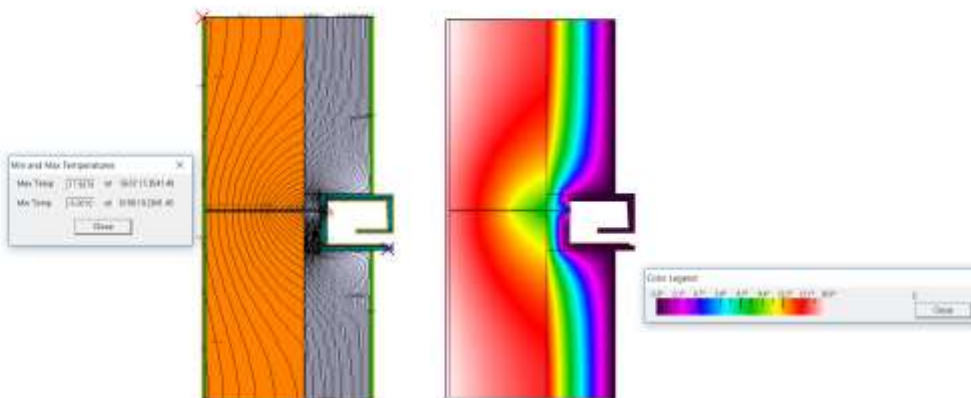


Abbildung 46: Ergebnisse der Simulationsberechnung des Nistkasten Mauersegler Hasselfeldt, Mauerwerk 300 mm + WDVS - EPS 200 mm mit zusätzlicher Dämmschicht aus EPS

4.4.2.4 B MW 2 – Wärmebrückenberechnung des Nistkasten Mauersegler Hasselfeldt - Mauerwerk 300 mm + WDVS - EPS 200 mm mit zusätzliche Dämmschicht aus CALOSTAT

Auch für den Wandaufbau aus Mauerwerk wurde eine Variante mit dem Dämmmaterial Calostat für die zusätzliche Dämmschicht untersucht.

Die Untersuchung des Nistkasten Mauersegler Hasselfeldt mit dem Simulationsprogramm THERM hat folgende Ergebnisse gebracht: Die niedrigste Innenoberflächentemperatur der Mauerwerkaußenwand (300 mm + WDVS - EPS 200 mm) ist 16,6°C, somit ist der Temperaturfaktor $f_{Rsi}=0,864$.

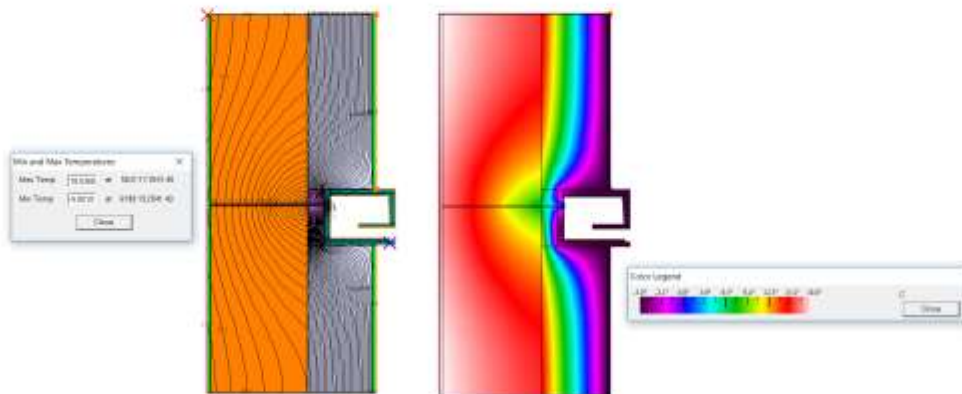


Abbildung 47: Ergebnisse der Simulationsberechnung des Nistkasten Mauersegler Hasselfeldt, Mauerwerk 300 mm + WDVS - EPS 200 mm mit zusätzlicher Dämmschicht aus CALOSTAT

4.4.3 Optimierungsvarianten für das Fledermaus Quartier

Auch das Fledermaus-Quartier soll optimiert werden, indem dahinter eine Wärmedämmung mit besseren wärmedämmenden Eigenschaften als die restliche Fassadendämmung angebracht wird. Bisher wurde das Fledermaus Quartier, wie in Kapitel 3.2.3 erläutert, lediglich durch Kleber an der Fassade befestigt. Wenn die Kiste jedoch nicht an der Wand direkt, sondern auf dem Dämmstoff befestigt werden muss, werden Winkel an der Ober- und Unterseite des Kastens aus Edelstahl inkl. Schrauben benötigt. Aufgrund der geringen Tiefe des Systems ist auch bei Einbau einer zusätzlichen Dämmschicht an der Rückseite des Nistkastens eine zur Fassade bündige Ausführung möglich. In Tabelle 10 sind die verschiedenen Optimierungsvarianten dargestellt, deren Simulationsergebnisse in den folgenden Unterkapiteln gezeigt werden. Die Ergebnisdarstellung für die jeweiligen Varianten erfolgt analog zu den beiden anderen untersuchten Nistkästen.

Tabelle 10: Übersicht der Optimierungsvarianten für das Fledermaus Quartier

Bezeichnung	Wandbaustoff	Dämmung Fassade EPS	Dämmung Rückseite Nistkasten	Positionierung	Befestigungselemente
C SB 1	Stahlbeton	160 mm	EPS	Bündig	Edelstahl
C SB 2	Stahlbeton	160 mm	Calostat	Bündig	Edelstahl
C SB 3	Stahlbeton	200 mm	EPS	Bündig	Edelstahl
C SB 4	Stahlbeton	200 mm	Calostat	Bündig	Edelstahl
C MW 1	Mauerwerk	160 mm	EPS	Bündig	Edelstahl
C MW 2	Mauerwerk	160 mm	Calostat	Bündig	Edelstahl
C MW 3	Mauerwerk	200 mm	EPS	Bündig	Edelstahl
C MW 4	Mauerwerk	200 mm	Calostat	Bündig	Edelstahl

4.4.3.1 C SB 1 – Wärmebrückenberechnung des Fledermaus Quartiers - Stahlbeton 200 mm + WDVS - EPS 160 mm mit zusätzlicher Dämmschicht aus EPS

Als erste Variante wird ausgehend vom Ist-Zustand des Fledermaus Quartiers eine zusätzliche Dämmschicht aus EPS zwischen dem Nistkasten und der Außenwand angebracht. Die Stärke des WDVS der Fassade beträgt für diese Stahlbetonvariante C SB 1 160 mm.

Die Untersuchung des Fledermaus Quartiers mit dem Simulationsprogramm THERM hat folgende Ergebnisse gebracht: Die niedrigste Innenoberflächentemperatur der Stahlbetonaußenwand (200 mm + WDVS - EPS 160 mm) ist 16,8°C, somit ist der Temperaturfaktor $f_{Rsi}=0,872$.

