



FENSTERLEIBUNG und FENSTERANSCHLUSS

Einfluss unterschiedlicher Leibungsausbildungen auf
ausgewählte Parameter

EXZERPT DER TEILE, IN WELCHEN WÄRMEBRÜCKEN VORKOMMEN

Master-Thesis zur Erlangung des akademischen Grades
Master of Science in MSc
eingereicht am Department für Bauen und Umwelt
der Donau-Universität Krems

Ing. Josef Gansch
Wr. Neustadt am, 21.11.2009



Abstract

Titel:

FENSTERLEIBUNG und FENSTERANSCHLUSS
Einfluss unterschiedlicher Leibungsausbildungen auf ausgewählte Parameter

Name AutorIn: **Ing. Josef Gansch**

Lehrgang/Jahrgang: 2007-2009 Seitenanzahl: **261**

Hintergrund: Bei Sanierungsvorhaben werden von den Verantwortlichen oftmals Entscheidungen getroffen, obwohl Ihnen der nötige Hintergrund zur Thematik Fenstereinbau fehlt. Es werden vielfach Verbesserungspotentiale nicht erkannt bzw. nicht genutzt. Wenn bauphysikalische Werte herangezogen werden, handelt es sich Großteils um den U-Wert des Fensterglases (U_g), bestenfalls um den U-Wert des gesamten Fensters (U_w). Der Fensteranschluss wird meist nicht ausreichend beachtet. Die überlieferte, gewohnte, bereits praktizierte Ausführung von Baudetails wird immer wieder herangezogen, denn was schon „funktioniert“ hat wieder funktionieren, mögen da auch Verbesserungsmöglichkeiten bestehen. Letztlich ist auch der Preis eine Größe, welche über Detailplanung und deren Ausführung mitentscheidet.

Hypothese: Mit dem Fenstereinbau und der Leibungsausbildung können die Parameter Tageslichteintrag, solarer Wärmeeintrag, die Wärmebrücken und die Aussicht maßgeblich beeinflusst werden.

Methode und Belege: Anhand eines Fensters in Normfenstergröße bzw. einer definierten Verglasung werden bei unterschiedlichen Leibungsausbildungen die Leitwerte durch Simulation ermittelt und verglichen. Im Lichtlabor (unter künstlichem Himmel) und bei Tageslicht bzw. mit PC-Software wird bei unterschiedlichen Leibungsausbildungen die Auswirkung auf die Versorgung mit Tageslicht ermittelt. Es soll auch der Einfluss der Farbe der Leibung untersucht werden. Anhand unterschiedlicher Fenstergrößen wird der Außenbezug bei unterschiedlicher Leibungsausbildung grafisch untersucht.

Erwartete Ergebnisse: Es wird erwartet, dass mit schrägen äußeren Leibungen mehr Tageslicht und mehr solarer Wärmeeintrag in die Räume gelangen kann. Der Transmissionsverlust im Bereich des Fensteranschlusses sollte sich nur unwesentlich erhöhen – es wird auf alle Fälle ein positiver Effekt in der Heizzeit erwartet. Die Aussicht und somit der Außenbezug sollte sich ebenfalls durch schräge Außen- und Innenleibungen verbessern. Als einziger negativer Effekt wird höherer solarer Wärmeeintrag im Sommer erwartet.

Betreuer:

Ao. Univ. Prof. DI Dr. techn. Klaus Kreč

Weitergabe gesperrt: NEIN

Datum: 2009-11-21

Schlagwortkatalog: Wärmebrücken, Tageslicht, solarer Eintrag, Fenster, Leibungen, Bauphysik, Passivhaus, Passivhauskomponenten, Sanierung, Lichtlabor, Licht, Lux, Beleuchtungsstärke, Sonne, ...

Title:**WINDOW REVEALS and WINDOW CONNECTIONS**

Subtitle:

Window reveals and their influence on selected parameters

Name Author: **Ing. Josef Gansch**Course/Year: **2007 / 2009**Number of pages: **261****Content:****Background:**

Responsible decisions within renovation projects are often taken by those who lack the necessary background on the subject of window installation. Opportunities for improvement are often not recognized or implemented. When physical properties are used, it is mostly the U-value of the window glass (U_g) or at best the U-value of the entire window (U_w). Generally the window reveals are not sufficiently taken into account. The traditional and practiced execution of construction details are used repeatedly, for what works once will work again, even if room for improvement exists. Finally, costs have a large influence on the detailed planning and its execution.

Hypothesis:

The quality of window installation and window reveals have a decisive influence on the parameters of natural light, solar heat entry, thermal bridges and outside view.

Method and evidence:

The light conductance of different window reveals is investigated by simulation using a standard window with defined glazing. Consequently the results are compared. Different forms of window reveals and their impact on the supply of natural light will be investigated using the artificial sky of the light laboratory, natural lighting and software respectively. The influence of the colour of the window reveals will also be investigated.

The quality of outdoor-connectedness using different forms of window reveals and different window sizes is examined graphically.

Expected results:

It is expected, that with tilted reveals more daylight, as well as solar heat can enter the room. The additional transmission losses in the area of the Window connection will rise only insignificantly.

Through the tilted inner and outer reveals, the view and hence the connection to the outside world will be improved.

The only negative effect will be a higher degree of solar heat entering the rooms during summertime.

Supervisor:

Ao. Univ. Prof. DI Dr. techn. Klaus Kreč

Transmission prohibited: NO**Date:** 2009-11-21

Subject catalogue: thermal bridges in building construction, daylight, solar application, window, window flanning, window brick moulding, physics relating to construction, passive house, passive house component, reconstruction, light-laboratory, light, lux, intensity of illumination, sun,

Erklärung

Ich versichere hiermit wahrheitsgemäß, dass diese Master-Thesis bis auf die, den Betreuern bereits bekannten Hilfen selbständig angefertigt, alle Hilfsmittel vollständig und genau angegeben und alles kenntlich gemacht zu haben, was aus der Arbeit anderer unverändert oder mit Änderungen entnommen wurde.

Wr. Neustadt, am 21.11.2009



Abbildung 1: ungewöhnliche Fensteranordnung – Fixverglasungen, Drehkipplügel und Kastenfenster¹

Diese Arbeit entstand unter der Betreuung von:
Ao. Univ. Prof. DI Dr. techn. Klaus Kreč
TU-Wien, Donau-Universität-Krems, Büro für Bauphysik

¹ Foto erstellt durch den Autor [Datum: 08.08.2009]. Ein altes Bauernhaus wurde saniert. Die Erdgeschoßdecke wurde entfernt und in der Höhe der Fensterunterkante der Kastenfenster des 1. Obergeschoßes neu aufgebaut. So wurde im Erdgeschoß eine Raumhöhe von ca. 2,65m erreicht. Die Außenmauern wurden in Holzriegelbauweise aufgestockt – in den Wandelementen fanden quer liegende Fenster (teilweise Fixverglasungen) Platz.

***„Sei die Veränderung,
die Du dir von der Welt erwartest!“***

Mahathma Gandhi



Inhaltsverzeichnis

1	Kurzfassung.....	9
2	Einleitung.....	11
3	Betrachtung der Randbedingungen.....	12
3.1	Förderung.....	12
3.2	Sanierungsmaßnahmen verfolgen unterschiedliche Ziele.....	13
3.3	Unterschiedliche Mauerwerksarten.....	14
3.4	Konstruktive Voraussetzungen bei der Fenstersanierung bzw. beim Fenstertausch.....	16
3.5	Geometrische Ausbildung der Leibung.....	18
3.6	Fenstergröße.....	30
3.6.1	Belichtungsflächenvergrößerung.....	32
3.6.2	Beleuchtungsstromverringerung.....	33
3.6.3	Lichtlenkung:.....	38
4	Aussichtsbeeinflussung durch die Leibungsausbildung.....	39
5	Musterraum.....	58
6	Tageslichtversorgung.....	63
6.1	Messungen im Lichtlabor.....	64
6.1.1	Lichtlabor – Tageslichtquotient.....	68
6.1.2	Ergebnisse.....	70
6.1.3	Innenraumaufnahmen des Messraumes im Lichtlabor (bedeckter Himmel).....	82
6.1.4	Innenraumaufnahmen des Messraumes im Lichtlabor (Bedeckter Himmel und direktes Sonnenlicht).....	89
6.1.5	Verhältnis zwischen Grauwert und Leuchtdichte.....	95
6.2	Tageslichtmessungen unter natürlichen Bedingungen.....	99
6.3	Tageslichtmessungen unter natürlichen Bedingungen - Ergebnisse.....	102
6.4	Relux – Berechnungen.....	105
6.5	Musterraum bei bedecktem Himmel – Albedo = 0,2.....	106
6.6	Auswertung der RELUX – Berechnungsergebnisse.....	107
6.7	RELUX Berechnungen bei Berücksichtig. d. Albedostrahlung lt. Versuchsaufbau bzw. lt. Versuchsraum.....	109
6.8	Auswertung der RELUX - Berechnungsergebnisse.....	110
6.9	Leibungsvariationen bei 50 cm Dämmdicke.....	112
6.9.1	50_00_00_00_bedeckter Himmel.....	112
6.9.2	50_seitlich 00_unten 05_oben 45_ bedeckter Himmel.....	113
6.9.3	50_seitlich 00_unten 45_oben 45_ bedeckter Himmel.....	113
6.9.4	50_seitlich 45_unten 05_oben 00_ bedeckter Himmel.....	114
6.9.5	50_seitlich 45_unten 45_oben 45_ bedeckter Himmel.....	114
6.10	Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen.....	117
6.10.1	Ausblick:.....	124
7	Tageslichtversorgung – Auswirkung auf den Kunstlichtbedarf.....	125
8	Solarer Eintrag.....	130
8.1	Einfluss des Rahmens auf den solaren Eintrag.....	135
8.2	Variation des g-Wertes der Verglasung bzw. zusätzlicher Einsatz von Folien.....	137
8.3	Variation der Einbautiefe in der bestehenden Wand.....	138
8.4	Variation der Leibungsausbildung (0, 15, 30 bzw. 45°schräg).....	143
8.5	Variation der Leibung seitlich und oben (s, g, ss og, sg os).....	149
8.6	Variation des Fensterformates.....	150
8.7	Variation der Fenstergröße.....	152
8.8	Variation des Klimas.....	154
9	Wärmebrückenwirkung.....	155
10	Sonnenschutz in unterschiedlichen Orientierungen.....	161

10.1	Monatliche solare Erträge	161
10.2	Kritische Beurteilung des Ergebnisses	169
11	Ergebnisse: Gewinn vs. Verlust.....	172
12	Schlussfolgerungen – Zusammenfassung - Planungsempfehlungen	174
13	Ausblick.....	177
14	Anhang.....	178
14.1	Lichtlabor der Donau-Universität-Krems.....	178
14.2	Messgeräte.....	178
14.2.1	Beleuchtungsstärkemessgerät	178
14.2.2	Leuchtdichtemessgerät.....	178
14.3	Kamera: FujiFinepix S3 pro.....	179
14.3.1	Aufnahmeobjektiv: Sigma 15mm / 1:3,5.....	179
14.3.2	Bildwinkel Analog – Digital.....	179
14.4	Temperaturen am inneren Übergang Fenster – Wand.....	183
14.5	Reflexionsgrad der Oberflächen	184
14.6	Bedeckungsgrad – METAR – Daten - Flughafen Wr. Neustadt	186
14.6.1	Abkürzungen in den METAR – Daten:	186
14.6.2	Beobachtungsdaten des zivilen Flughafens Wr. Neustadt.....	188
14.7	Polares Sonnenstandsdiagramm – Handhabung	190
14.8	Messergebnisse (Tabellen).....	192
14.9	Kontaktabzüge der Fotos im Lichtlabor	195
14.10	Stellungnahme von Holzer P. zu Relux	204
14.11	RELUX Berechnungsergebnisse Lichtlaborbedingungen.....	207
14.11.1	00_30_ bedeckter Himmel - innere Leibung seitlich und unten 30° schräg.....	208
14.11.2	30_30_ bedeckter Himmel - innere Leibung seitlich und unten 30° schräg.....	209
14.11.3	00_50_ innere Leibung seitlich Schräg, unten gerade	210
14.11.4	15_50_ innere Leibung seitlich Schräg, unten gerade	210
14.11.5	30_50_ innere Leibung seitlich Schräg, unten gerade	210
14.11.6	45_50_ innere Leibung seitlich Schräg, unten gerade	210
14.11.7	45_50_ äußere Leibung seitlich und unten Schräg.....	211
14.11.8	45_50_ äußere Leibung seitlich Schräg, unten gerade.....	211
14.12	Trübungsfaktoren nach Linke und Reitz	214
14.12.1	Standort: Innsbruck.....	214
14.12.2	Standort Bad Hofgastein.....	214
14.13	Fenstereinbaudetail, Leitwertmatrix und Wärmestrom- bzw. Isolinien der Fenstereinbaudetails.....	215
14.13.1	20_00_mittig in Leibung_o. Leibungsdämmung_POS 1	215
14.13.2	20_00_mittig in Leibung mit Leibungsdämmung POS 2	216
14.13.3	20_00_Fenstereinbau an der Vorderkante POS 3	217
14.13.4	20_00_Fenstereinbau halb in der Dämmebene POS 4	218
14.13.5	20_00_Fenstereinbau in der Dämmebene POS 5	219
14.13.6	20_00_mittig in Leibung mit 2 cm Leibungsdämmung POS 2	220
14.13.7	40_00_Fenstereinbau an der Vorderkante_ wie POS 3.....	221
14.13.8	U_20_00_mittig in Leibung_ohne Leibungsdämmung_POS 1	222
14.13.9	U_20_00_Fenstereinbau an der Vorderkante_POS 3	223
14.13.10	U_20_00_Fenstereinbau an der Vorderkante_schlecht POS 3	224
14.13.11	U_20_00_Fenstereinbau halb in der Dämmebene POS 4.....	225
14.13.12	U_20_00_Fenstereinbau in der Dämmebene_POS 5.....	226
14.13.13	U_20_00_Fenstereinbau an der Vorderkante POS 3 verbessert	227
14.13.14	20_15_50_Fenstereinbau an der Vorderkante POS 3	228
14.13.15	20_30_50_Fenstereinbau an der Vorderkante_POS 3	229
14.13.16	20_45_50_Fenstereinbau an der Vorderkante POS 3	230
14.13.17	20_60_50_Fenstereinbau an der Vorderkante_POS 3	231
14.13.18	20_60_50_feiner modellierte Schräge – Fenstereinbau an der Vorderkante_POS 3..	232
14.14	Eingaben für die Software SOLFEN (Wien Hohe-Warte)	236
14.15	Verschattungsberechnung in PHPP; Vergleich mit SOLFEN-Berechnungen	240
15	Abbildungsverzeichnis	251
16	Diagrammverzeichnis	255
17	Tabellenverzeichnis	258

18	Gleichungsverzeichnis.....	260
19	Abkürzungsverzeichnis.....	260
20	Inhaltsverzeichnis mit Hauptebenen.....	261



Abbildung 2: kleines Giebelwand-Dachbodenfenster mit abgerundeter Leibung²

Allgemeine Anmerkung: Da in den verschiedensten Publikationen, sei es in gedruckten Werken oder auch im Internet, die Schreibweise des Anschlusses zwischen Fenster und Außenwand unterschiedlich erfolgt wird festgelegt, dass im weiteren Text die Schreibweise LENSTERLEIBUNG Verwendung findet.

Die Mehrheit der Fundstellen verwenden diese Schreibweise, obwohl im DUDEN³ die Schreibweise „Fensterleibung“ zu finden ist.

Alle vom Autor eigens für diese Arbeit angefertigten Diagramme bzw. Tabellen wurden in der Arbeit nicht verortet. Gleiches gilt für die Diagramme und Tabellen bei den Wärmebrückenberechnungen im Anhang.

² Foto aufgenommen in Wr. Neustadt durch den Autor [Datum:06.12.2008]

³ DUDEN Rechtschreibung der deutschen Sprach, Dudenverlag 1991, S. 267

1 Kurzfassung

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit dem Fenstereinbau, im speziellen mit der Ausbildung der Fensterleibung. Es sollen die Auswirkungen des Fenstereinbaus auf folgende Punkte aufgezeigt werden:

- Beeinflussung der Aussicht
- Tageslichteintrag bzw. TQ⁴
- solarer Wärmeeintrag in der Heizsaison
- Wärmebrückenwirkung
- sommerliche Überwärmung

Sie wurde erstellt um der Fragestellung nachzugehen, in welcher Größenordnung folgende Parameter Einfluss auf die genannten Untersuchungsgrößen haben, und ob Optimierungspotential besteht:

- große Dämmdicke bez. Große Gesamtwanddicke
- Einbauort des Fensters in der Wandtiefe
- Ausbildung der Leibung
- Fenstergröße bzw. Fensterformat
- Rahmengeometrie
- g-Wert bzw. u-Wert der Verglasung

Anhand eines Musterraumes wurde die **Aussichtsbeeinflussung** der Leibungsausbildung in Abhängigkeit des Betrachtungsstandortes geometrisch untersucht.