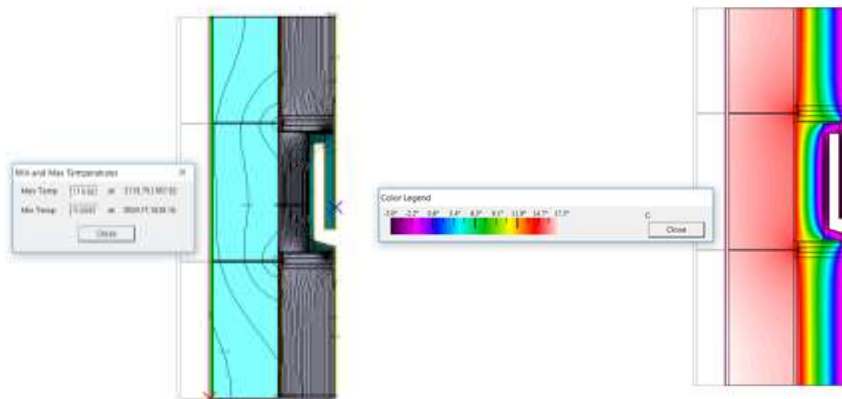


Abbildung 48: Ergebnisse der Simulationsberechnung des Fledermaus Quartiers, Stahlbeton 200 mm + WDVS - EPS 160 mm mit zusätzlicher Dämmschicht aus EPS

4.4.3.2 C SB 2 – Wärmebrückenberechnung des Fledermaus Quartiers - Stahlbeton 200 mm + WDVS - EPS 160 mm mit zusätzlicher Dämmschicht aus CALOSTAT

Eine weitere Optimierung sieht vor die bereits in Variante C SB 1 untersuchte zusätzliche Dämmschicht aus Calostat anzubringen. Dieses Dämmmaterial weist, wie aus Tabelle 7 ersichtlich, eine geringere Wärmeleitfähigkeit auf als das zuerst untersuchte EPS.

Die Untersuchung des Fledermaus Quartiers mit dem Simulationsprogramm THERM hat folgende Ergebnisse gebracht: Die niedrigste Innenoberflächentemperatur der Stahlbetonaußenwand (200 mm + WDVS - EPS 160 mm) ist 17,1°C, somit ist der Temperaturfaktor $f_{Rsi}=0,884$.

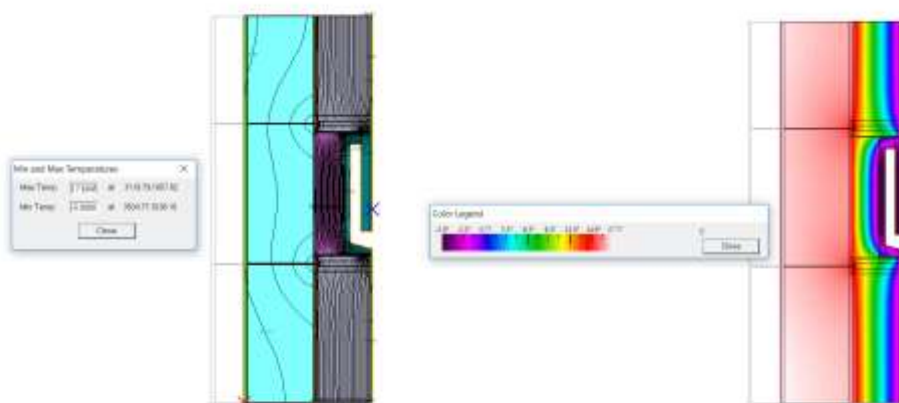


Abbildung 49: Ergebnisse der Simulationsberechnung des Fledermaus Quartier, Stahlbeton 200 mm + WDVS - EPS 160 mm mit zusätzlicher Dämmschicht aus CALOSTAT

4.4.3.3 C SB 3 – Wärmebrückenberechnung des Fledermaus Quartiers - Stahlbeton 200 mm + WDVS - EPS 200 mm mit zusätzlicher Dämmschicht aus EPS

Im Vergleich zu den ersten beiden untersuchten Varianten für das Fledermaus Quartier wird in dieser Variante die Stärke des WDVS der Fassade auf 200 mm erhöht, wodurch auch die zusätzliche Dämmschicht aus EPS zwischen der Außenwand und dem Nistkasten stärker werden kann, ohne dass der Nistkasten aus der Fassade heraussteht.

Die Untersuchung des Fledermaus Quartiers mit dem Simulationsprogramm THERM hat folgende Ergebnisse gebracht: Die niedrigste Innenoberflächentemperatur der Stahlbetonaußenwand (200 mm + WDVS - EPS 200 mm) ist 17,2°C, somit ist der Temperaturfaktor $f_{Rsi}=0,888$.

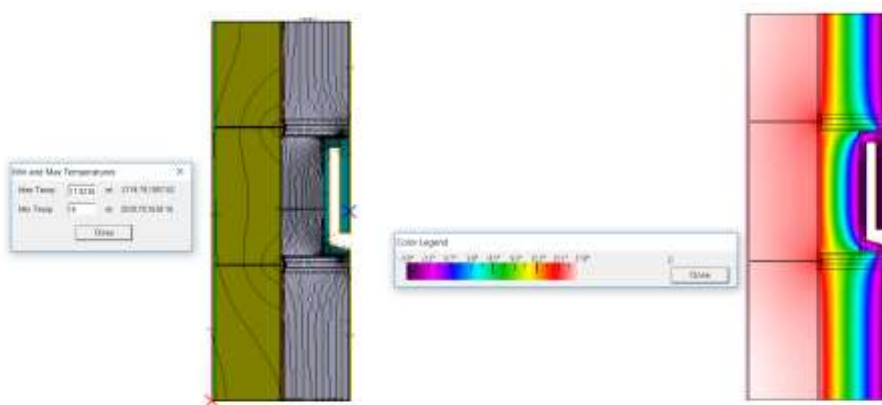


Abbildung 50: Ergebnisse der Simulationsberechnung des Fledermaus Quartier, Stahlbeton 200 mm + WDVS - EPS 200 mm mit zusätzliche Dämmschicht aus EPS

4.4.3.4 C SB 4 – Wärmebrückenberechnung des Fledermaus Quartiers - Stahlbeton 200 mm + WDVS - EPS 200 mm mit zusätzlicher Dämmschicht aus CALOSTAT

Die Variante C SB 4 weist ebenso wie die Variante C SB 3 eine Dämmstärke des WDVS von 200 mm auf der Stahlbetonwand auf. Die zusätzliche Dämmschicht zwischen dem Nistkasten und der Außenwand wird aus Calostat ausgeführt.

Die Untersuchung des Fledermaus Quartiers mit dem Simulationsprogramm THERM hat folgende Ergebnisse gebracht: Die niedrigste Innenoberflächentemperatur der Stahlbetonaußenwand (200 mm + WDVS - EPS 200 mm) ist 17,5°C, somit ist der Temperaturfaktor $f_{Rsi}=0,9$.

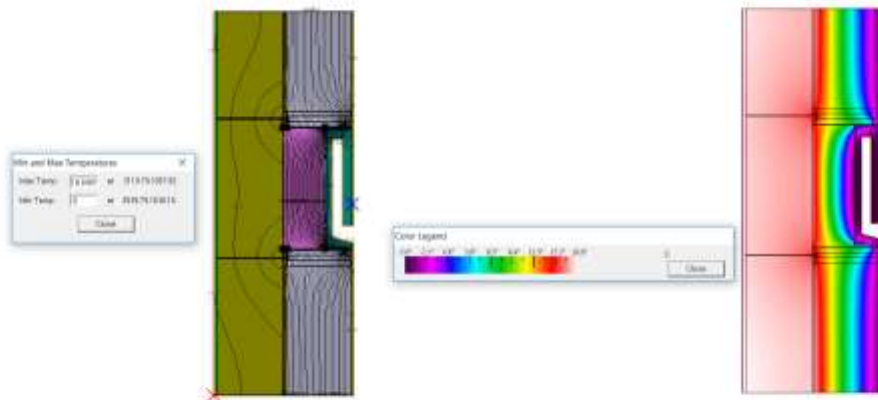


Abbildung 51: Ergebnisse der Simulationsberechnung des Fledermaus Quartier, Stahlbeton 200 mm + WDVS - EPS 200 mm mit zusätzliche Dämmschicht aus CALOSTAT

4.4.3.5 C MW 1 – Wärmebrückenberechnung des Fledermaus Quartiers – Mauerwerk 300 mm + WDVS - EPS 160 mm mit zusätzlicher Dämmschicht aus EPS

Im Vergleich zu den vier vorangegangenen Optimierungsvarianten handelt es sich bei den vier folgenden Varianten um einen Aufbau der Außenwand aus Mauerwerk (300mm). In dieser ersten Mauerwerksvariante für das Fledermaus Quartier weist das WDVS eine Dämmstärke von 160mm auf und die zusätzlich eingebrachte Dämmung an der Rückseite des Nistkastens besteht ebenso wie das gesamte Fassadendämmsystem aus EPS.

Die Untersuchung des Fledermaus Quartiers mit dem Simulationsprogramm THERM hat folgende Ergebnisse gebracht: Die niedrigste Innenoberflächentemperatur der Mauerwerkaußenwand (300 mm + WDVS - EPS 160 mm) ist 17,3°C, somit ist der Temperaturfaktor $f_{Rsi}=0,892$.

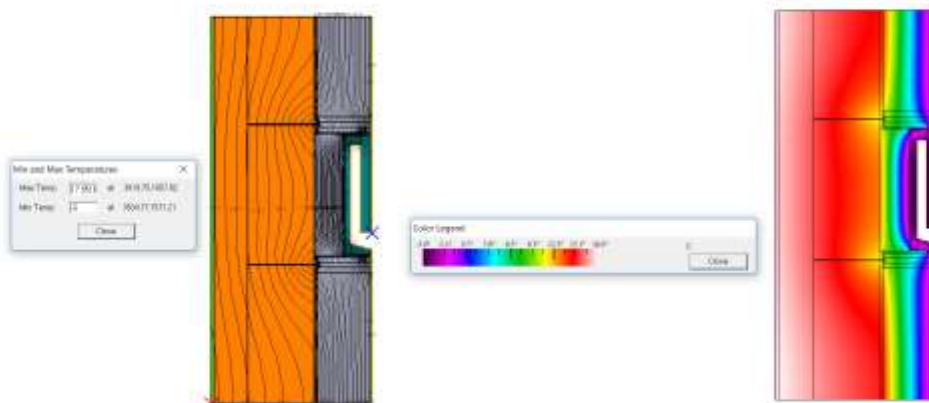


Abbildung 52: Ergebnisse der Simulationsberechnung des Fledermaus Quartier, Mauerwerkaußenwand 300 mm + WDVS - EPS 160 mm mit zusätzliche Dämmschicht aus EPS

4.4.3.6 C MW 2 – Wärmebrückenberechnung des Fledermaus Quartiers – Mauerwerk 300 mm + WDVS - EPS 160 mm mit zusätzlicher Dämmschicht aus CALOSTAT

Im Vergleich zur Variante C MW 1 wird die zusätzliche Dämmschicht zwischen der Außenwand und dem Nistkasten aus Calostat ausgeführt. Die anderen Parameter sind im Vergleich dazu unverändert.

Die Untersuchung des Fledermaus Quartiers mit dem Simulationsprogramm THERM hat folgende Ergebnisse gebracht: Die niedrigste Innenoberflächentemperatur der Mauerwerkaußenwand (300 mm + WDVS - EPS 160 mm) ist 17,5°C, somit ist der Temperaturfaktor $f_{Rsi}=0,9$.

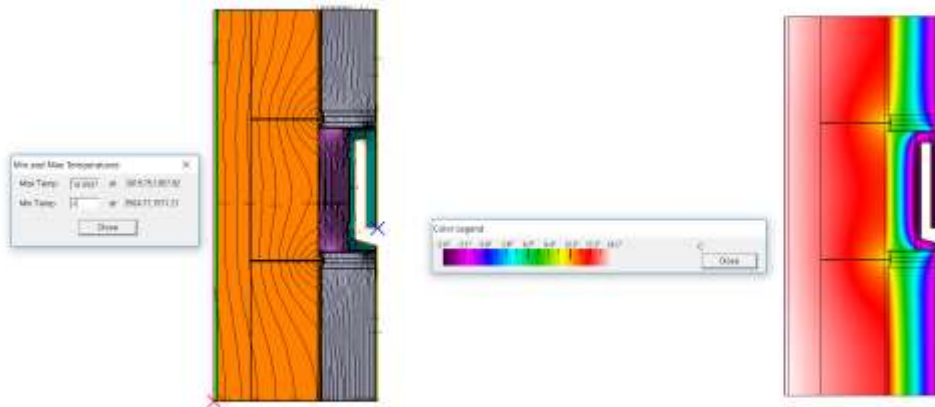


Abbildung 53: Ergebnisse der Simulationsberechnung des Fledermaus Quartier, Mauerwerkaußenwand 300 mm + WDVS - EPS 160 mm mit zusätzliche Dämmschicht aus CALOSTAT

4.4.3.7 C MW 3 – Wärmebrückenberechnung des Fledermaus Quartiers – Mauerwerk 300 mm + WDVS - EPS 200 mm mit zusätzlicher Dämmschicht aus EPS

Diese Optimierungsvariante weist auf dem Mauerwerk von 300mm ein WDVS aus EPS mit einer Stärke von 200mm auf. Zusätzlich dazu wird zwischen dem Nistkasten und der Außenwand eine Dämmschicht aus EPS eingebaut.

Die Untersuchung des Fledermaus Quartiers mit dem Simulationsprogramm THERM hat folgende Ergebnisse gebracht: Die niedrigste Innenoberflächentemperatur der Mauerwerkaußenwand (300 mm + WDVS - EPS 200 mm) ist 17,6°C, somit ist der Temperaturfaktor $f_{Rsi}=0,904$.