Ergebnis: Die Tiefe der Leibung bzw. die Leibungsausbildung hat einen entscheidenden Einfluss auf die Aussicht und damit auf den Außenbezug. Vor allem bei kleineren Fenstern, größeren Dämmdicken bzw. bei Standorten des Betrachters in der Nähe des Fensters, kann durch schräge Fensterleibungen eine beträchtliche Verbesserung des Außenbezuges erzielt werden.

Der **Tageslichteintrag** wurde anhand eines definierten Musterraumes sowohl anhand eines Modells im Maßstab 1:10 (im Lichtlabor und unter freiem Himmel) als auch mittels Simulationssoftware (Relux) anhand einem geometrisch identischen virtuellen Modell untersucht. Variiert wurden bei dieser Untersuchungsreihe die Leibungstiefe, die Leibungsschräge die Farbe der Leibung und die Farbe des Bodens. Gemessen wurde an neun verschiedenen Punkten im Grundriss in der Höhe der Arbeitsfläche (+0,85 m).

Ergebnis: Der Abstand der schattenbildenden Kante zum Übergang zwischen Verglasung (transparent) zum Fensterrahmen (opak) in Richtung der Fensterebene und in Richtung der Flächennormale auf die Fensterebene beeinflusst in großem Maße die Tageslichtversorgung. Die größte Bedeutung kommt der Ausbildung des Sturzes zu, wobei dies relativiert werden muss, wenn es sich um hohe schmale Fenster handelt. Die beste Performance erreicht eine allseitig schräge Ausbildung mit 45° – so wird der TQ durch die Dämmdicke nicht mehr beeinflusst!

Der solare Wärmeeintrag in der Heizsaison wurde mittels PHPP ermittelt. Variiert wurden die Fensterrahmenhöhe, die Verglasungsart, die Geometrie des Fensters bei gleicher Fenstergröße bzw.

⁴ Tageslichtquotient

die Fenstergröße, vor allem aber wurde die Ausbildung der Leibung variiert (Leibungstiefe und der Winkel der Leibungsfläche zur Flächennormale der Fensterebene).

Ergebnis: Ähnlich wie bei der Tageslichtversorgung konnte gezeigt werden, dass der solare Wärmeeintrag in Abhängigkeit der Leibungstiefe und –schräge beträchtlich verbessert werden kann. Speziell bei kleinen Fensterabmessungen ist die Beeinflussbarkeit sehr groß. Die größten Verbesserungen sind im Osten und Westen erreichbar, aber auch im Norden werden deutliche Verbesserungen bei schräger Leibungsausbildung erzielt.

Zur Überprüfung der **Wärmebrückenwirkung** wurden Fenstereinbaudetails unterschiedlicher Qualität betrachtet. Es wurde der Leitwert der unterschiedlichen Details miteinander verglichen, um Rückschlüsse auf Auswirkungen von Veränderungen an den Ausführungsdetails zu bekommen. Zur Berechnung der Wärmeverluste und zur Bilanzierung der solaren Gewinne in der Heizzeit mit den zusätzlichen Verlusten aufgrund einer schrägen Leibungsausbildung wurden auch die ψ -Werte des Fenstereinbaues berechnet.

Ergebnis: Der Dämmung der Leibung kommt bei einer Sanierung große Bedeutung zu. Günstiger erscheint es aber, die Fensterposition an die Vorderkante des Mauerwerkes oder besser noch teilweise in die Dämmebene zu versetzen. Speziell der untere Anschluss kann so verbessert werden, da ein Überdämmen des Fensterrahmens in diesem Bereich schwierig ist. Die zusätzlichen Wärmeverluste, welche durch eine schräge Ausbildung der Fensterleibung entstehen, werden durch die zusätzlichen solaren Gewinne ausgeglichen, im Süden werden die Verluste durch die zusätzlichen solaren Gewinne sogar deutlich überkompensiert. Positive Nebeneffekte sind größerer Tageslichteinfall und ein verbesserter Außenbezug.



Abbildung 3: Glaslose Maueröffnung mit Fenstergitter und abgeschrägter Leibung⁵

⁵ Foto durch den Autor in Wetzmannsthal erstellt [Datum:24.01.2009]

9 Wärmebrückenwirkung

Prinzipiell kann gesagt werden, dass die Wärmebrückenwirkung umso geringer ist, je näher das Fenster in der Mitte der Dämmebene eingebaut wurde. Es können so die Isothermen (Linien gleicher Temperatur) aus der Dämmebene möglichst gerade in den Fensterrahmen übergehen, sie müssen nicht mehrfach „umgelenkt“ werden (siehe Seite 27 ff Abbildung 18 bis Abbildung 21)

Je geringer der Abstand zwischen der Glasfläche und der Fassadenvorderkante ist, desto weniger wird sie von der seitlichen bzw. der oberen Fensterleibung beschattet. Im Sommerfall, bei direkter Besonnung, wäre eine derartige Beschattung wünschenswert, im Winter wäre aber der solare Wärmeeintrag bzw. bei bedecktem Himmel wäre ein vermehrter Tageslichteintrag wünschenswert.

Inwieweit die Fensterposition bzw. die Ausbildung der Leibung einen Einfluss auf die Wärmeverluste hat, soll in diesem Abschnitt anhand von Wärmebrückenberechnungen mit der Software AnTherm¹⁹⁵ behandelt werden. Die Leitwerte sollen unter den einzelnen Fenstereinbaudetails verglichen werden. Der Vergleich gibt Aufschluss, ob eine Verbesserung oder Verschlechterung durch die gesetzte Maßnahme erfolgt bzw. wird die Größe des Effektes in der Differenz der Leitwerte [W/mK] ablesbar.

Ziel ist es, Varianten zu finden, die bessere Bedingungen für den Tageslichteintrag (TQ) bzw. für den solaren Wärmeeintrag bieten, und gleichzeitig möglichst geringe (zusätzliche) Transmissionsverluste im Winter zeigen.

Die solaren Einträge in den jeweiligen Monaten werden in Kapitel 8 (Solarer Eintrag) behandelt. Dort wird die Veränderung des, durch die schräge Leibungsausbildung bewirkten Mehreintrages der Winter- und Sommersonne behandelt. Die Höhe bzw. die Reduktion des sommerlichen Wärmeeintrages wird in Kapitel 10 (Sonnenschutz) angesprochen.

Mit der Differenz der Leitwerte und den HGT_{20/12}¹⁹⁶ kann die, durch die veränderte Einbausituation, erreichte Veränderung des Transmissionsverlustes errechnet werden. Die HGT in Bad Hofgastein werden mit 4595 Kd angegeben¹⁹⁷.

Der Wärmeverlust infolge Transmission kann lt. Gleichung 6 berechnet werden.

$$Q_H = L_T \times HGT_{20/12} \times 0,024 \langle kWh \rangle$$

Gleichung 6: Heizwärmebedarf

Da aber für das betrachtete Gebäude nicht von vornherein gesagt werden kann, bei welcher Temperatur die Heizgrenztemperatur liegt – in diesem Fall wurde die HGT für 12°C Heizgrenztemperatur angegeben – stimmt das Ergebnis nur bedingt. Sehr gut gedämmte Häuser

¹⁹⁵ Wärmebrücken-Berechnungsprogramm, T. Kornicki Dienstleistungen in EDV & IT,
E-Mail: tkornicki@chello.at

¹⁹⁶ HGT [Kd]: Heizgradtage, Summe der Differenzen zwischen der mittleren Raumtemperatur (20°C) und der Tagesmitteltemperatur der Außentemperatur über jene Tage, an denen die Außentemperatur unter der Heizgrenztemperatur von 12°C liegt.

¹⁹⁷ Frey K. / Haas J. / Könighofer K., Handbuch für Energieberater, Institut für Energieforschung – Joanneum Research, 1994, S.4.5

müssen erst beheizt werden, wenn der Tagesmittelwert der Außentemperatur z.B. 5°C unterschreitet. In solchen Fällen reduziert sich der Transmissionsverlust deutlich!

Mit anderen Verfahren z.B. Modifizierte HGT-Verfahren oder dem in der ÖNORM B 8110-1¹⁹⁸ vorgestellten Verfahren können genauere Ergebnisse erzielt werden.

Wird nach EN 832 gerechnet oder wird das Gebäude mit geeigneten Programmen dynamisch simuliert, die Länge der Heizzeit wird als Ergebnis ausgegeben.

In PHPP dauert die Heizzeit von Oktober bis April. Die Heizgradtage berechnen sich mit PHPP aus den Daten

- der Außentemperatur,
- der Anzahl der Tage je Monat und
- aus einem Faktor, zu wie vielen Teilen der jeweilige Monat berücksichtigt wird. Die Monate Oktober bis März werden zu 100 % berücksichtigt, der Monat April lediglich zu 85 %.

Es ergeben sich mit diesem Verfahren andere Heizgradtage als in den einschlägigen Büchern angegeben wird.

Für Wien Hohe Warte wird etwa 3355 Kd angegeben¹⁹⁹, während PHPP aufgrund der Außentemperaturwerte²⁰⁰ 3226 Kd errechnet, also ca. 4 % weniger Kd.

Im Falle von Bad Hofgastein werden 4595 Kd angegeben²⁰¹, während PHPP aufgrund der Außentemperaturwerte 3761 Kd errechnet, also ca. 18 % weniger Kd.

Aus der Vielzahl der in Abbildung 53, Abbildung 93 und Abbildung 94 dargestellten Leibungen sollen einige herausgegriffen werden und systematisch untersucht werden.

Aufgrund der großen Anzahl an Variablen ergeben sich sehr viele Ausbildungsmöglichkeiten. Daher sollen einige Variablen in eine Fixgröße geändert werden. Bei den Berechnungen bleiben folgende Parameter unverändert:

- Ausbildung der Leibung auf allen drei Seiten, also seitlich und oben ist gleich.
- Glassorte ($U_g=0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ $g=0,55$),
- Fensterrahmen (Fa. Sigg),
- Fenstergröße (Normfenster: 1,23 m x 1,46 m) → Länge der Summe des seitlichen und des oberen Anschlusses: 4,15 m, Länge des unteren Anschlusses: 1,23 m
- Wandaufbau (1,5 cm Außenputz + 42 cm NF-Mauerwerk + 1,5 cm Innenputz → U-Wert = 1,33 $\text{W/m}^2\text{K}$)
- Dämmdicke 20 cm (als Variante 40 cm)
- λ -Wert des Putzes: 0,7 W/mK
- λ -Wert des Mauerwerkes: 0,8 W/mK
- λ -Wert des Dämmstoffes: 0,035 W/mK

¹⁹⁸ ÖNORM 8110-1 – Wärmeschutz im Hochbau – Anforderungen an den Wärmeschutz und Deklaration des Wärmeschutzes von Gebäuden/Gebäudeteilen – Heizwärmebedarf und Hülllast, 2008

¹⁹⁹ Frey K. / Haas J. / Könighofer K., Handbuch für Energieberater, Institut für Energieforschung – Joanneum Research, 1994, S.4.3

²⁰⁰ Quelle: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps/radmonth.php?lang=en&map=europe>

²⁰¹ Frey K. / Haas J. / Könighofer K., Handbuch für Energieberater, Institut für Energieforschung – Joanneum Research, 1994, S.4.3

- Der Glasrandverbund (TPS) wird mit einer Ersatzkonstruktion²⁰² gezeichnet bzw. berechnet, sie besteht aus Butyl ($\lambda=0,24 \text{ W/mK}$) bzw. Polysulfid ($\lambda=0,42 \text{ W/mK}$).²⁰³
- Dämmdicke in der Leibung bzw. Fensterstocküberdämmung: 50 mm (es sei denn, dies ist anders angegeben)
- Der innere Übergangswiderstand beträgt $0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$; der äußere Übergangswiderstand beträgt $0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$; auch bei der Berechnung der Oberflächentemperatur.²⁰⁴ Im Bereich der Abtreppung der schrägen Leibung wurde, in Abhängigkeit des Winkels, der Übergangswiderstand erhöht, um die größere Wärmeabgabefläche zu kompensieren.

Betrachtet werden die seitliche und obere Leibung ebenso wie die untere Leibung (Anschluss beim Fensterbrett) da hier eine Überdämmung des Fensterstockes nicht möglich ist.

Vorgehensweise:

Die genannten Ausschnitte des Fenstereinbaudetails werden in AnTherm 2-dimensional eingegeben. Als Ergebnis werden der 2-dimensionalae Leitwert L^{2D} bzw. der ψ -Wert gesucht. Um die Einbaudetails bzw. deren Ergebnisse untereinander vergleichen zu können, müssen die einzelnen Längen der Bauteile (opake Wand bzw. Fenster) mit den gleichen Abmessungen (Längen) eingegeben werden.

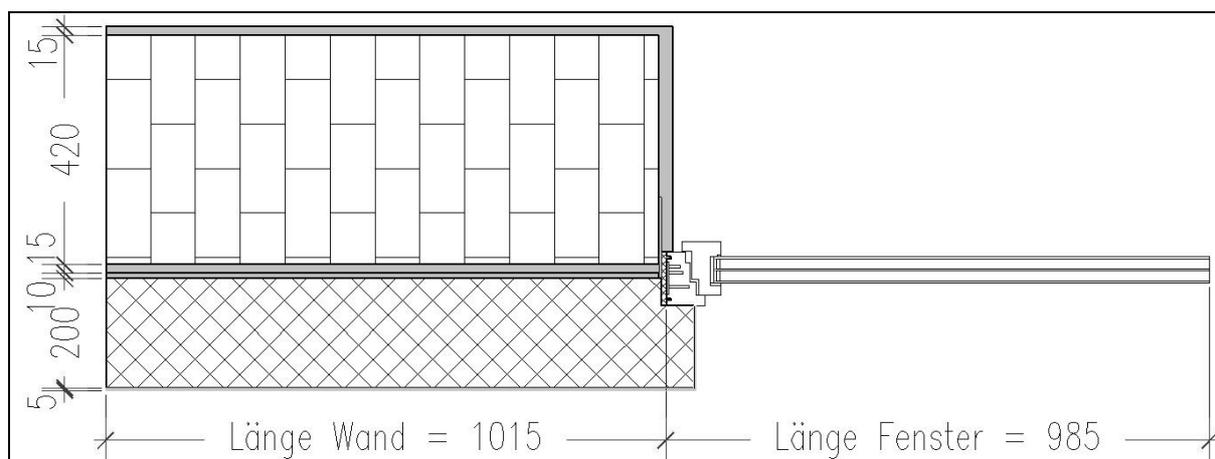


Abbildung 98: Fenstereinbaudetail für Wärmebrückenberechnung mit eingetragenen Teillängen²⁰⁵

Behandelt wurden die bereits aus Abbildung 88 bis Abbildung 92 bekannten Einbaudetails im Bereich der seitlichen und oberen Leibungen. Variiert wurde zusätzlich:

- POS 2 – hier wurde die Leibung mit lediglich 2 cm Dämmung bekleidet – und

²⁰² Feist W., *HIWIN – Hochwärmedämmende Fenstersysteme: Untersuchung und Optimierung im eingebauten Zustand – Anhang zum Teilbericht A*, 2003, S.12 – 14 oder Rosenheim?

²⁰³ Da in der vorliegenden Arbeit die Transmissionswärmeverluste über den Fensteranschluss interessieren und nicht die Oberflächentemperaturen, wurde diese Ersatzkonstruktion eingesetzt.

²⁰⁴ Lt. EN ISO 10077-2 wären an besonderen Stellen für den inneren Wärmeübergangswiderstand $0,20 \text{ m}^2\text{K/W}$ anzusetzen, um auf der sicheren Seite zu liegen. Dieser Umstand wurde jedoch vernachlässigt, da sowohl Stromlinien als auch Isothermen in einer Abbildung erscheinen sollten.

²⁰⁵ Die Abbildung wurde durch den Autor erstellt

- POS 3 – in einer Variante wurde der Übergangsbereich zwischen Fenster Außenkante und Mauerwerk anstelle von Putz, auf einer Querschnittsfläche von 10 mm x 15 mm mit Dämmstoff verfüllt.
- POS 3 – in einer anderen Variante wurde die Außenwand mit 40 cm Dämmstoff gedämmt.