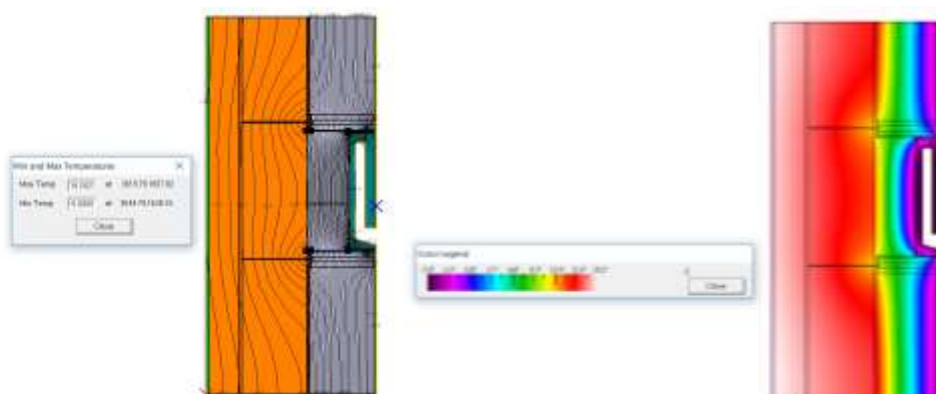


Abbildung 54: Ergebnisse der Simulationsberechnung des Fledermaus Quartier, Mauerwerkaußenwand 300 mm + WDVS - EPS 200 mm mit zusätzliche Dämmschicht aus EPS

4.4.3.8 C MW 4 – Wärmebrückenberechnung des Fledermaus Quartiers – Mauerwerk 300 mm + WDVS - EPS 200 mm mit zusätzlicher Dämmschicht aus CALOSTAT

Im Vergleich zur vorangegangenen Variante wird für die Optimierung C MW 4 als Dämmmaterial für die Schicht zwischen dem Nistkasten und der Außenwand Calostat gewählt. Ansonsten entsprechen die Ausgangsparameter der Variante C MW 3 mit WDVS aus EPS in 200mm Ausführung auf dem Mauerwerk.

Die Untersuchung des Fledermaus Quartiers mit dem Simulationsprogramm THERM hat folgende Ergebnisse gebracht: Die niedrigste Innenoberflächentemperatur der Mauerwerkaußenwand (300 mm + WDVS - EPS 200 mm) ist 17,9°C, somit ist der Temperaturfaktor $f_{Rsi}=0,916$.

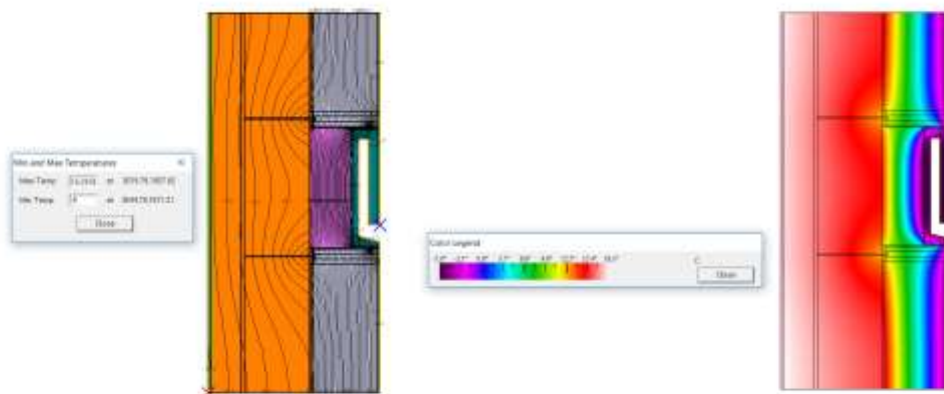


Abbildung 55: Ergebnisse der Simulationsberechnung des Fledermaus Quartier, Mauerwerkaußenwand 300 mm + WDVS - EPS 200 mm mit zusätzliche Dämmschicht aus CALOSTAT

4.4.4 Berechnung längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizienten (Ψ -Wert)

Der Ψ -Wert in $[W/(m.K)]$ beschreibt, wie Kapitel 4.1 beschrieben, den zusätzlichen Transmissionswärmeverlust einer linienförmigen Wärmebrücke. Er stellt die Differenz zwischen dem Wärmeverlust des gestörten Bereiches einer Schichtenfolge und dem Wärmeverlust dar, der bei einer gleich großen ungestörten Fläche auftreten würde. Grundsätzlich gilt, je kleiner der Ψ -Wert, umso geringer ist der zusätzliche, durch die Wärmebrücke pro laufenden Meter verursachte Energieverlust. Er findet seine primäre Anwendung bei der Berechnung des detaillierten Wärmebrückennachweises im Rahmen von energetischen Bilanzierungen.

Grundsätzlich können folgende Aussagen im Rahmen von Ψ -Wert-Berechnungen getroffen werden:[11]

- Bei Konstruktionen mit hochwärmegedämmten Bauteilschichten, jedoch thermisch schlechter Detailausbildung ergibt sich eine große Differenz und somit ein hoher Ψ -Wert. Aber: Der gesamte Wärmeverlust bleibt infolge des gut gedämmten Regelquerschnittes gering.
- Bei schlecht gedämmten Regelquerschnitten ergeben sich insgesamt so hohe Transmissionswärmeverluste, dass die Qualität der Detailausbildung aus energetischer Sicht nur einen geringen Stellenwert einnimmt. Somit ergibt sich bei solchen Konstruktionen ein eher kleiner Ψ -Wert. Gleichwohl kann die "Hebelwirkung" einer detaillierten Berechnung von Ψ -Werten im Rahmen von energetischen Bilanzierungen aufgrund der teils deutlich niedrigeren Wärmebrückenzuschläge enorm sein.

- Dämmschichten, die auch in den Anschlussbereichen weitergeführt werden, wirken sich sowohl auf den Gesamtwärmeverlust als auch auf den Wärmeverlust über die Wärmebrücke positiv aus (kleinere Werte).

Abbildung 56, Abbildung 57 und Abbildung 58 zeigen für jeden der untersuchten Nistkästen einen Vergleich der ermittelten Ψ -Werte für den Ist-Zustand und die Optimierungsvarianten. Hierbei ist die Verbesserung durch die Optimierungen des Einbaus der Nistkästen erkennbar.

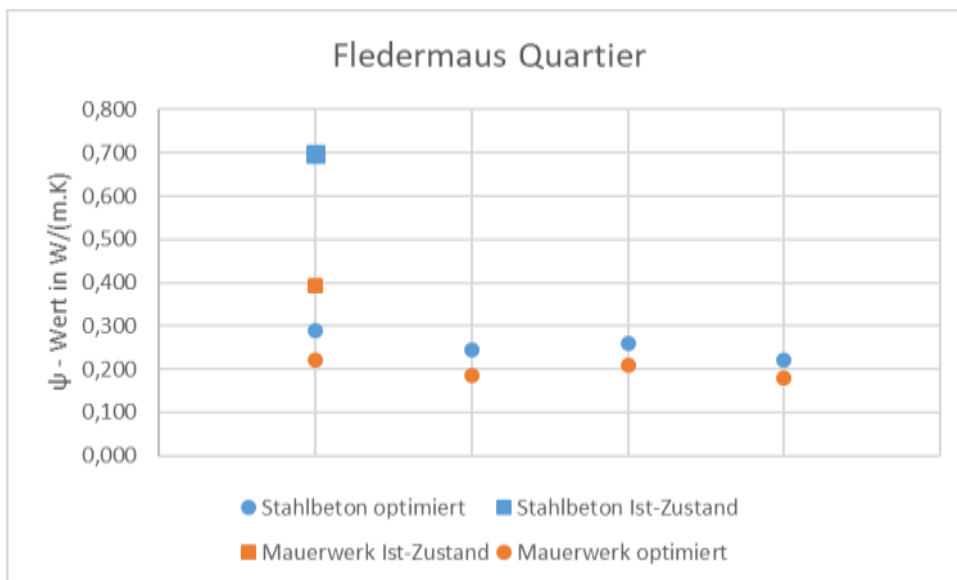


Abbildung 56: Vergleich der ermittelten Ψ -Werte für den Ist-Zustand und die Optimierungsvarianten für das Fledermaus Quartier

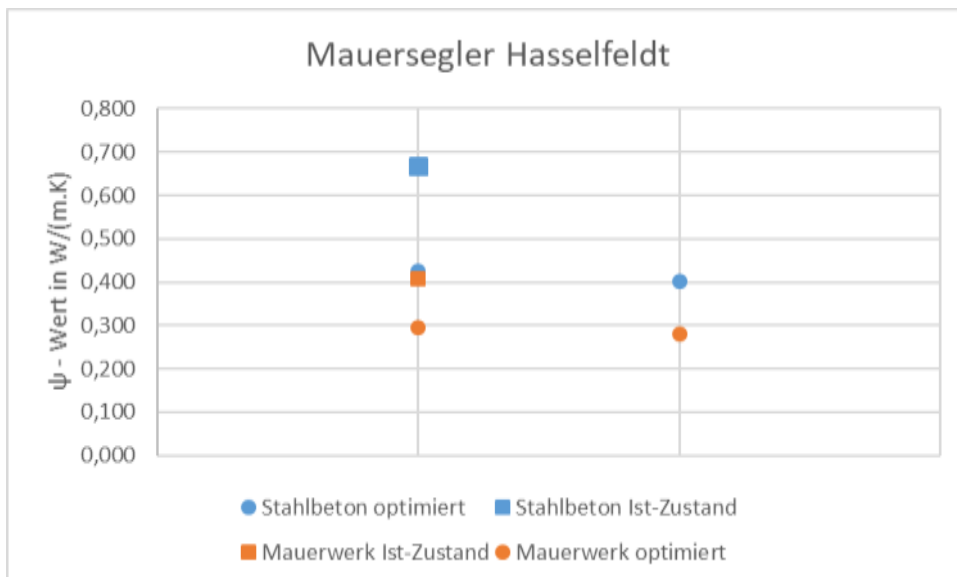


Abbildung 57: Vergleich der ermittelten Ψ -Werte für den Ist-Zustand und die Optimierungsvarianten für den Nistkasten Mauersegler Hasselfeldt

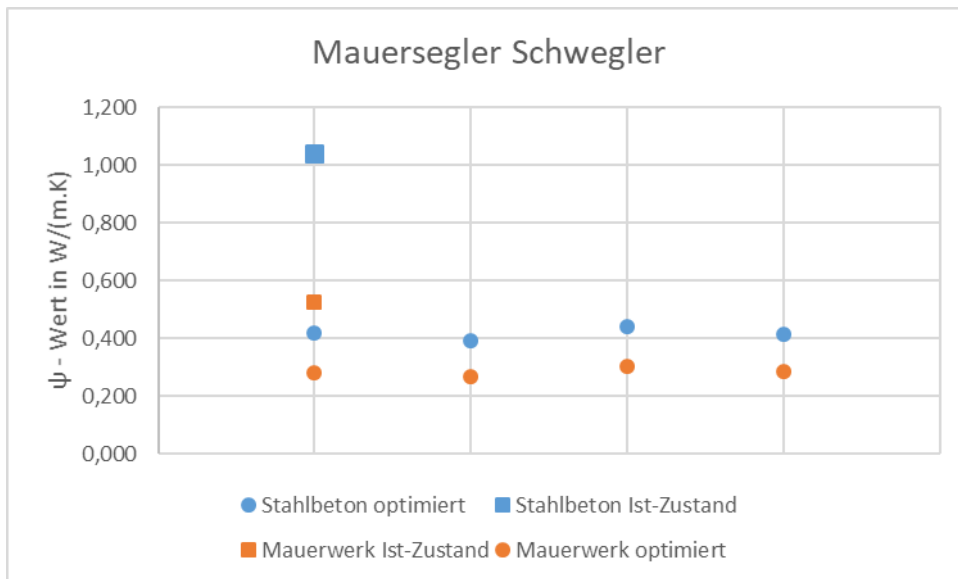






Abbildung 58: Vergleich der ermittelten ψ -Werte für den Ist-Zustand und die Optimierungsvarianten für den Nistkasten Mauersegler Schwegler

Tabelle 11, Tabelle 12 und Tabelle 13 stellen jeweils einen Wärmebrückenatlas der untersuchten Nistplätze und deren Optimierungsvarianten dar. Abgebildet sind jeweils die Temperaturfaktoren und die längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten.

Tabelle 11: Wärmebrückenatlas Nistkasten Mauersegler Schwegler

<p>Nistkasten Mauersegler Schwegler, Stahlbeton 200 mm + WDVS - EPS 160 mm ohne zusätzliche Dämmschicht</p>		<p>Temperaturfaktor $f_{Rsi} = 0,616$ Längenbezogene Wärmebrückenverlustkoeffizient ψ - Wert = 1,038 W/(m.K)</p>
<p>Nistkasten Mauersegler Schwegler, Mauerwerk 300 mm + WDVS - EPS 160 mm ohne zusätzliche Dämmschicht</p>		<p>Temperaturfaktor $f_{Rsi} = 776$ Längenbezogene Wärmebrückenverlustkoeffizient ψ - Wert = 0,526 W/(m.K)</p>

<p>Nistkasten Mauersegler Schwegler, Stahlbeton 200 mm + WDVS - EPS 160 mm mit zusätzliche Dämmschicht aus EPS</p>		<p>Temperaturfaktor $f_{Rsi} = 0,808$ Längenbezogene Wärmebrückenverlustkoeffizient ψ - Wert = $0,417 \text{ W/(m.K)}$</p>
<p>Nistkasten Mauersegler Schwegler, Stahlbeton 200 mm + WDVS - EPS 160 mm mit zusätzliche Dämmschicht aus CALOSTAT</p>		<p>Temperaturfaktor $f_{Rsi} = 0,816$ Längenbezogene Wärmebrückenverlustkoeffizient ψ - Wert = $0,391 \text{ W/(m.K)}$</p>
<p>Nistkasten Mauersegler Schwegler, Stahlbeton 200 mm + WDVS - EPS 200 mm mit zusätzliche Dämmschicht aus EPS</p>		<p>Temperaturfaktor $f_{Rsi} = 0,812$ Längenbezogene Wärmebrückenverlustkoeffizient ψ - Wert = $0,439 \text{ W/(m.K)}$</p>
<p>Nistkasten Mauersegler Schwegler, Stahlbeton 200 mm + WDVS - EPS 200 mm mit zusätzliche Dämmschicht aus CALOSTAT</p>		<p>Temperaturfaktor $f_{Rsi} = 0,82$ Längenbezogene Wärmebrückenverlustkoeffizient ψ - Wert = $0,414 \text{ W/(m.K)}$</p>
<p>Nistkasten Mauersegler Schwegler, Mauerwerk 300 mm + WDVS - EPS 160 mm mit zusätzliche Dämmschicht aus EPS</p>		<p>Temperaturfaktor $f_{Rsi} = 0,856$ Längenbezogene Wärmebrückenverlustkoeffizient ψ - Wert = $0,281 \text{ W/(m.K)}$</p>