Behandelt wurden weiters die zugehörigen unteren Leibungsausbildungen im Bereich der Fensterbretter, da hier der Fensterstock nicht überdämmt werden kann. Variiert wurde zusätzlich:

- POS 3 – hier wurde eine schlechtere Ausbildung untersucht – es besteht kein direkter Zusammenschluss zwischen PU-Schaum unter dem Fenster und der Fassadendämmung, die bis zur Unterkante des Fensters reicht, also den Fensterstock nicht überdämmt. Es wurde ein Querschnitt in der Größe von 15 mm x 10 mm PU-Schaum durch Kleber ersetzt.
- POS 3 – hier wurde der Anschluss verbessert, indem ein Querschnitt in der Größe von 5 cm x 10 cm aus YTONG an der Vorderkante des Mauerwerkes eingesetzt wurde. zusätzliches Potential liegt in der 25 mm dicken Putz- bzw. Kleberschicht, über welche trotzdem Wärme abgeleitet wird.

	Bezeichnung des Fenstereinbaus	berechneter Leitwert [W/mK]	PSI-Wert [W/mK]
seitliche und obere Leibungen	20_00_mittig in Leibung_ohne Leibungsdämmung_POS 1	1,1922	0,44
	20_00_mittig in Leibung_mit Leibungsdämmung_POS 2	0,8505	0,10
	20_00_Fenstereinbau an der Vorderkante_POS 3	0,7789	0,03
	20_00_Fenstereinbau halb in der Dämmebene_POS 4	0,7627	0,01
	20_00_Fenstereinbau in der Dämmebene_POS 5	0,7507	0,00
	20_00_mittig in Leibung_mit 2 cm Leibungsdämmung_POS 2	0,9378	0,19
untere Leibungen	40_00_Fenstereinbau an der Vorderkante_POS 3	0,7196	0,04
	U_20_00_mittig in Leibung_ohne Leibungsdämmung_POS 1	1,1922	0,44
	U_20_00_Fenstereinbau an der Vorderkante_POS 3	0,8315	0,08
	U_20_00_Fenstereinbau an der Vorderkante_schlecht_POS 3	0,8669	0,12
	U_20_00_Fenstereinbau halb in der Dämmebene_POS 4	0,7833	0,03
	U_20_00_Fenstereinbau in der Dämmebene_POS 5	0,7538	0,00
	U_20_00_Fenstereinbau an der Vorderkante_POS 3_verbessert	0,8168	0,07

Tabelle 21: Wärmebrückenberechnungsergebnisse Fenstereinbau, Leitwert und Psi-Wert

Aus den Werten der Tabelle 21 wurde Diagramm 98 erstellt. Am auffallendsten ist die deutliche Reduktion des Leitwertes, aber vor allem auch des ψ -Wertes zwischen der Variante mit und ohne Leibungsdämmung. Auch zwischen 5 cm und 2 cm Leibungsdämmung besteht ein größerer Unterschied der beiden Werte. Beim Einbau des Fensters in der Dämmebene ergibt sich in diese Fall ein leicht negativer ψ -Wert. Interessant ist auch die Tatsache, dass eine Vergrößerung der Dämmdicke auf 40 cm, trotz Reduktion der Verluste, eine Verschlechterung des ψ -Wertes bewirkt.

Speziell beim unteren Fensteranschluss ist eine Optimierung möglich. Es ist hier unbedingt eine Verbindung der beiden Dämmstoffe (Fassadendämmung und Fensterstock) herzustellen. Am einfachsten wird dies erreicht, indem der Fensterstock möglichst weit in die Dämmebene reicht.

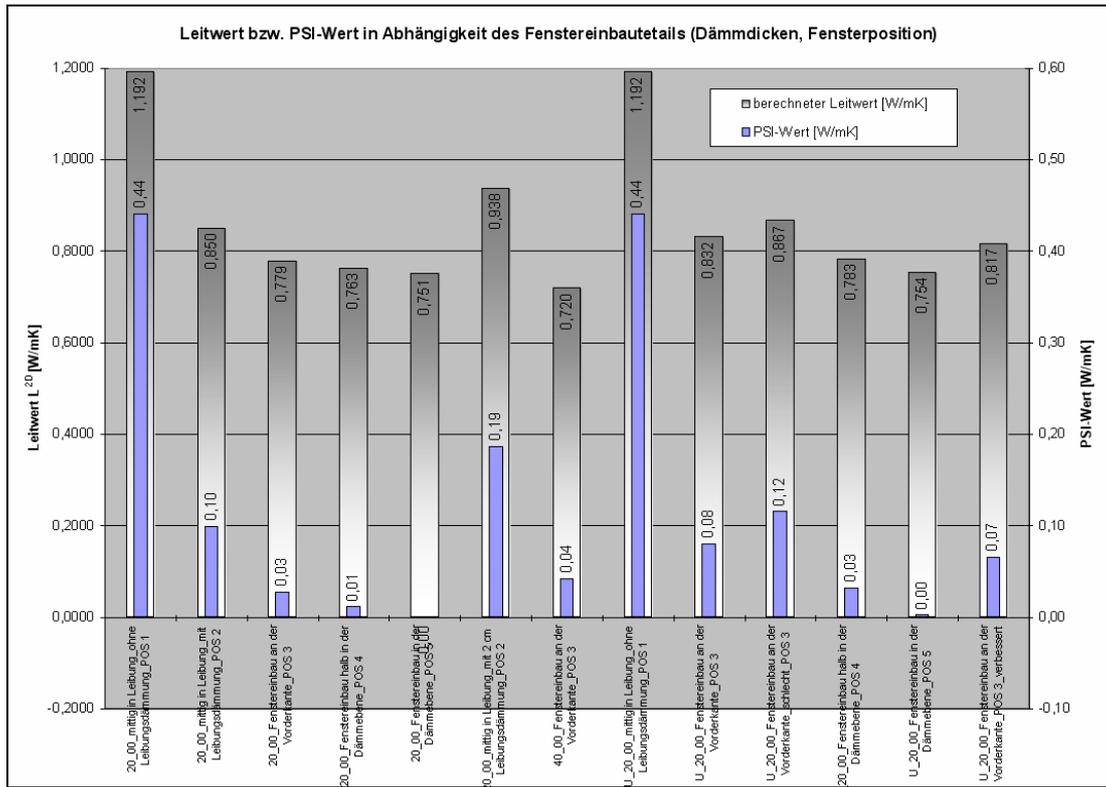


Diagramm 98: Ergebnisse der Wärmebrückenberechnung – Leitwert und PSI

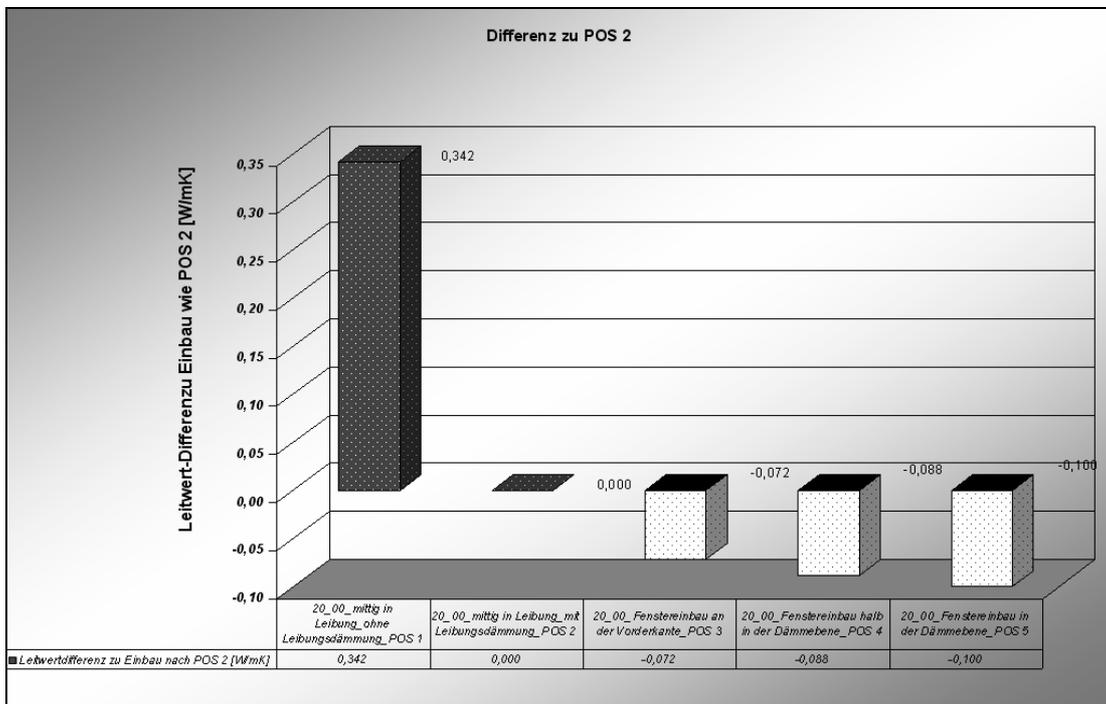


Diagramm 99: Differenz des Leitwertes in Abhängigkeit der Einbausituation – Basis ist POS 2

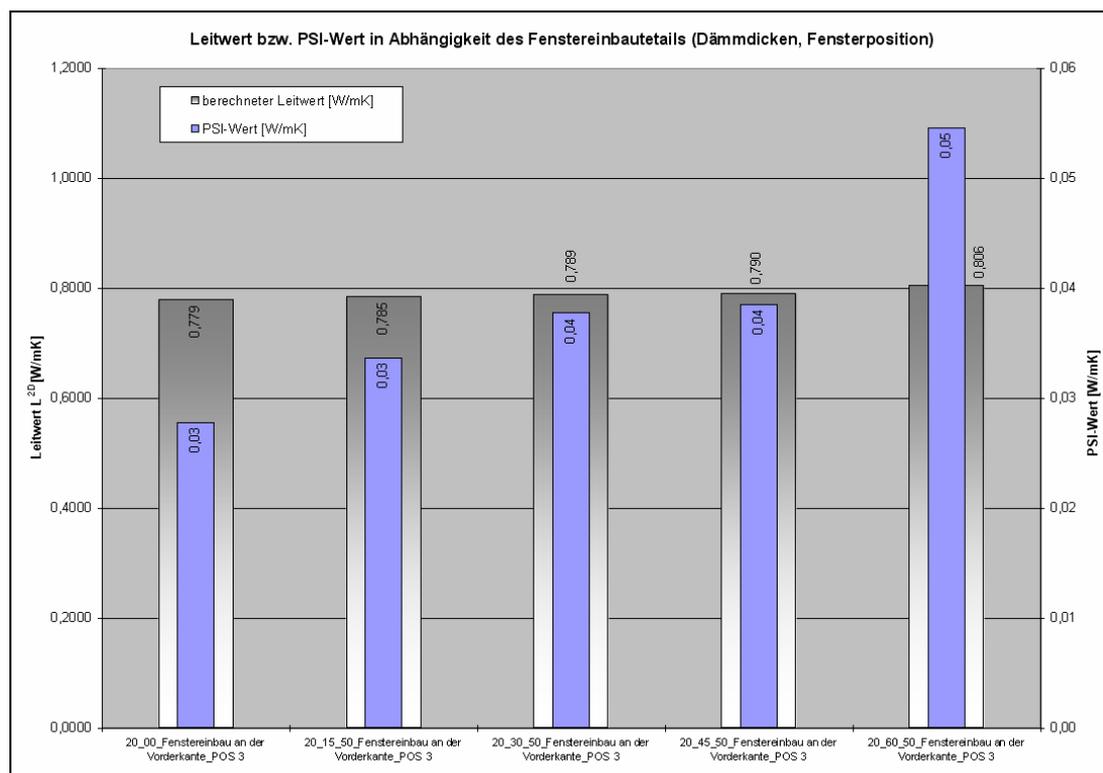


Diagramm 100: Leitwert und ψ -Wert in Abhängigkeit der Leibungsabschrägung

Wird der Fensterstock fassadenbündig eingebaut und trennt die Kleberschicht den Fensterstock von der Dämmung, wird der Leitwert bzw. der ψ -Wert beträchtlich erhöht. Wird der Fensterstock in der Dämmebene eingebaut, geht auch hier der ψ -Wert gegen 0.

Bei den abgeschrägten Leibungen wird in jedem Fall eine Rahmenüberdämmung von 5 cm in einer Mindestdicke von ebenfalls 5 cm belassen. Durch diese Maßnahme erhöht sich der Leitwert und der ψ -Wert nur unwesentlich (siehe Diagramm 100). Für den Vergleich wurde die Einbaulage POS 3 (Vorderkante Mauerwerk) gewählt, sie ist die üblichste. Günstiger wären natürlich POS 4 oder POS 5.

Die 60° abgeschrägte Leibung wurde in einem 2. Beispiel mit einer feineren Abstufung modelliert, um den Einfluss auf den Leitwert bzw. den ψ -Wert zu untersuchen.

- Der Leitwert veränderte sich lediglich von 0,8057 auf 0,8040 – die Differenz beträgt also 0,0017 W/mK bzw. ca. 0,7 %.
- Der ψ -Wert veränderte sich lediglich von 0,0546 auf 0,0530 – die Differenz beträgt also 0,0016 W/mK bzw. 2,9 %.

Anhand der ψ -Werte kann der aufgrund der schrägen Leibung resultierende zusätzliche Wärmeverlust ermittelt, und dem Gewinn an solaren Einträgen gegenübergestellt werden (siehe Kapitel 8 Solarer Eintrag). Die Darstellung der Fenstereinbautdetails und deren Wärmebrückenberechnungsergebnisse erfolgt im Anhang ab Seite 215, Abschnitt 14.13. Der Abstand zwischen den Wärmestromlinien kennzeichnet einen Energieverlust von 0,5 W bei den angegebenen Bedingungen.

11 Ergebnisse: Gewinn vs. Verlust

Um die sich gegenseitig beeinflussenden Faktoren gewichten zu können, sollen abschließend der zusätzliche Transmissionsverlust, der durch den Fenstereinbau mit schräger Leibung entsteht, mit den höheren solaren Erträgen bilanziert werden.

Hierzu werden die in Kapitel 9 (Wärmebrückenwirkung) berechneten ψ -Werte herangezogen, welche die 2-dimensionalen Wärmeströme berücksichtigen.

Es wurden die Transmissionsverluste des Fensters und der Außenwand des betrachteten Raumes²¹² berechnet. Bei der Bilanzierung wurde für beide Klimabedingungen sowohl die Bilanz des Fensters als auch die Bilanz der gesamten Außenwand des betrachteten Raumes gebildet.

Für den Standort Wien Hohe-Warte ergab sich die eine Matrix, welche in Tabelle 66 wiedergegeben ist. Die Ergebnis-Matrix für Bad Hofgastein ist in Tabelle 67 angeführt. Die in SOLFEN errechneten Werte (Wien Hohe-Warte) werden in der in Tabelle 68 dargestellten Matrix wiedergegeben.

In allen Fällen, sowohl in den unterschiedlichen Himmelsrichtungen als auch bei den unterschiedlichen Klimabedingungen, heben sich die Wirkungen annähernd auf. Die zusätzlichen Transmissionsverluste werden durch die zusätzlichen solaren Gewinne gedeckt – im Süden werden aufgrund des hohen Direktstrahlungsanteiles die Verluste sogar überkompensiert.

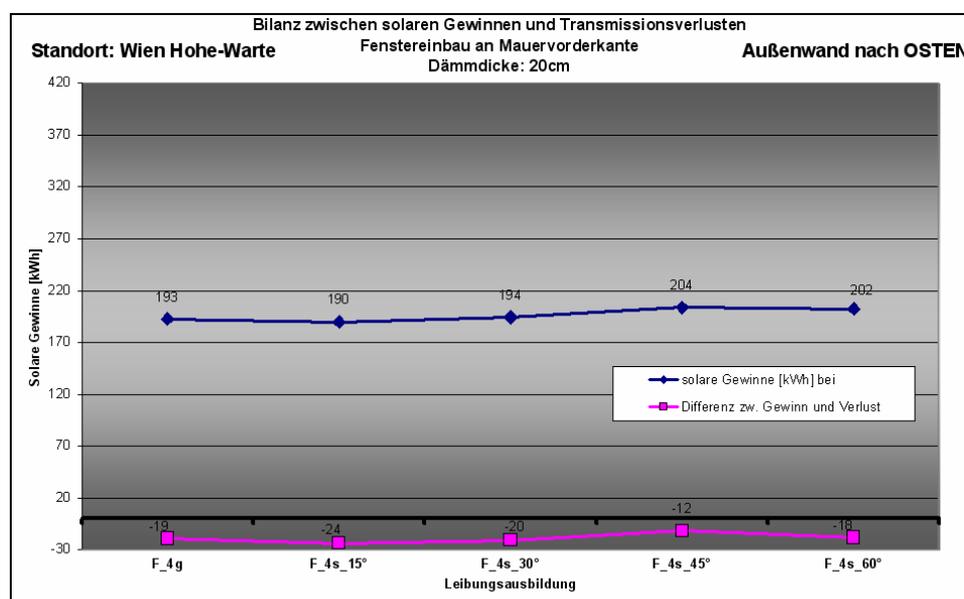


Diagramm 113: Bilanz zw. solaren Gewinnen (SOLFEN) und Transmissionsverlusten – Wien Hohe-Warte – Osten

Fazit: Die Vorteile bei der verbesserten Tageslichtversorgung und auch der bessere Bezug nach außen bewirken also keine Erhöhung des Heizwärmebedarfes!

Helle, mit natürlichem Licht durchflutete Räume helfen nicht nur Beleuchtungsstrom zu sparen, natürliches Licht hat auch psychologische und gesundheitliche Auswirkungen auf die Menschen²¹³. Es

²¹² Die Maße der Außenwand entsprechen denen des Musterraumes aus Kapitel 5

vermittelt den Bewohnern einen besseren Bezug zur Außenwelt und vermindert die Auftretenswahrscheinlichkeit von SBS.²¹⁴

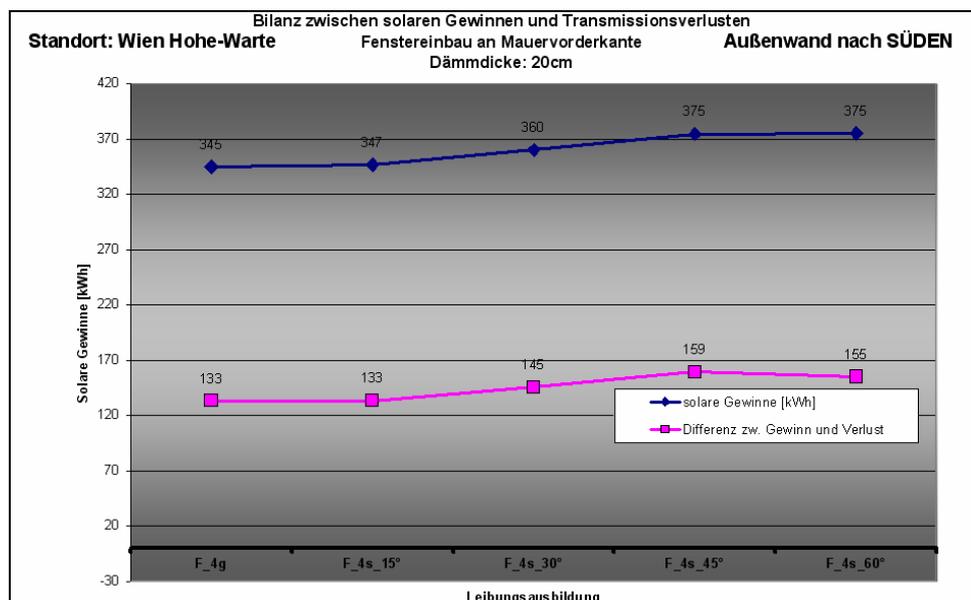


Diagramm 114: Bilanz zw. solaren Gewinnen (SOLFEN) und Transmissionsverlusten – Wien Hohe-Warte – Süden

Obwohl helle Räume den Außenbezug verbessern, sollte jedoch auch direktes Sonnenlicht auf die Haut der Menschen gelangen, um die Produktion von Vitamin D zu ermöglichen und so Rachitis und anderen Krankheiten²¹⁵ entgegenzuwirken. Den zirkadianen Rhythmus des Menschen können helle Räume nicht steuern, da hierfür ca. 2.500 lx bei gleichzeitigem Vorhandensein von kurzen Wellenlängen notwendig sind → ungefiltertes Tageslicht erfüllt diese Anforderungen.

„Hedge (Hedge, 1991) hat durch umfangreiche Untersuchungen in Großbritannien und in den USA nachgewiesen, dass die künstliche Beleuchtung nach der Klimatisierung die zweitwichtigste Ursache von Sick Building Syndrome (SBS) darstellt.“²¹⁶

„Eine bestimmte gesundheitliche Wirkung des Lichts, SAD = seasonal affective disorder bzw. Winterdepression, die bei bestimmten Personen als eine echte Krankheit infolge des Lichtmangels auftritt, dürfte bei einem wesentlich größeren Kreis unspezifische Erscheinungen hervorrufen. Man spricht von etwa einem Viertel der Bevölkerung mittel- und nordeuropäischer Länder!“²¹⁷

²¹³ Cakir A. / Cakir G. / Kischkoweit-Lopin M. / Schultz V., *Tageslicht nutzen*, Kleffmann Verlag, begleit-CD des FVLR (Fachverband Lichtkuppel, Lichtband und EWA e.V.), Kapitel Gesundheitliche Wirkungen, Seite E. 45

²¹⁴ SBS – Die gesundheitlichen Auswirkungen des Lichts, die unspezifische Beschwerden wie Kopfschmerzen oder Augenbeschwerden einschließen, subsumiert man unter dem Begriff „Sick Building Syndrome“

²¹⁵ z.B. Osteomalazie, Osteoporose, Krebserkrankungen, Autoimmunkrankheiten, ...

²¹⁶ Cakir A. / Cakir G. / Kischkoweit-Lopin M. / Schultz V., *Tageslicht nutzen*, Kleffmann Verlag, begleit-CD des FVLR (Fachverband Lichtkuppel, Lichtband und EWA e.V.), Kapitel Gesundheitliche Wirkungen, Seite E. 46

²¹⁷ Cakir A. / Cakir G. / Kischkoweit-Lopin M. / Schultz V., *Tageslicht nutzen*, Kleffmann Verlag, begleit-CD des FVLR (Fachverband Lichtkuppel, Lichtband und EWA e.V.), Kapitel Gesundheitliche Wirkungen, Seite E. 46

12 Schlussfolgerungen – Zusammenfassung - Planungsempfehlungen

Die vorliegende Arbeit hat die Aufgabe, die Auswirkungen von unterschiedlichen Leibungsausbildungen auf folgende Punkte aufzuzeigen:

- Beeinflussung der Aussicht
- Tageslichteintrag bzw. TQ
- solarer Wärmeeintrag in der Heizsaison
- Wärmebrückenwirkung
- sommerliche Überwärmung

Sie wurde erstellt, um der Fragestellung nachzugehen, in welcher Größenordnung eine in vielen Fällen empfehlenswerte große Dämmdicke auf die oben genannten Parameter hat und ob Optimierungspotential vorhanden ist.

Die Ergebnisse beruhen auf einen Musterraum mit den Abmessungen

- Länge (Tiefe des Raumes [a]:5,00 m
- Breite [b]:.....3,50 m
- Höhe :2,80 m
- Fenstergröße: 1,23 m × 1,46 m
- Wanddicke bzw. Dämmdicke:..... variabel (16,5 cm – 64,5 cm Gesamtwandstärke)
- Leibungswinkel: variabel (zw. 0° und 60°)
- Leibungsmaterial: $\rho = 0,77$ bzw. 0,33

Beeinflussung der Aussicht: Die Aussicht wird vor allem durch die Tiefe der Leibung bzw. durch den Winkel der Leibung beeinflusst. Günstig sind:

- große Abschrägung der Leibungen (45°)
- geringe Leibungstiefen bzw. geringe Wanddicken
- breite Fenster (in der Sanierung schwer zu ändern)
- Parapet in der Höhe ab ca. 40 cm Oberkante.

Werden diese Parameter beachtet kann vor allem bei einem nahen Standpunkt der Außenbezug (Blickwinkel) enorm vergrößert werden.

Bei einer Leibungsausbildung mit 0° beträgt beispielsweise der horizontale Blickwinkel bei 25 cm Abstand zur Außenwand 65° bei einer 45° schrägen Leibung wird der Blickwinkel auf 86° erweitert. Die Gesamtdicke der Außenwand beträgt im genannten Beispiel 645 mm.

Tageslichteintrag bzw. TQ: Tiefe Leibungen bzw. große Wanddicken führen zu so genannter Leistenschattung und höherem Beleuchtungsstromaufwand. Für den Tageslichteintrag wirken sich folgende Maßnahmen günstig aus:

- große Abschrägung der äußeren Leibungen (z.B. 45°), am besten seitlich und oben
- große Abschrägung der inneren Leibungen (z.B. 30°), am besten seitlich
- geringe Leibungstiefen bzw. Wanddicken – widerspricht aber oft der dringenden Forderung nach besserer Wärmedämmung!
- Vergrößerung der transparenten Fläche, vor allem Erhöhung des Sturzes (in der Sanierung schwer zu ändern) – ermöglicht wird dies mit schmalen Fensterrahmen

- Verwendung von Glassorten mit hohem Lichttransmissionsgrad (τ_L -Wert der Verglasung)
- selektive Beschattung zur Vermeidung sommerlicher Überwärmung
- verzicht auf Sprossen – vorallem auf glasteilende Kämpfer und Sprossen
- helle Leibungsflächen – helle Innenoberflächen reflektieren eintretendes Tageslicht besser, die Leuchtdichte der inneren Oberflächen wird höher ohne dass mehr Tageslichteintrag benötigt wird.

Bei einer gegebenen Gesamtwandstärke von 36,5 cm (20 cm WD) beeinflusst beispielsweise der Leibungswinkel (dreiseitig schräg) den Tageslichtquotienten lt. DIN 5034-1 von 2,03 (0° Leibungswinkel) auf 2,19 (45° Leibungswinkel) – die Verbesserung beträgt also 0,16 bzw. 7,9 %.

Wird der Tageslichtquotient bei einer Gesamtwandstärke von 56,5 cm betrachtet (40cm Dämmdicke), ergibt sich bei den zuvor genannten Bedingungen eine Verbesserung des TQ von 1,72 (0° Leibungswinkel) auf 2,22 (45° Leibungswinkel) - die Verbesserung beträgt also 0,46 bzw. 29 %!

Die Farbe der Leibung zieht ebenfalls eine Beeinflussung des TQ nach sich. Bei einer Gesamtwandstärke von 36,5 cm [Dämmdicke 20cm] wird bei 0° Leibungswinkel durch die dunkle Leibung eine TQ-Reduktion von ca. 7,5 % bis 9,2 % bewirkt – bei 45° Leibungswinkel beträgt die Reduktion zwischen ca. 2,5 % und 4,0 %.

Bei einer Gesamtwandstärke von 56,5 cm [Dämmdicke 40cm] wird bei 0° Leibungswinkel durch die dunkle Leibung eine TQ-Reduktion von ca. 16 % bis 18 % bewirkt – bei 45° Leibungswinkel beträgt die Reduktion zwischen ca. 8,8 % und 11,4 %.

solarer Wärmeeintrag in der Heizsaison: Maßnahmen die sich günstig auf eine Erhöhung des solaren Wärmeeintrages auswirken sind:

- große Abschrägung der äußeren Leibungen (z.B. 45°), am besten seitlich und oben
- Verwendung von Glassorten mit hohem Gesamtenergiedurchlassgrad (g-Wert der Verglasung)
- Fensterflächen sollen optimiert und nicht maximiert werden
- geringe Leibungstiefen bzw. Wanddicken – widerspricht sich aber oft mit der dringenden Forderung nach besserer Wärmedämmung!
- Vergrößerung der transparenten Fläche, vor allem Erhöhung des Sturzes (in der Sanierung schwer zu ändern)
- innen liegender Blendschutz – absorbiertes Licht wird in Wärme umgewandelt und kommt dem Raum zugute

Der Leibungswinkel beeinflusst den solaren Ertrag in der Heizperiode je nach Himmelsrichtung unterschiedlich. Bei einer gegebenen Gesamtwandstärke von 36,5 cm (20cm Wärmedämmung) beeinflusst beispielsweise der Leibungswinkel auf der Südfassade lt. PHPP den solaren Ertrag ca. 3 % bzw. bei 40 cm Wärmedämmung beträgt die Beeinflussung durch die schräge Leibungsausführung ca. 9 %.

An der Ostfassade ergibt sich durch die schräge Leibung bei 20 cm Dämmung eine Verbesserung von ca. 5 % bzw. bei 40 cm Dämmung von ca. 14 %.

An der Nordfassade ergibt sich durch die schräge Leibung bei 20 cm Dämmung eine Verbesserung von ca. 4 % bzw. bei 40 cm Dämmung von ca. 10 %.

Wärmebrückenwirkung: Hier werden die Maßnahmen angeführt, welche die Wärmebrückenwirkung beim Fenstereinbau reduzieren helfen:

- Fenstereinbau in der Dämmebene, das heißt bei einem WDVS²¹⁸ möglichst weit an der Vorderkante des Mauerwerkes, zur Hälfte oder sogar ganz in der Dämmebene. Vor allem der untere Anschluss wird dadurch deutlich verbessert.
- Möglichst gesamte Überdämmung des Fensterstockes – bei Holz - Alufenstern soll die Aluminiumabdeckung nicht über die gesamte Breite des Fensterstockes reichen.
- Falls die Fenster bestehend bleiben ist eine möglichst dicke Leibungsdämmung zu empfehlen. Die Fassadendämmung muss über die Leibungsdämmung mit dem Fensterrahmen verbunden werden.

Wird die Fassade gedämmt, die Fensterleibung hingegen nicht, sind hohe Wärmeverluste zu erwarten. Im Vergleich zu einem Fenstereinbau in der Mitte der Fassade mit gedämmter Leibung (5 cm Dämmdicke) ergibt sich ein Leitwertzuschlag von 0,342 W/mK. Wird das Fenster an die Fassadenvorderkante gesetzt reduziert sich hingegen der Leitwert um 0,072 W/mK – bei einem Fenstereinbau halb in die Dämmebene reduziert sich der Leitwert um 0,088 W/mK – wird das Fenster schließlich gänzlich in der Dämmebene eingebaut kann eine Reduktion um 0,100 W/mK erreicht werden.

Wird bei Fassadenbündiger Fenstermontage die Leibung schräg ausgeführt, ist mit geringfügig höheren Transmissionsverlusten zu rechnen als bei rechtwinkliger Leibung. Die zusätzlichen Verluste betragen:

- 0,006 W/mK bei 15°Leibungsausbildung
- 0,010 W/mK bei 30°Leibungsausbildung
- 0,011 W/mK bei 45°Leibungsausbildung
- 0,027 W/mK bei 60°Leibungsausbildung

sommerliche Überwärmung:

- Fensterflächen sollen optimiert und nicht maximiert werden
- außen liegender (nicht statischer) Sonnenschutz vor allem bei größeren Fensterflächen im Osten und Westen
- Bei großen Verglasungen im Süden ist auch hier ein Sonnenschutz vorzusehen, der am günstigsten beweglich ist, um auf unterschiedliche Lichtverhältnisse reagieren zu können.
- Auch Diffusstrahlung kann bei großen Verglasungen zu Überwärmung führen

Bei einer Sanierung besteht meist ein gewisser Erfahrungswert, wie sommertauglich das Gebäude vor den Umbaumaßnahmen war. Darauf aufbauend und im Wissen um die baulichen Änderungen, kann auf die Notwendigkeit einer eventuell erforderlichen Beschattungseinrichtung zurückgegriffen werden.

Werden die Fenster an der gleichen Stelle eingebaut und die Fassade zusätzlich gedämmt, so ist auch bei einer schrägen Leibungsausführung keine zusätzliche Neigung zu sommerlicher Überwärmung zu erwarten – eine Dreifachverglasung wirkt aufgrund ihres geringeren g-Wertes ebenfalls der Überwärmung etwas entgegen.

²¹⁸ Wärmedämmverbundsystem

Wird hingegen das Fenster Fassadenbündig eingebaut, die Fensterfläche beträchtlich vergrößert, oder bestanden bereits vor der Sanierung Probleme mit sommerlicher Überwärmung, so ist unter Umständen bei schräger Leibungsausführung mit höheren solaren Lasten zu rechnen, welche kritisch mit geeigneten Methoden beurteilt werden müssen.

Die aufgestellte **Hypothese**

Mit dem Fenstereinbau und der Leibungsausbildung können die Parameter Tageslichteintrag, solarer Wärmeeintrag, die Wärmebrücken und die Aussicht maßgeblich beeinflusst werden.

kann als **verifiziert** angesehen werden und noch **mit folgender Erkenntnis ergänzt** werden.

Mit den hier vorgestellten Leibungsausbildungen kann dem Planungsziel der besseren Tageslichtversorgung und des besseren Außenbezuges

mit nahezu gleichem Bilanzergebnis

näher gekommen werden.

Die Zusätzlichen Transmissionswärmeverluste werden durch die erhöhten solaren Erträge ausgeglichen. In Südfassaden wird der Transmissionswärmeverlust überkompensiert.