<p>Nistkasten Mauersegler Schwegler, Mauerwerk 300 mm + WDVS - EPS 160 mm mit zusätzliche Dämmschicht aus CALOSTAT</p>		<p>Temperaturfaktor $f_{Rsi} = 0,86$ Längenbezogene Wärmebrückenverlustkoeffizient ψ - Wert = $0,267 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$</p>
<p>Nistkasten Mauersegler Schwegler, Mauerwerk 300 mm + WDVS - EPS 200 mm mit zusätzliche Dämmschicht aus EPS</p>		<p>Temperaturfaktor $f_{Rsi} = 0,864$ Längenbezogene Wärmebrückenverlustkoeffizient ψ - Wert = $0,3 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$</p>
<p>Nistkasten Mauersegler Schwegler, Mauerwerk 300 mm + WDVS - EPS 200 mm mit zusätzliche Dämmschicht aus CALOSTAT</p>		<p>Temperaturfaktor $f_{Rsi} = 0,868$ Längenbezogene Wärmebrückenverlustkoeffizient ψ - Wert = $0,286 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$</p>
<p><i>Tabelle 12 Wärmebrückenatalog Nistkasten Mauersegler Hasselfeldt</i></p>		
<p>Nistkasten Mauersegler Hasselfeldt, Stahlbeton 200 mm + WDVS - EPS 160 mm ohne zusätzliche Dämmschicht</p>		<p>Temperaturfaktor $f_{Rsi} = 0,68$ Längenbezogene Wärmebrückenverlustkoeffizient ψ - Wert = $0,668 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$</p>

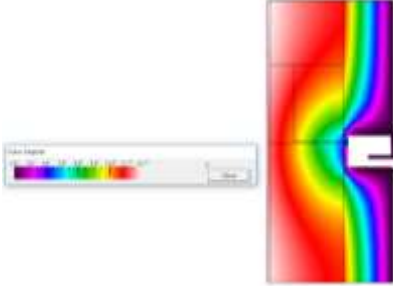
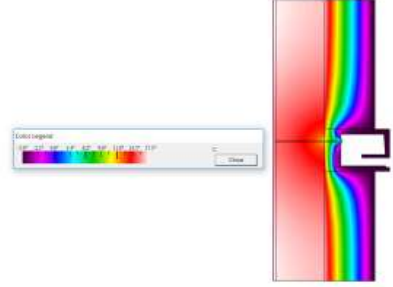
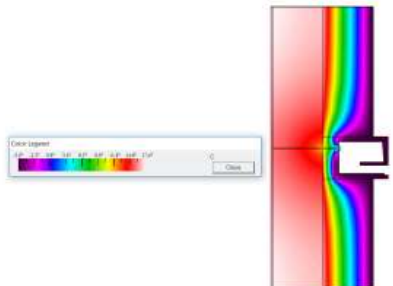
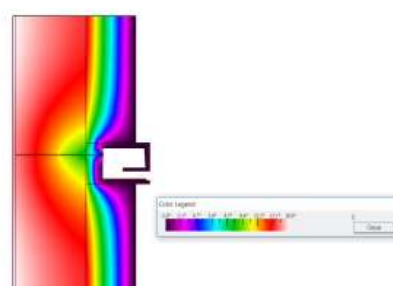
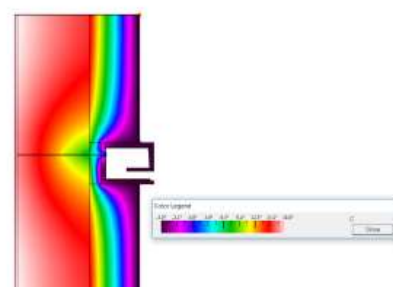







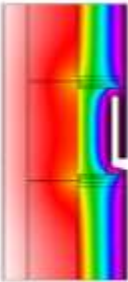


<p>Nistkasten Mauersegler Hasselfeldt, Mauerwerk 300 mm + WDVS - EPS 160 mm ohne zusätzliche Dämmschicht</p>		<p>Temperaturfaktor $f_{Rsi} = 0,776$ Längenbezogene Wärmebrückenverlustkoeffizient ψ - Wert = $0,407 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$</p>
<p>Nistkasten Mauersegler Hasselfeldt, Stahlbeton 200 mm + WDVS - EPS 200 mm mit zusätzliche Dämmschicht aus EPS</p>		<p>Temperaturfaktor $f_{Rsi} = 0,82$ Längenbezogene Wärmebrückenverlustkoeffizient ψ - Wert = $0,424 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$</p>
<p>Nistkasten Mauersegler Hasselfeldt, Stahlbeton 200 mm + WDVS - EPS 200 mm mit zusätzliche Dämmschicht aus CALOSTAT</p>		<p>Temperaturfaktor $f_{Rsi} = 0,828$ Längenbezogene Wärmebrückenverlustkoeffizient ψ - Wert = $0,4 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$</p>
<p>Nistkasten Mauersegler Hasselfeldt, Mauerwerk 300 mm + WDVS - EPS 200 mm mit zusätzliche Dämmschicht aus EPS</p>		<p>Temperaturfaktor $f_{Rsi} = 0,86$ Längenbezogene Wärmebrückenverlustkoeffizient ψ - Wert = $0,294 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$</p>
<p>Nistkasten Mauersegler Hasselfeldt, Mauerwerk 300 mm + WDVS - EPS 200 mm mit zusätzliche Dämmschicht aus CALOSTAT</p>		<p>Temperaturfaktor $f_{Rsi} = 0,864$ Längenbezogene Wärmebrückenverlustkoeffizient ψ - Wert = $0,28 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$</p>

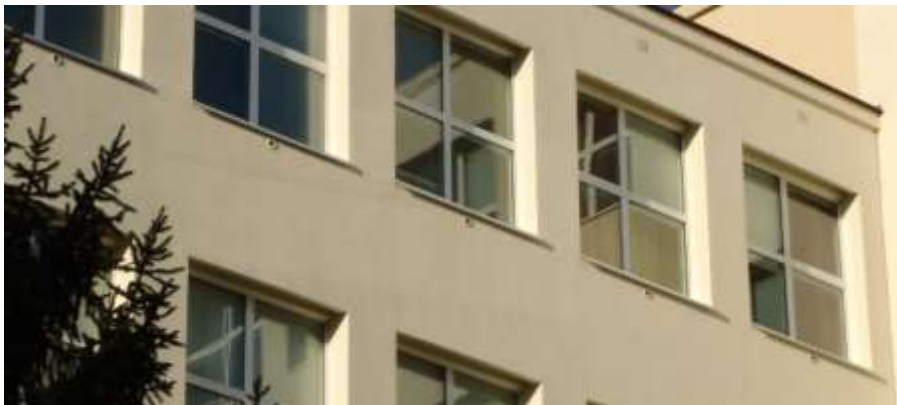
Tabelle 13: Wärmebrückenkatalog Fledermaus Quartier