Die Auswirkungen auf die Psyche und auf die Gesundheit sind in Zahlen nur schwer abzuschätzen.

13 Ausblick

PHPP bietet bei der Planung von Passivhäusern ein gutes Tool, um in der Entwurfsphase rasch Werte zu generieren. Genaue Ergebnisse können jedoch nach der Betrachtung der Hintergründe nicht erwartet werden.

Die solaren Erträge bei der Berechnung in PHPP weichen von den Werten aus SOLFEN teilweise erheblich ab. Hierdurch liegt der Planer zwar auf der sicheren Seite, zu einer genauen Berechnung der Auswirkungen in dem hier besprochenen speziellen Bereich (solare Erträge bei unterschiedlichen Leibungsausbildungen) kann PHPP nur bedingt eingesetzt werden. Wünschenswert wäre eine genaue Berechnung des Klimas bzw. der Verschattung wie durch die Programme LiRei, SolRad3 und SOLFEN gezeigt wurde.

SOLFEN sollte jedoch um die Fähigkeit ergänzt werden auch Diffusstrahlung in Abhängigkeit der Leibungverschattung abzumindern, um Fenster in der Nordfassade beurteilen zu können bzw. noch exaktere Ergebnisse für die Fenster der übrigen Fassaden errechnen zu können. Wie groß die Abweichung von der Realität durch diesen Ansatz ist. Die in PHPP angesetzten Klimabedingungen müssen genau überprüft werden und gegebenenfalls durch langjährige Messungen²¹⁹ am Standort und durch eigens errechnete Klima bzw. Strahlungswerte ersetzt werden.

²¹⁹ Heindl W., Krec K. & Sigmund A., Klimakatalog, Kommissionsverlag: Österreichischer Ingenieur- und Architekten-Verein, Wien, 1984

14.13 Fenstereinbaudetail, Leitwertmatrix und Wärmestrom- bzw. Isolinien der Fenstereinbaudetails.

14.13.1

20_00_mittig in Leibung_o. Leibungsdämmung_POS 1

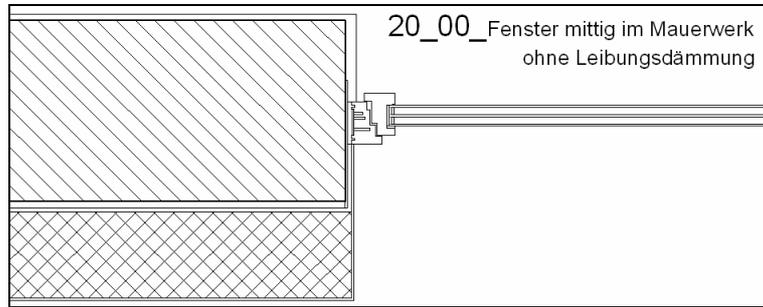


Abbildung 122: 20_00 Fenstereinbaudetail – mittig in Leibung ohne Leibungsdämmung POS 1

Thermische Leitwerte [W / m²K]			
Raum\Raum	außen	innen	
außen		1,192195	
innen	1,192195		
Genauigkeitsangaben			
	Schließfehler [W / m²K]	Leitwert Summe [W / m²K]	Leitwertbezogener Schließfehler
außen	3,69348e-010	1,192195	3,09805e-010
innen	-3,69348e-010	1,192195	-3,09805e-010

Tabelle 48: Leitwertmatrix: 20_00 – mittig in Leibung ohne Leibungsdämmung POS 1

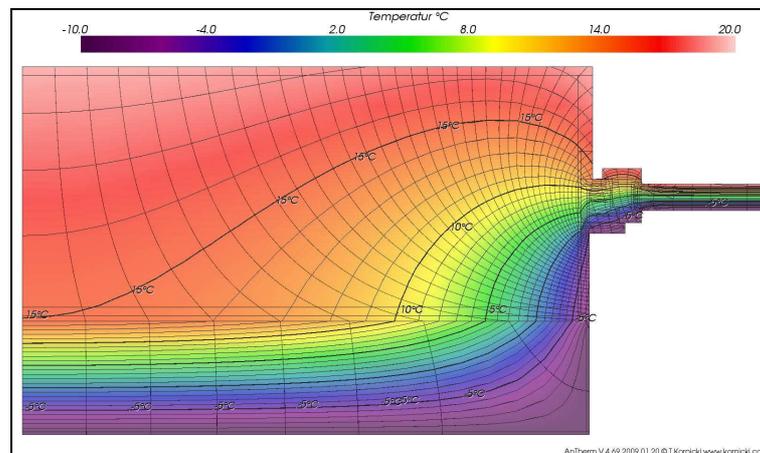


Abbildung 123: 20_00 – mittig in Leibung ohne Leibungsdämmung POS 1 – Stromlinien und Isolinien – Überblick

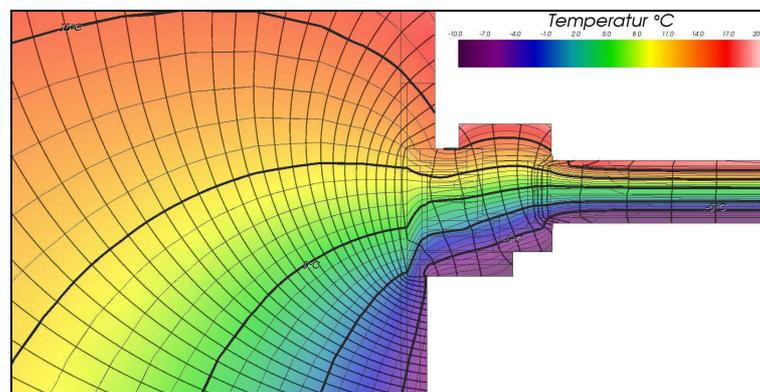


Abbildung 124: 20_00_mittig in Leibung ohne Leibungsdämmung POS 1 – Stromlinien und Isolinien – Detail

14.13.2

20_00_mittig in Leibung mit Leibungsdämmung POS 2

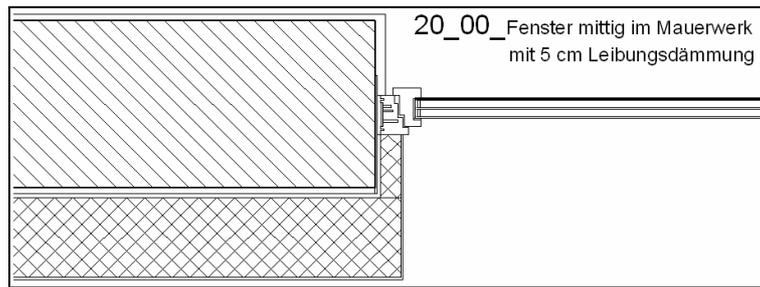


Abbildung 125: Einbaudetail 20_00_mit 5cm Leibungsdämmung POS 2

Thermische Leitwerte [W / m²K]			
Raum\Raum	außen	innen	
außen		0,850478	
innen	0,850478		
Genauigkeitsangaben			
	Schließfehler	Leitwert Summe	Leitwertbezogener
	[W / m²K]	[W / m²K]	Schließfehler
außen	4,77928e-010	0,850478	5,61952e-010
innen	-4,77928e-010	0,850478	-5,61952e-010

Tabelle 49: Leitwertmatrix 20_00 Fenstereinbau Mitte Mauer mit 5 cm Leibungsdämmung POS 2

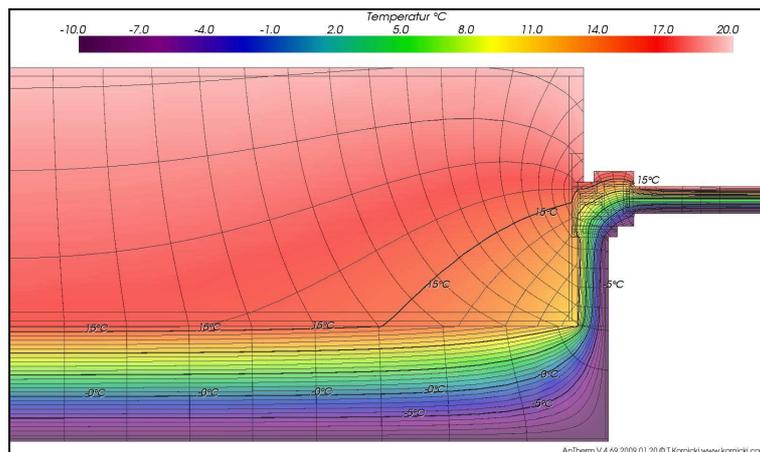


Abbildung 126: 20_00 – mit Leibungsdämmung POS 2 – Stromlinien und Isolinien - Überblick

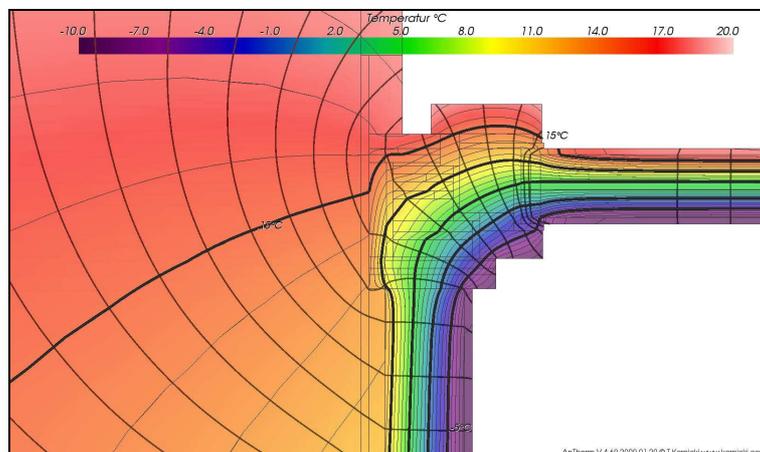


Abbildung 127: 20_00 – mit Leibungsdämmung POS 2 – Stromlinien und Isolinien – Detail

14.13.3

20_00_Fenstereinbau an der Vorderkante POS 3

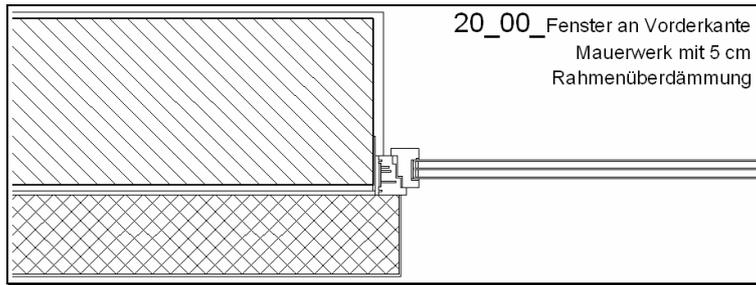


Abbildung 128: 20_00 Vorderkante Mauerwerk mit 5 cm Rahmenüberdämmung POS 3

Thermische Leitwerte [W / m²K]			
Raum/Raum	außen	innen	
außen		0,778931	
innen	0,778931		
Genauigkeitsangaben			
	Schließfehler	Leitwert Summe	Leitwertbezogener
	[W / m²K]	[W / m²K]	Schließfehler
außen	3,22881e-010	0,778931	4,14518e-010
innen	-3,22880e-010	0,778931	-4,14517e-010

Tabelle 50: Leitwertmatrix 20_00 Vorderkante Mauerwerk mit 5 cm Rahmenüberdämmung POS 3

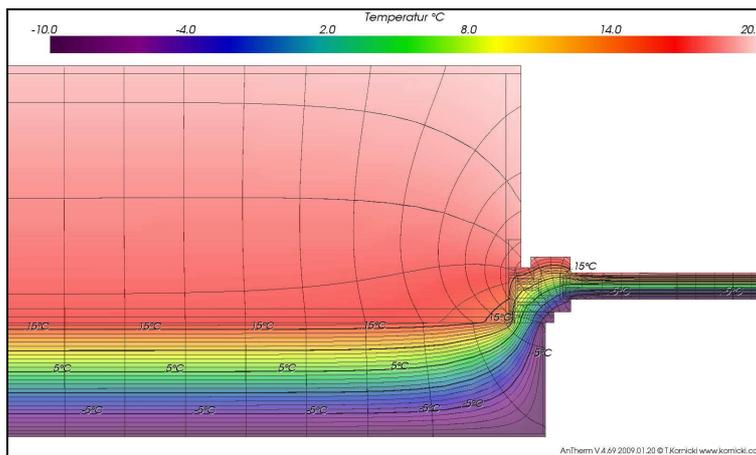


Abbildung 129: 20_00 – Vorderkante Mauerwerk mit 5 cm Rahmenüberdämmung POS 3 –
Stromlinien und Isolinien - Überblick

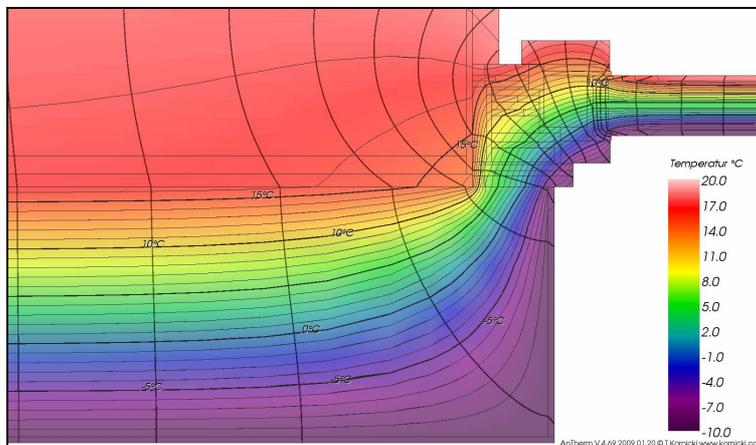


Abbildung 130: 20_00 – Vorderkante Mauerwerk mit 5 cm Rahmenüberdämmung POS 3 –
Stromlinien und Isolinien - Detail

14.13.4

20_00_Fenstereinbau halb in der Dämmebene POS 4

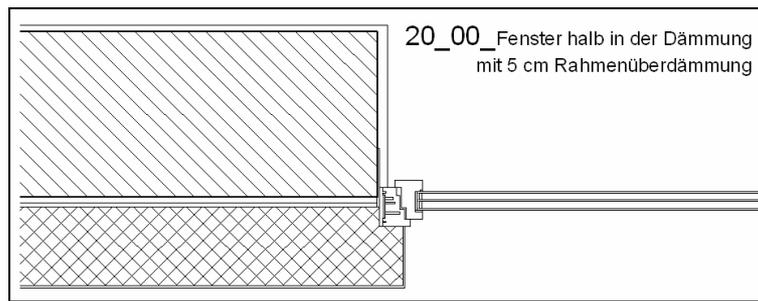


Abbildung 131: 20_00 Fenstereinbau halb in der Dämmebene mit 5 cm Rahmenüberdämmung – Pos 4

Thermische Leitwerte [W / m ² K]			
Raum\Raum	außen	innen	
außen		0,775735	
innen	0,775735		
Genauigkeitsangaben			
	Schließfehler [W / m ² K]	Leitwert Summe [W / m ² K]	Leitwertbezogener Schließfehler
außen	2,66952e-010	0,775735	3,44128e-010
innen	-2,66952e-010	0,775735	-3,44128e-010

Tabelle 51: Leitwertmatrix 20_00 Fenstereinbau halb in der Dämmebene mit 5 cm Rahmenüberdämmung – Pos 4

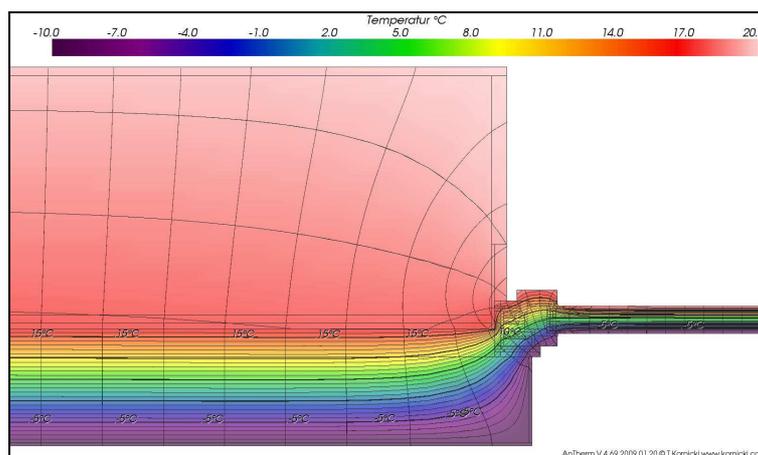


Abbildung 132: 20_00 – Halb in der Dämmebene mit 5 cm Rahmenüberdämmung – POS 4 – Stromlinien und Isolinien - Überblick

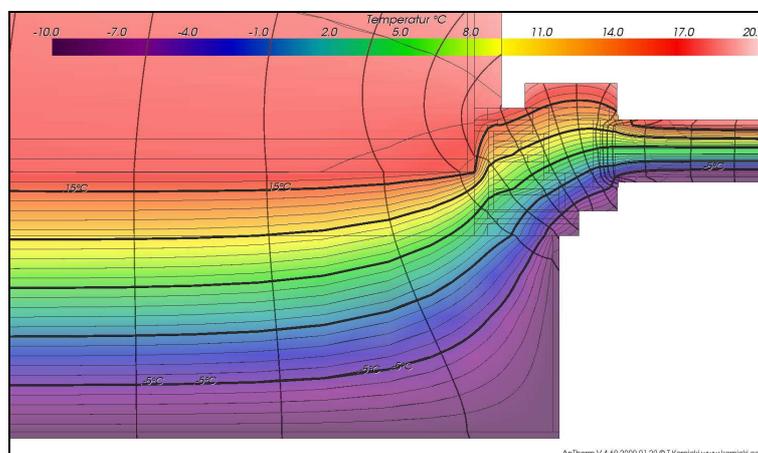


Abbildung 133: 20_00 – Halb in der Dämmebene mit 5 cm Rahmenüberdämmung – POS 4 – Stromlinien und Isolinien - Detail

14.13.5

20_00_Fenstereinbau in der Dämmebene POS 5

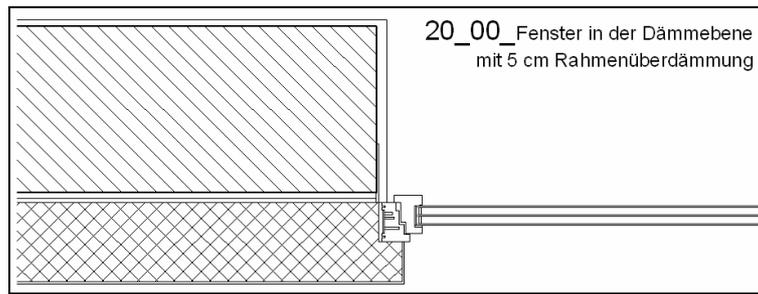


Abbildung 134: 20_00 Fenstereinbau in der Dämmebene mit 5 cm Rahmenüberdämmung – Pos 5

Thermische Leitwerte [W / m²K]				
Raum\Raum	außen	innen		
	außen	innen	0,750716	
	innen		0,750716	
Genauigkeitsangaben				
	Schließfehler	Leitwert	Summe	Leitwertbezogener
	[W / m²K]	[W / m²K]	[W / m²K]	Schließfehler
außen	3,59257e-012	0,750716		4,78553e-012
innen	-3,59268e-012	0,750716		-4,78568e-012

Tabelle 52: Leitwertmatrix 20_00 Fenstereinbau in der Dämmebene mit 5 cm Rahmenüberdämmung – Pos 5

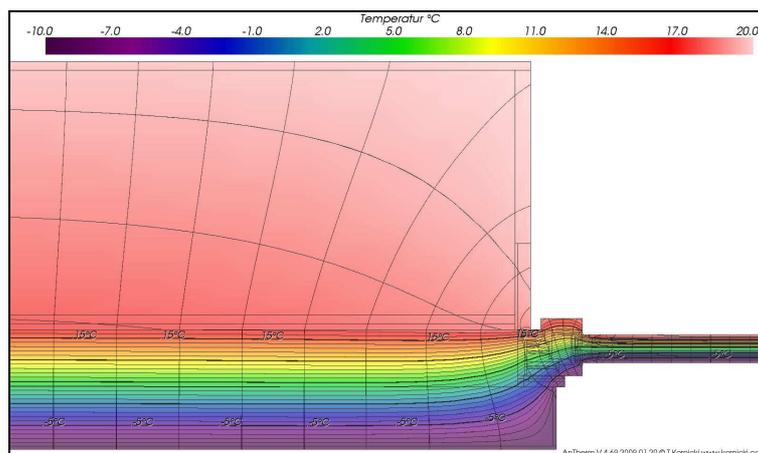


Abbildung 135: 20_00 – Fenstereinbau in der Dämmebene mit 5 cm Rahmenüberdämmung – POS 5 – Stromlinien und Isolinien - Überblick

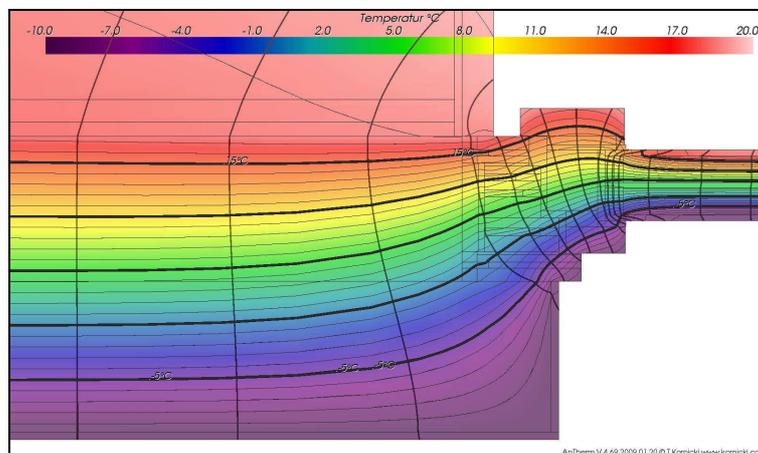


Abbildung 136: 20_00 – Fenstereinbau in der Dämmebene mit 5 cm Rahmenüberdämmung – POS 5 – Stromlinien und Isolinien - Detail

14.13.6 **20_00_mittig in Leibung mit 2 cm Leibungsdämmung POS 2**

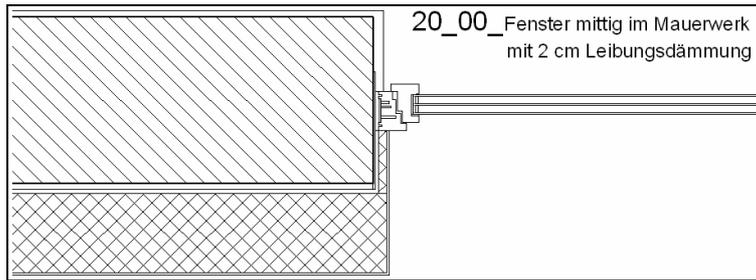


Abbildung 137: 20_00 Fenstereinbau Mitte Mauerwerk mit 2 cm Leibungsdämmung – Pos 2

Thermische Leitwerte [W / m²K]			
Raum\Raum	außen	innen	
	außen		0,937836
	innen		0,937836
Genauigkeitsangaben			
	Schließfehler	Leitwert Summe	Leitwertbezogener
	[W / m²K]	[W / m²K]	Schließfehler
außen	5,92196e-010	0,937836	6,31450e-010
innen	-5,92196e-010	0,937836	-6,31450e-010

Tabelle 53: Leitwertmatrix 20_00 Fenstereinbau Mitte Mauerwerk mit 2 cm Leibungsdämmung – Pos 2

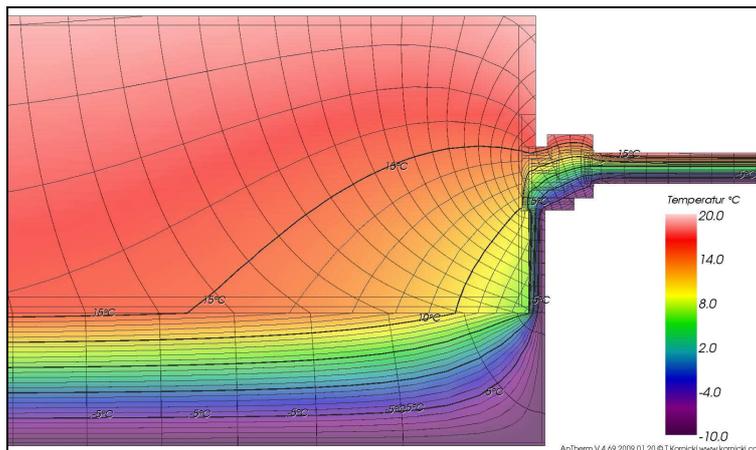


Abbildung 138: 20_00 Fenstereinbau Mitte Mauer mit 2 cm Leibungsdämmung – POS 2 – Stromlinien und Isolinien – Überblick

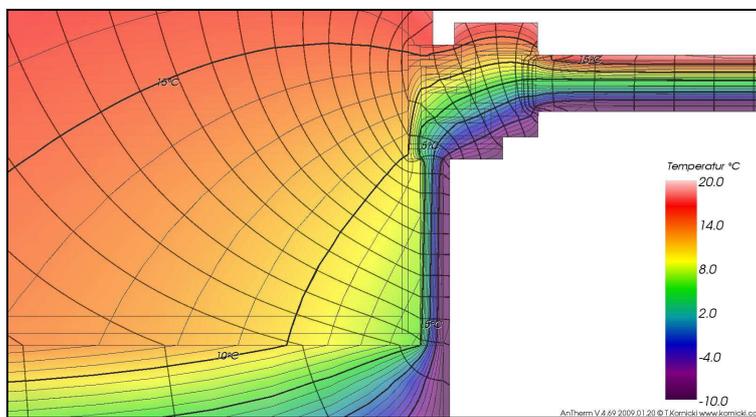


Abbildung 139: 20_00 Fenstereinbau Mitte Mauer mit 2 cm Leibungsdämmung – POS 2 – Stromlinien und Isolinien - Detail

14.13.7

40_00_Fenstereinbau an der Vorderkante_ wie POS 3

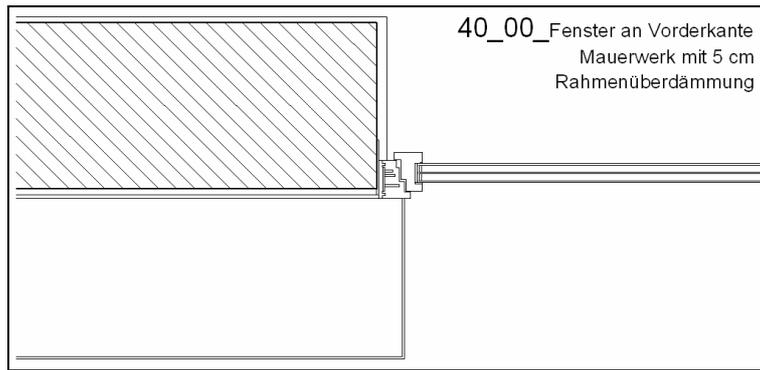


Abbildung 140: 20_00 Fenstereinbau Vorderkante Mauerwerk mit 5 cm Rahmenüberdämmung – Pos 3

Thermische Leitwerte [W / m²K]				
Raum\Raum	außen	innen		
außen		0,719551		
innen	0,719551			
Genauigkeitsangaben				
	Schließfehler [W / m²K]	Leitwert Summe [W / m²K]	Leitwertbezogener Schließfehler	
außen	2,78006e-010	0,719551	3,86361e-010	
innen	-2,78007e-010	0,719551	-3,86361e-010	

Tabelle 54: Leitwertmatrix 20_00 Fenstereinbau Vorderkante Mauerwerk mit 5 cm Rahmenüberdämmung– Pos 3

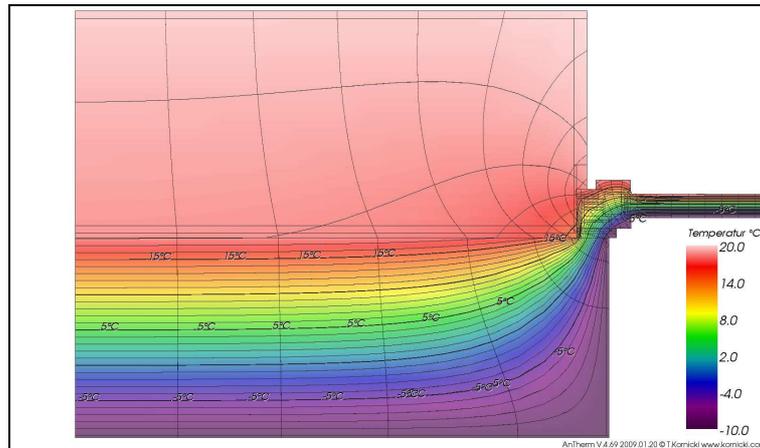


Abbildung 141: Fenstereinbau Vorderkante Mauer mit 5 cm Rahmenüberdämmung – POS 3 – Stromlinien und Isolinien - Überblick

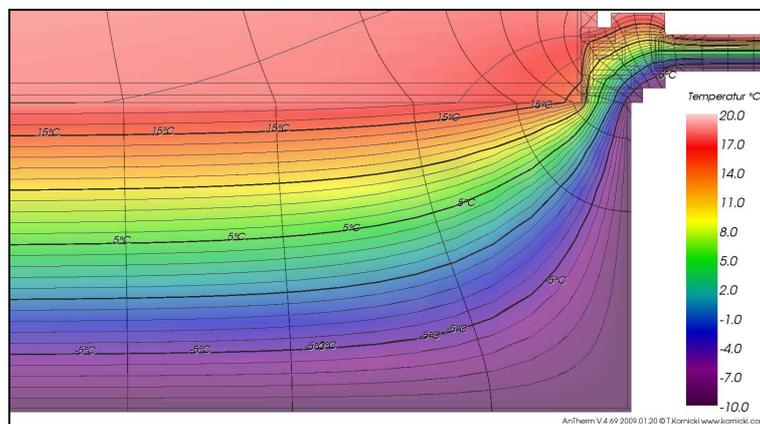


Abbildung 142: Fenstereinbau Vorderkante Mauer mit 5 cm Rahmenüberdämmung – POS 3 – Stromlinien und Isolinien - Detail

14.13.8

U_20_00_mittig in Leibung_ohne Leibungsdämmung_POS 1

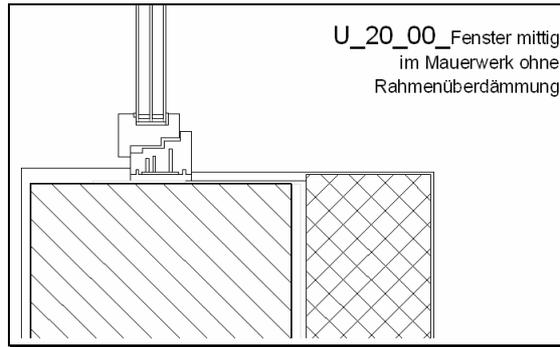


Abbildung 143: U_20_00 Fenstereinbau Mitte Mauerwerk ohne Leibungsdämmung – Pos 1

Thermische Leitwerte [W / m²K]				
Raum\Raum	außen	innen		
außen			1,192246	
innen	1,192246			
Genauigkeitsangaben				
	Schließfehler	Leitwert	Summe	Leitwertbezogener
	[W / m²K]	[W / m²K]	[W / m²K]	Schließfehler
außen	4,98543e-010		1,192246	4,18155e-010
innen	-4,98544e-010		1,192246	-4,18155e-010

Tabelle 55: Leitwertmatrix U_20_00 Fenstereinbau Mitte Mauerwerk ohne Leibungsdämmung – Pos 1