<p>Fledermaus Quartier, Stahlbeton 200 mm + WDVS - EPS 80 mm ohne zusätzliche Dämmschicht</p>		<p>Temperaturfaktor $f_{Rsi} = 0,7$ Längenbezogene Wärmebrückenverlustkoeffizient ψ - Wert = 0,696 W/(m.K)</p>
<p>Fledermaus Quartier, Mauerwerk 300 mm + WDVS - EPS 80 mm ohne zusätzliche Dämmschicht</p>		<p>Temperaturfaktor $f_{Rsi} = 0,788$ Längenbezogene Wärmebrückenverlustkoeffizient ψ - Wert = 0,392 W/(m.K)</p>
<p>Fledermaus Quartier, Stahlbeton 200 mm + WDVS - EPS 160 mm mit zusätzliche Dämmschicht aus EPS</p>		<p>Temperaturfaktor $f_{Rsi} = 0,872$ Längenbezogene Wärmebrückenverlustkoeffizient ψ - Wert = 0,29 W/(m.K)</p>
<p>Fledermaus Quartier, Stahlbeton 200 mm + WDVS - EPS 160 mm mit zusätzliche Dämmschicht aus CALOSTAT</p>		<p>Temperaturfaktor $f_{Rsi} = 0,884$ Längenbezogene Wärmebrückenverlustkoeffizient ψ - Wert = W/(m.K)</p>
<p>Fledermaus Quartier, Stahlbeton 200 mm + WDVS - EPS 200 mm mit zusätzliche Dämmschicht aus EPS</p>		<p>Temperaturfaktor $f_{Rsi} = 0,888$ Längenbezogene Wärmebrückenverlustkoeffizient ψ - Wert = 0,259 W/(m.K)</p>

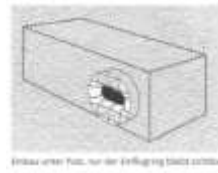
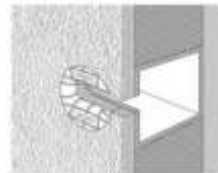
<p>Fledermaus Quartier, Stahlbeton 200 mm + WDVS - EPS 200 mm mit zusätzliche Dämmschicht aus CALOSTAT</p>			<p>Temperaturfaktor $f_{Rsi} = 0,9$ Längenbezogene Wärmebrückenverlustkoeffizient ψ - Wert = 0,222 W/(m.K)</p>
<p>Fledermaus Quartier, Mauerwerkaußenwand 300 mm + WDVS - EPS 160 mm mit zusätzliche Dämmschicht aus EPS</p>			<p>Temperaturfaktor $f_{Rsi} = 0,892$ Längenbezogene Wärmebrückenverlustkoeffizient ψ - Wert = 0,221 W/(m.K)</p>
<p>Fledermaus Quartier, Mauerwerkaußenwand 300 mm + WDVS - EPS 160 mm mit zusätzliche Dämmschicht aus CALOSTAT</p>			<p>Temperaturfaktor $f_{Rsi} = 0,9$ Längenbezogene Wärmebrückenverlustkoeffizient ψ - Wert = 0,0,185 W/(m.K)</p>
<p>Fledermaus Quartier, Mauerwerkaußenwand 300 mm + WDVS - EPS 200 mm mit zusätzliche Dämmschicht aus EPS</p>			<p>Temperaturfaktor $f_{Rsi} = 0,904$ Längenbezogene Wärmebrückenverlustkoeffizient ψ - Wert = 0,208 W/(m.K)</p>
<p>Fledermaus Quartier, Mauerwerkaußenwand 300 mm + WDVS - EPS 200 mm mit zusätzliche Dämmschicht aus CALOSTAT</p>			<p>Temperaturfaktor $f_{Rsi} = 0,916$ Längenbezogene Wärmebrückenverlustkoeffizient ψ - Wert = 0,178 W/(m.K)</p>

5 Temperaturmessung in einem Nistkasten

Zusätzlich zu den Simulationen wurden auch Temperaturmessungen (und rel. Feuchte) in einem Nistkasten im Innenhof des Schulhauses in der Schäffergasse/ Kleinschiedgasse im 4. Wiener Gemeindebezirk durchgeführt. An der Fassade dieser Schule sind insgesamt fünf Nistkästen montiert. Durch ihre Lage direkt unter dem Fenster im vierten Geschöß des Gebäudes sind sie leicht erreichbar. Es handelt sich hier um Nistkästen für Mauersegler der Firma Schwegler, wie in Abbildung 59 dargestellt. Die Außenwand des Schulgebäudes besteht aus einer 25cm dicken Ziegelmauer die mit einer 16cm Dämmschicht (WDFS) gedämmt ist.



Mauersegler wdv einbaukasten-1a



Einbau unten Foto, nur der Einflugloch sollte sichtbar

Abbildung 59: Fünf 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 Nistkästchen zu erheben und mit Außenklima zu vergleichen, wurde ein RTR-Messgerät in einem Nistkästchen installiert. Es handelt sich dabei um einen Funkdatenlogger für Langzeitmessungen.

Hiermit sollte geklärt werden, ob im Nistkästchen das Außenklima herrscht oder eine etwas oder viel höhere Temperatur bzw. anderes Mikroklima. Abbildung 60 zeigt den Messaufbau im Nistkasten.



Abbildung 60: RTR Messgerät für Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit in Nistkasten installiert



Abbildung 61: Nistkästen Schöffergasse im 4.Obergeschoß

In Abbildung 62 wird für eine ausgewählte Zeitspanne die Temperatur und die relative Luftfeuchtigkeit im Nistkasten sowie das Außenklima dargestellt.