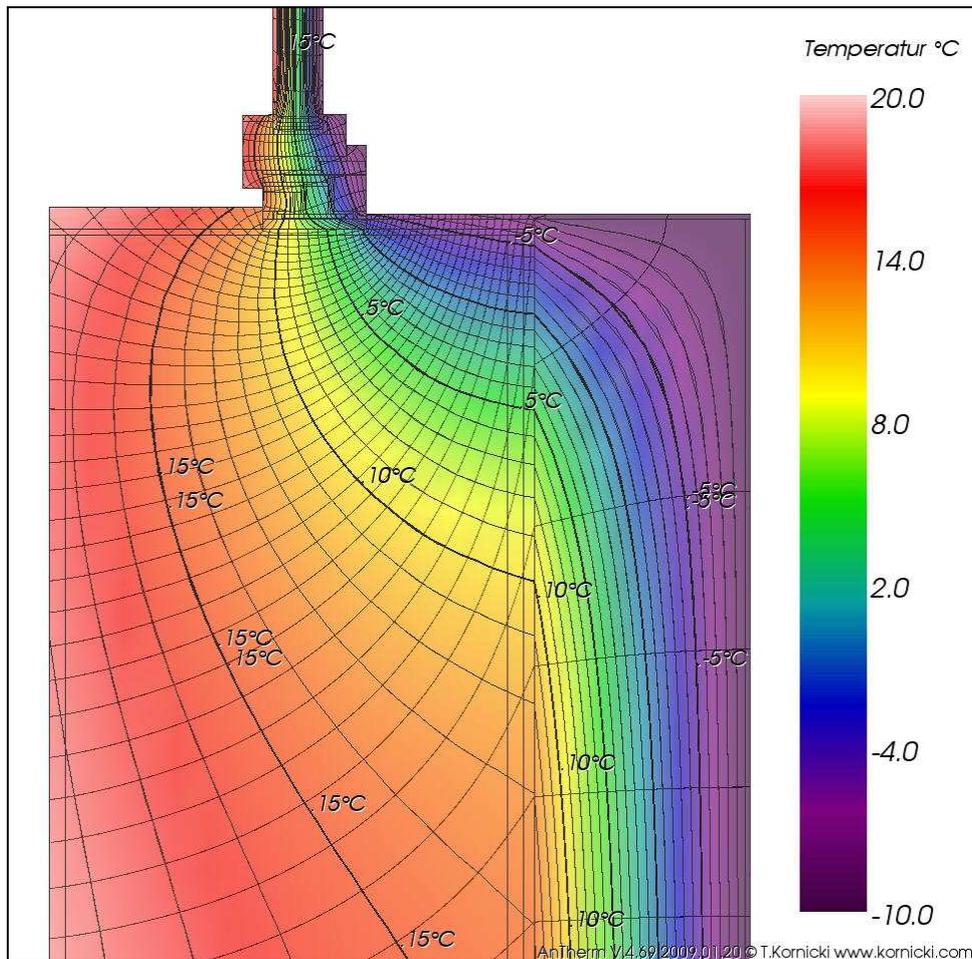


Abbildung 144: Fenstereinbau Mitte Mauer ohne Leibungsdämmung – POS 1 – Stromlinien und Isolinien - Überblick

14.13.9

U_20_00_Fenstereinbau an der Vorderkante_POS 3

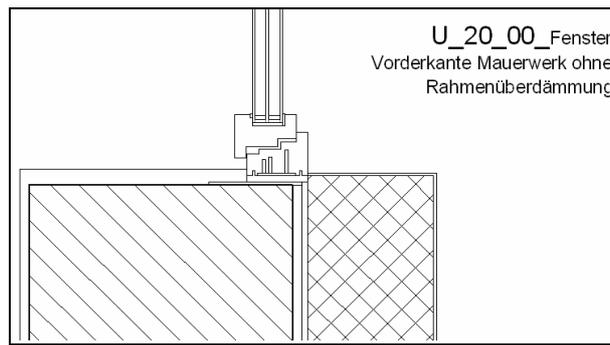


Abbildung 145: U_20_00 Fenstereinbau Vorderkante Mauerwerk ohne Rahmenüberdämmung – Pos 3

Thermische Leitwerte [W / m²K]			
Raum\Raum	außen	innen	
außen		0,831529	
innen	0,831529		
Genauigkeitsangaben			
	Schließfehler [W / m²K]	Leitwert Summe [W / m²K]	Leitwertbezogener Schließfehler
außen	2,98435e-010	0,831529	3,58900e-010
innen	-2,98435e-010	0,831529	-3,58900e-010

Tabelle 56: Leitwertmatrix U_20_00 Fenstereinbau Vorderkante Mauerwerk ohne Rahmenüberdämmung – Pos 3

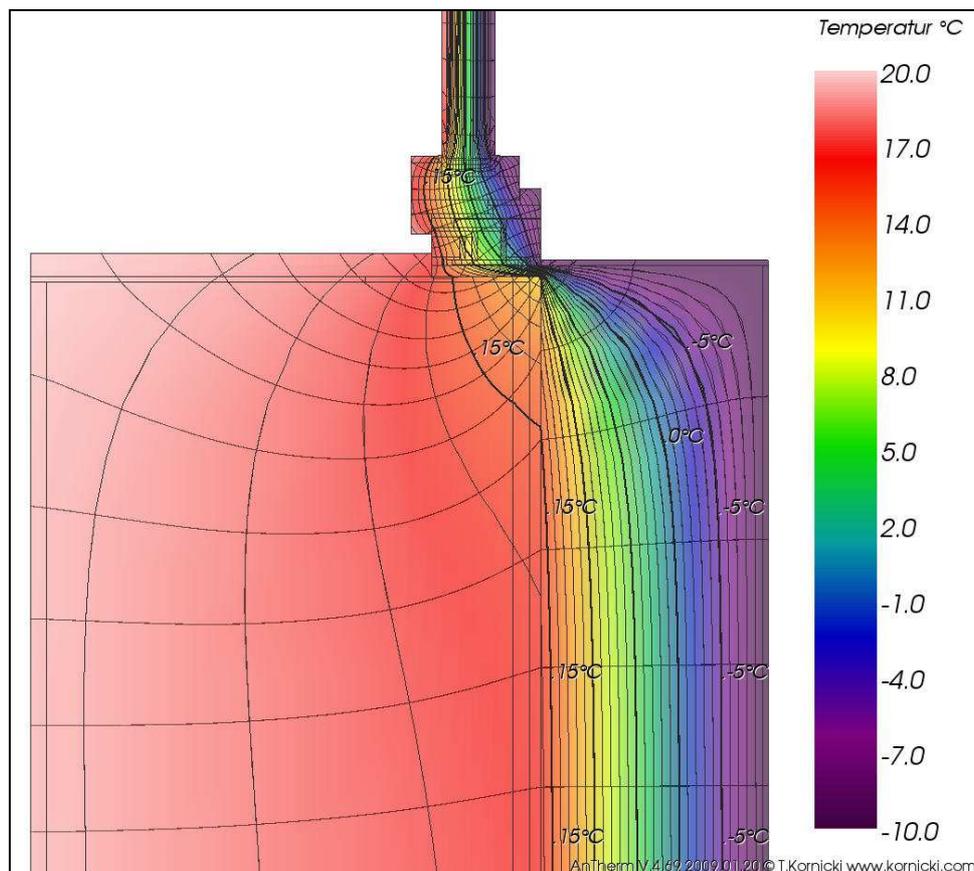


Abbildung 146: Fenstereinbau Vorderkante Mauer ohne Rahmenüberdämmung – POS 3 – Stromlinien und Isolinien - Überblick

14.13.10

**U_20_00_Fenstereinbau an der Vorderkante_schlecht
POS 3**

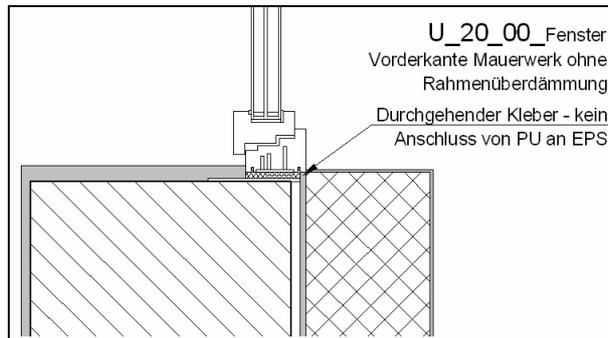


Abbildung 147: U_20_00 Fenstereinbau Vorderkante Mauerwerk ohne Rahmenüberdämmung – Kleber zwischen PU und EXPANDIERTEM POLYSTYROL – Pos 3

Thermische Leitwerte [W / m²K]				
Raum/Raum	außen	innen		
außen		0,866875		
innen	0,866875			
Genauigkeitsangaben				
	Schließfehler	Leitwert	Summe	Leitwertbezogener
	[W / m²K]	[W / m²K]	[W / m²K]	Schließfehler
außen	3,26349e-010	0,866875	3,76466e-010	
innen	-3,26350e-010	0,866875	-3,76467e-010	

Tabelle 57: Leitwertmatrix U_20_00 Fenstereinbau Vorderkante Mauerwerk ohne Rahmenüberdämmung– Kleber zwischen PU und EXPANDIERTEM POLYSTYROL – Pos 3

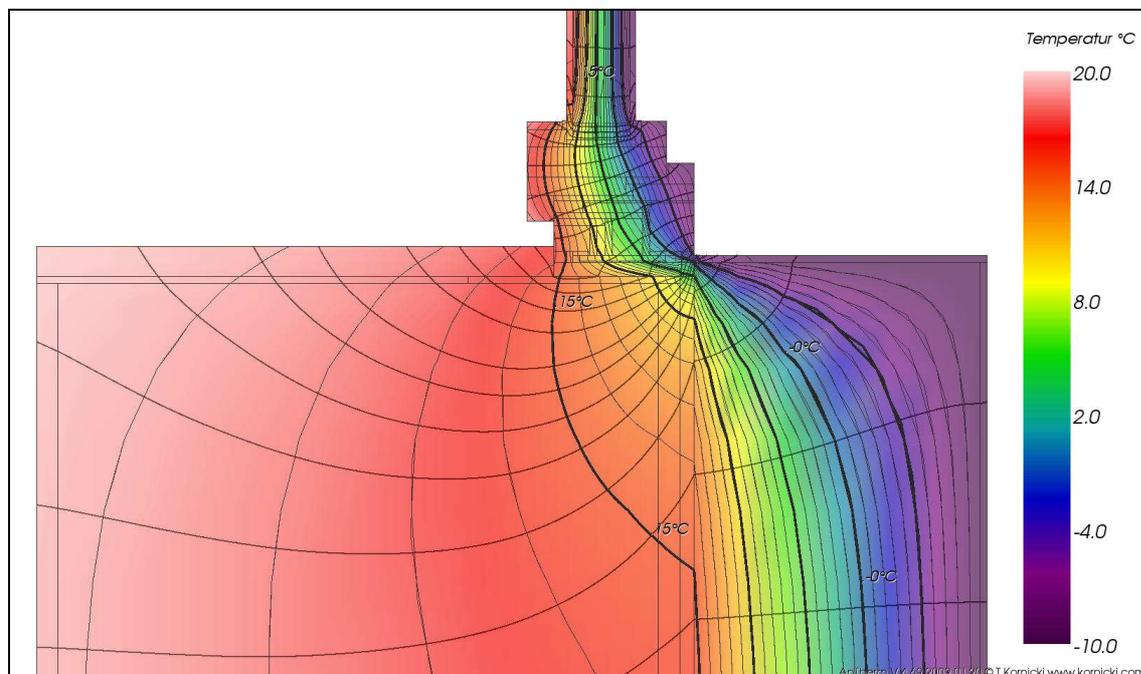


Abbildung 148: Fenstereinbau Vorderkante Mauer ohne Rahmenüberdämmung – Kleber zwischen PU und EXPANDIERTEM POLYSTYROL – POS 3 – Stromlinien und Isolinien - Überblick

14.13.11

U_20_00_Fenstereinbau halb in der Dämmebene POS 4

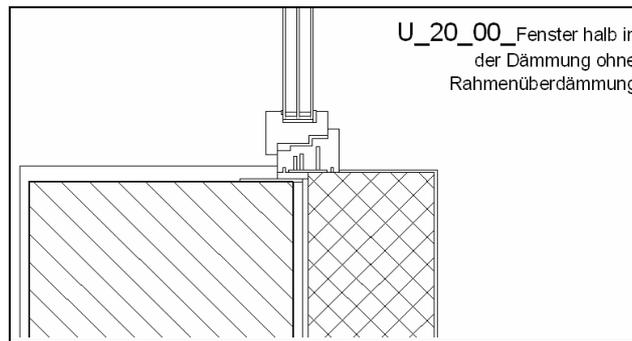


Abbildung 149: U_20_00 Fenstereinbau halb in Dämmung ohne Rahmenüberdämmung – Pos 4

Thermische Leitwerte [W / m²K]			
Raum\Raum	außen	innen	
außen		0,753822	
innen	0,753822		
Genauigkeitsangaben			
	Schließfehler [W / m²K]	Leitwert Summe [W / m²K]	Leitwertbezogener Schließfehler
außen	2,34626e-011	0,753822	3,11248e-011
innen	-2,34627e-011	0,753822	-3,11250e-011

Tabelle 58: Leitwertmatrix U_20_00 Fenstereinbau halb in Dämmebene ohne Rahmenüberdämmung– Pos 4

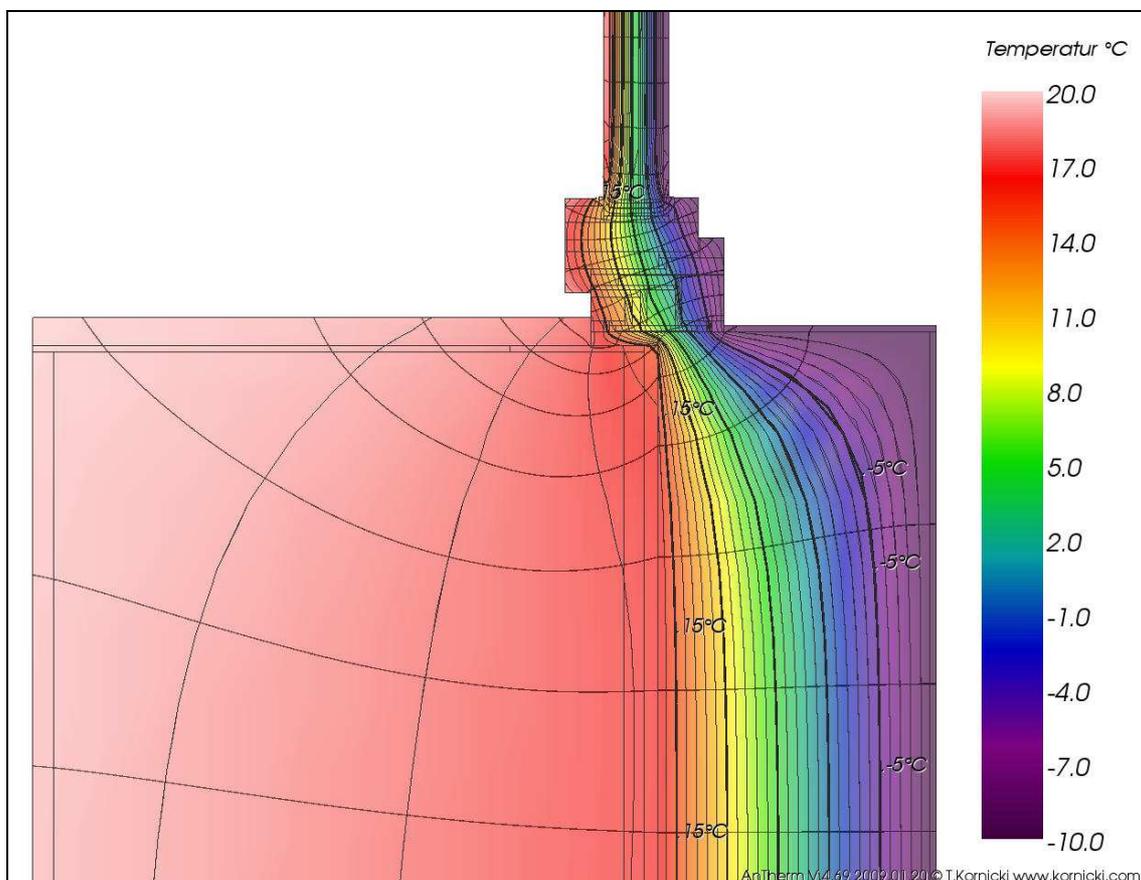


Abbildung 150: Fenstereinbau halb in Dämmebene ohne Rahmenüberdämmung – POS 4 – Stromlinien und Isolinien - Überblick

14.13.12

U_20_00_Fenstereinbau in der Dämmebene_POS 5

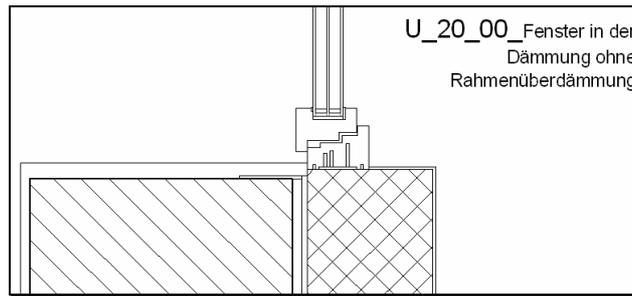


Abbildung 151: U_20_00 Fenstereinbau in Dämmung ohne Rahmenüberdämmung – Pos 5

Thermische Leitwerte [W / m²K]			
Raum/Raum	außen	innen	
	außen		0,753822
	innen		0,753822
Genauigkeitsangaben			
	Schließfehler	Leitwert Summe	Leitwertbezogener
	[W / m²K]	[W / m²K]	Schließfehler
außen	2,34626e-011	0,753822	3,11248e-011
innen	-2,34627e-011	0,753822	-3,11250e-011

Tabelle 59: Leitwertmatrix U_20_00 Fenstereinbau in Dämmebene ohne Rahmenüberdämmung– Pos 5