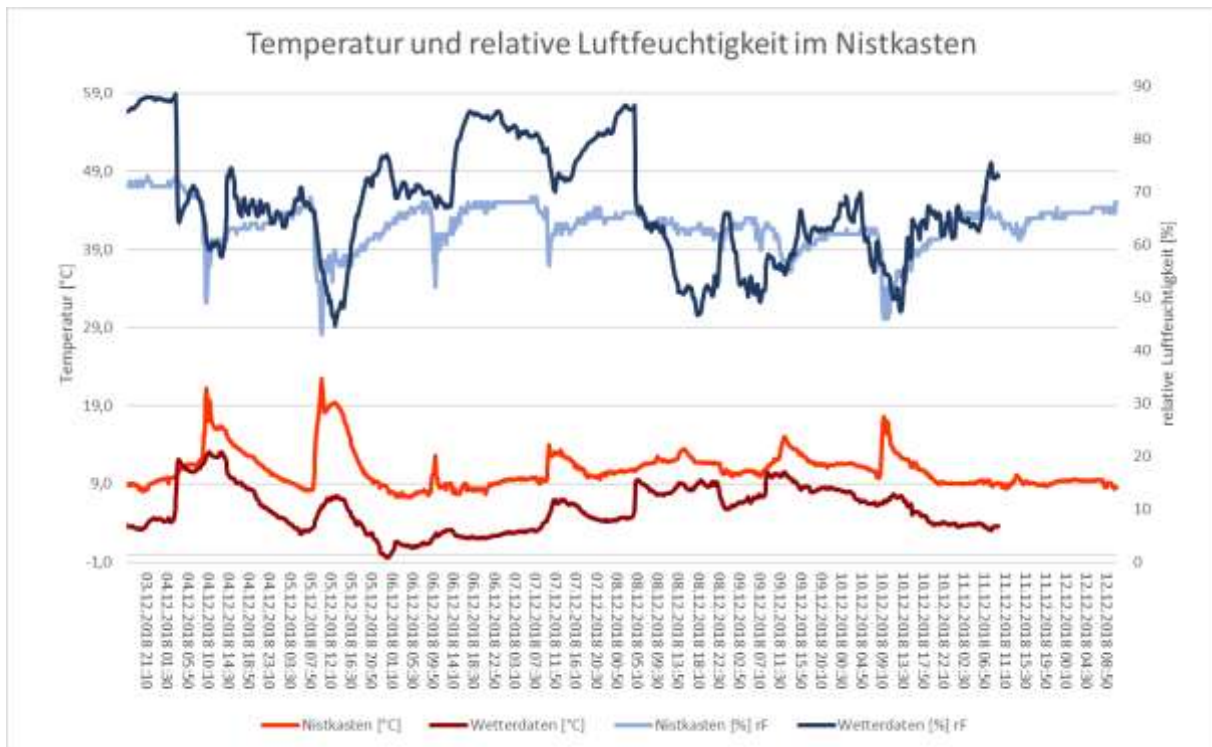


Abbildung 62: Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit im Nistkasten Modell Schwegler vom 03.12 bis 12.12.18

In folgender Tabelle sind die MIN/MAX und Mittelwerte der Temperatur und relativen Luftfeuchtigkeit im Nistkasten im Überblick. Weder am Tag noch in der Nacht sinkt die Temperatur unter 7,2 °C. Das Mittel liegt bei ca. 10,8°C. Die Temperatur im Nistkästchen ist um durchschnittlich 5,3 Grad höher als die Außentemperatur.

Tabelle 14: 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

6 Ausblick

Auf Basis der in der ersten Phase des Projekts gewonnenen Erkenntnisse wird nun in der zweiten Phase die detaillierte Untersuchung und Optimierung der Nistplätze fortgeführt.

Die Temperaturmessungen werden über einen längeren Zeitraum weitergeführt, sodass genauere Auswertungen erfolgen können.

Des Weiteren wird in Zusammenarbeit mit relevanten Stakeholdern eine Nistkastenlösung konzipiert, die direkt in das WDVS integrierbar sein wird. Berücksichtigt werden soll hierbei insbesondere die wärmebrückenoptimierte Befestigung.

7 Schlussfolgerungen der ersten Projektphase

Anhand der durchgeführten Untersuchungen im Rahmen der ersten Projektphase konnten bereits wichtige Erkenntnisse gewonnen werden, die in den folgenden Kernaussagen zusammengefasst dargestellt werden können:

- ❖ Die Erhebung des Stands der Technik bzgl. bereits eingebauter Einzellösungen kommt zu dem Ergebnis, dass die Vielzahl der bisherigen Details die Bereitstellung der Nistmöglichkeiten nicht als in die Fassade integrierte, sondern als aufgesetzte, externe Nistkästen lösen
- ❖ Jeder in das WDVS eingebrachte Nistkasten stellt eine Wärmebrücke dar. Dies ist am veränderten Verlauf der Isothermen zu erkennen.
- ❖ Für jede der optimierten Varianten gilt: Die Sicherstellung eines hygienisch erforderlichen Mindestwärmeschutzes unter den normativen Randbedingungen gem. ÖNORM B 8110-2, ÖNORM EN ISO 13788 bzw. DIN 4108-2 wird an jedem Punkt der Innenoberfläche gegeben. Die Temperaturfaktoren sind nach ÖNORM B 8110-2, ÖNORM EN ISO 13788 bzw. DIN 4108-2 ausreichend. Alle errechneten Oberflächentemperaturen sind größer als die Taupunkttemperatur.
- ❖ Keine der untersuchten Optimierungsvarianten ist gemäß dem vereinfachten Kriterium von $\psi \leq 0,01 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ als wärmebrückenfrei zu beurteilen
- ❖ Der Einfluss der durch einen Nistkasten verursachten Wärmebrücke ist nur lokal und daher für die Betrachtung der gesamten Gebäudehülle zu vernachlässigen
- ❖ Die messtechnische Untersuchung in einem installierten Nistkasten über einen kurzen Zeitraum im Winter hat gezeigt, dass die Lufttemperatur durchschnittlich rund 5,3 °C über der zu diesem Zeitpunkt herrschenden Außentemperatur liegt.

8 Literatur

- [1] „<http://www.wua-wien.at/bauen-und-wohnen/baumassnahmen-fuer-wildtiere>“. [Online]. Verfügbar unter: <http://www.wua-wien.at/bauen-und-wohnen/baumassnahmen-fuer-wildtiere>. [Zugegriffen: 05-Nov-2018].
- [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] „http://www.schwegler-natur.de/portfolio_1408366639/mauersegler-nistkastenfamilie-typ-nr-17/“. [Online]. Verfügbar unter: http://www.schwegler-natur.de/portfolio_1408366639/mauersegler-nistkastenfamilie-typ-nr-17/. [Zugegriffen: 10-Nov-2018].
- [4] „<https://www.nistkasten-hasselfeldt.de/mauerseglerhoehle-einbauversion>“. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.nistkasten-hasselfeldt.de/mauerseglerhoehle-einbauversion>. [Zugegriffen: 10-Nov-2018].
- [5] C. Riccabona und T. Bednar, *Baukonstruktionslehre 4*. Vienna, 2013.
- [6] „https://passipedia.de/grundlagen/bauphysikalische_grundlagen/waermebruecken/wbberechnung/wbbprinzip“. [Online]. Verfügbar unter: https://passipedia.de/grundlagen/bauphysikalische_grundlagen/waermebruecken/wbberechnung/wbbprinzip. [Zugegriffen: 15-Dez-2018].
- [7] „https://www.sto.at/media/documents/download_broschuere/kategorie_fassade/StoSystemzubehoer_end_230118.pdf“. [Online]. Verfügbar unter: https://www.sto.at/media/documents/download_broschuere/kategorie_fassade/StoSystemzubehoer_end_230118.pdf. [Zugegriffen: 01-Dez-2018].
- [8] „http://www.stahltonbauteile.ch/download_d/Montageteile_Deutschland/Konstruktionsdetail/k_mq_g.pdf“. [Online]. Verfügbar unter: http://www.stahltonbauteile.ch/download_d/Montageteile_Deutschland/Konstruktionsdetail/k_mq_g.pdf0A.

[Zugegriffen: 01-Dez-2018].

- [9] „<https://www.calostat.com/product/calostat/de/ueber/>“. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.calostat.com/product/calostat/de/ueber/>. [Zugegriffen: 10-Nov-2018].
- [10] „<https://www.frischeis.at/action/shop/pdf?product=1600063>“. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.frischeis.at/action/shop/pdf?product=1600063>. [Zugegriffen: 10-Nov-2018].
- [11] THERM Software, „<https://www.thermings.de/w%C3%A4rmebr%C3%BCckenwelt/w%C3%A4rmebr%C3%BCckenberechnung/>“. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.thermings.de/w%C3%A4rmebr%C3%BCckenwelt/w%C3%A4rmebr%C3%BCckenberechnung/>. [Zugegriffen: 18-Dez-2018].