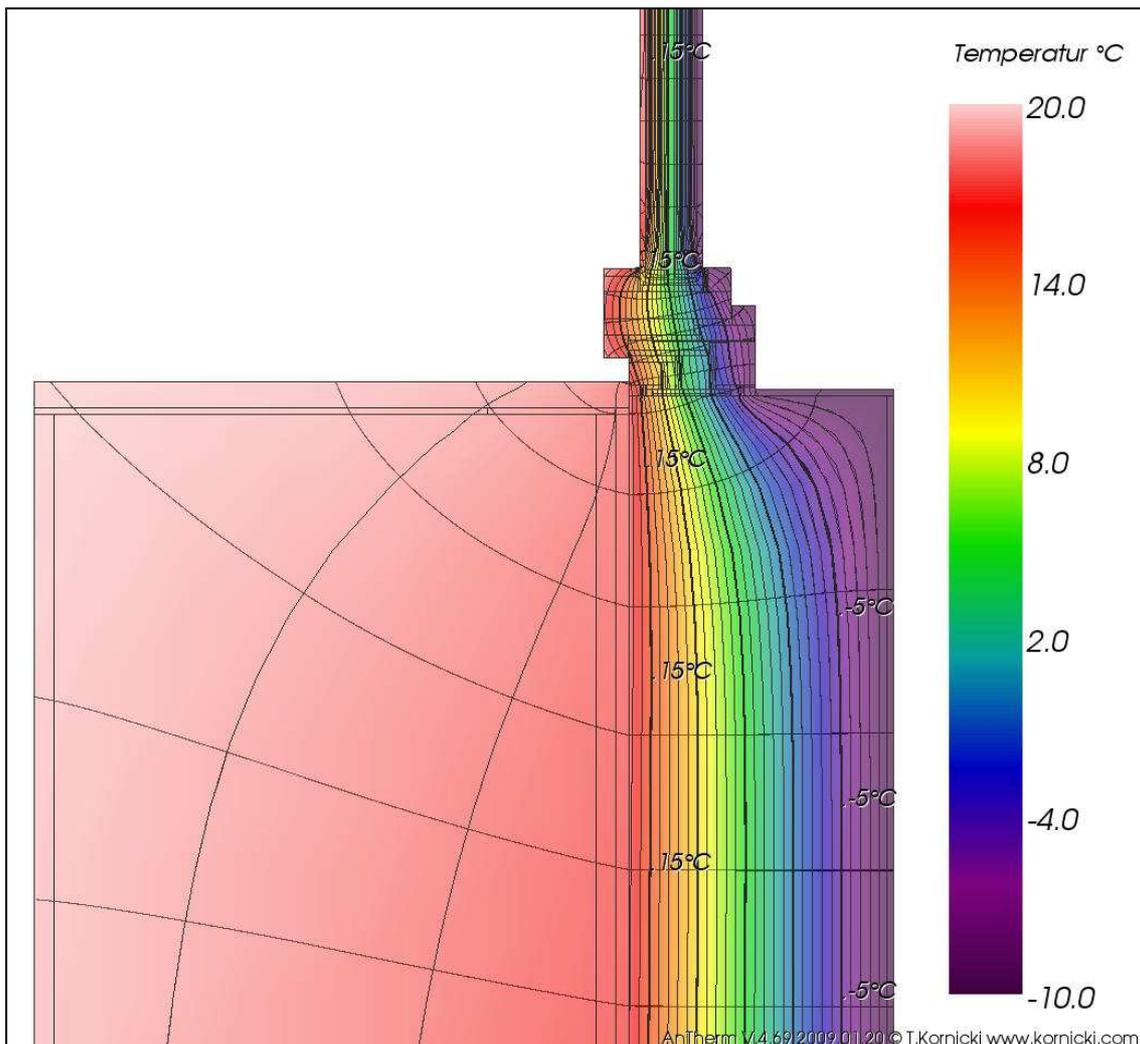


Abbildung 152: Fenstereinbau in Dämmebene ohne Rahmenüberdämmung – POS 5 – Stromlinien und Isolinien - Überblick

14.13.14

20_15_50_Fenstereinbau an der Vorderkante POS 3

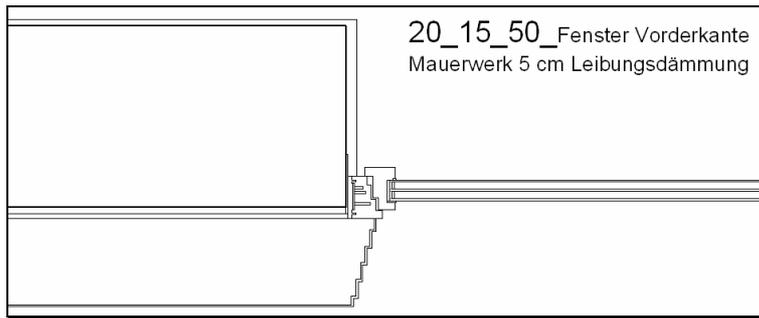


Abbildung 155: Fenstereinbau Vorderkante Mauer 5 cm Rahmenüberdämmung – 15°Leibung – Pos 3

Thermische Leitwerte [W / m²K]			
Raum/Raum	außen	innen	
	außen	innen	0,784793
Genauigkeitsangaben			
	Schließfehler	Leitwert Summe	Leitwertbezogener
	[W / m²K]	[W / m²K]	Schließfehler
außen	5,62371e-010	0,784793	7,16585e-010
innen	-5,62371e-010	0,784793	-7,16585e-010

Tabelle 61: Leitwertmatrix 20_15_50 Fenstereinbau Vorderkante Mauer 5 cm Rahmenüberdämmung – 15°Leibung – Pos 3

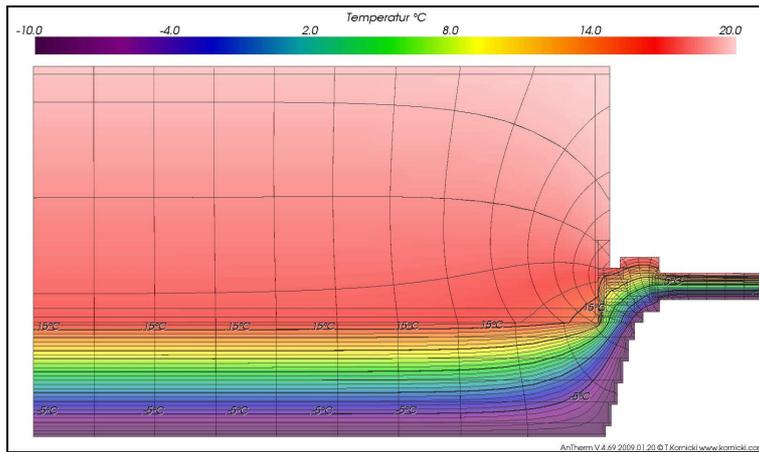


Abbildung 156: Fenstereinbau Vorderkante Mauer 5 cm Rahmenüberdämmung – 15°Leibung – POS 3 – Stromlinien und Isolinien - Überblick



Abbildung 157: Fenstereinbau Vorderkante Mauer 5 cm Rahmenüberdämmung – 15°Leibung – POS 3 – Stromlinien und Isolinien – Detail

14.13.15

20_30_50_Fenstereinbau an der Vorderkante_POS 3

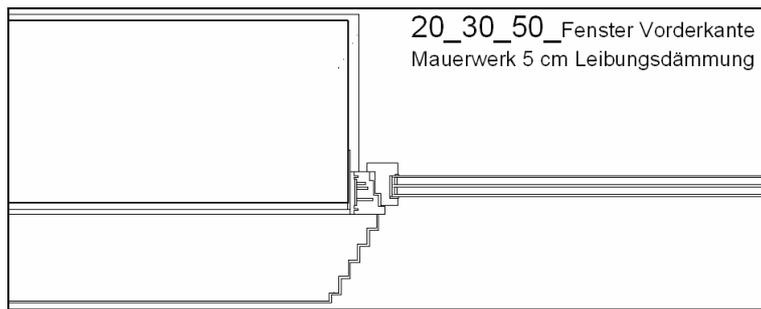


Abbildung 158: Fenstereinbau Vorderkante Mauer 5 cm Rahmenüberdämmung – 30° Leibung – Pos 3

Thermische Leitwerte [W / m²K]			
Raum\Raum	außen	innen	
außen		0,788893	
innen	0,788893		
Genauigkeitsangaben			
	Schließfehler [W / m²K]	Leitwert Summe [W / m²K]	Leitwertbezogener Schließfehler
außen	4,99692e-010	0,788893	6,33410e-010
innen	-4,99692e-010	0,788893	-6,33410e-010

Tabelle 62: Leitwertmatrix 20_30_50 Fenstereinbau Vorderkante Mauer 5 cm Rahmenüberdämmung – 30° Leibung – Pos 3

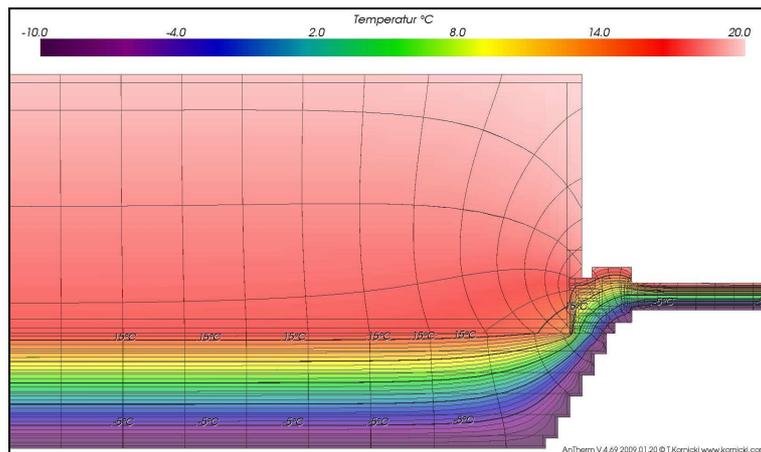


Abbildung 159: Fenstereinbau Vorderkante Mauer 5 cm Rahmenüberdämmung – 30° Leibung – POS 3 – Stromlinien und Isolinien - Überblick

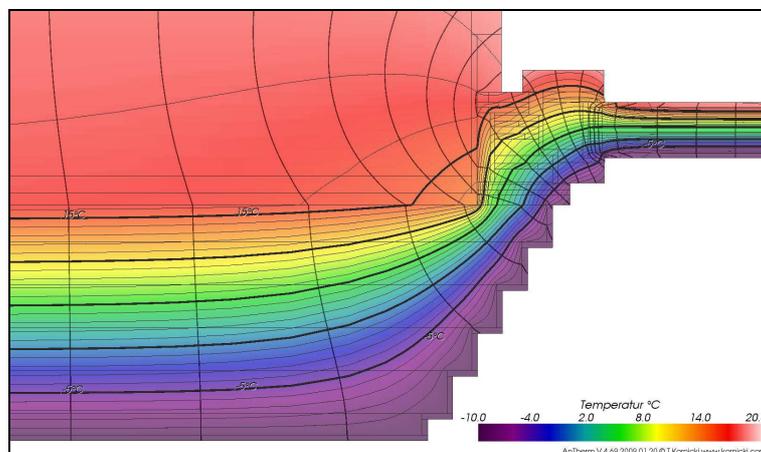


Abbildung 160: Fenstereinbau Vorderkante Mauer 5 cm Rahmenüberdämmung – 30° Leibung – POS 3 – Stromlinien und Isolinien - Detail

14.13.16

20_45_50_Fenstereinbau an der Vorderkante POS 3

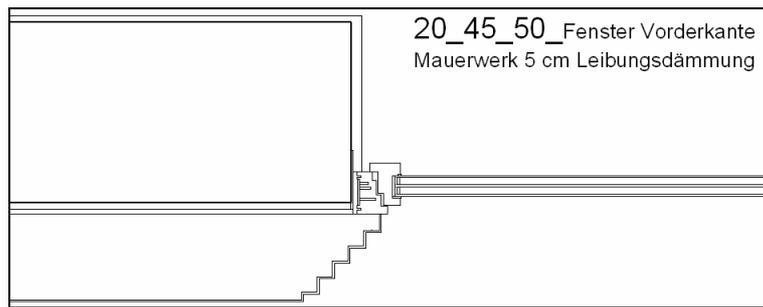


Abbildung 161: Fenstereinbau Vorderkante Mauer 5 cm Rahmenüberdämmung – 45° Leibung – Pos 3

Thermische Leitwerte [W / m ² K]			
Raum/Raum	außen	innen	
außen		0,789687	
innen	0,789687		
Genauigkeitsangaben			
	Schließfehler	Leitwert Summe	Leitwertbezogener
	[W / m ² K]	[W / m ² K]	Schließfehler
außen	5,02894e-010	0,789687	6,36826e-010
innen	-5,02893e-010	0,789687	-6,36826e-010

Tabelle 63: Leitwertmatrix 20_45_50 Fenstereinbau Vorderkante Mauer 5 cm Rahmenüberdämmung – 45° Leibung – Pos 3

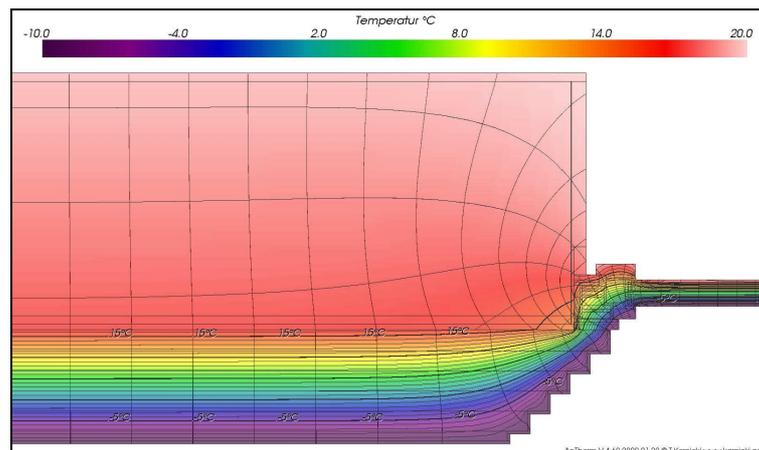


Abbildung 162: Fenstereinbau Vorderkante Mauer 5 cm Rahmenüberdämmung – 45° Leibung – POS 3 – Stromlinien und Isolinien - Überblick

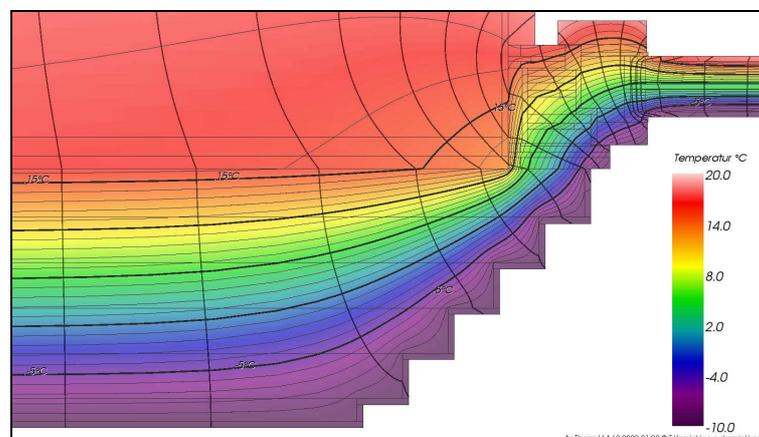


Abbildung 163: Fenstereinbau Vorderkante Mauer 5 cm Rahmenüberdämmung – 45° Leibung – POS 3 – Stromlinien und Isolinien - Detail

14.13.17

20_60_50_Fenstereinbau an der Vorderkante_POS 3

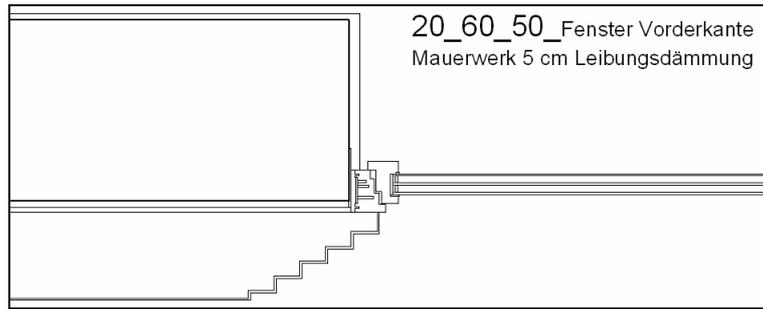


Abbildung 164: Fenstereinbau Vorderkante Mauer 5 cm Rahmenüberdämmung – 60° Leibung – Pos 3

Thermische Leitwerte [W / m²K]			
Raum\Raum	außen	innen	
außen		0,805730	
innen	0,805730		
Genauigkeitsangaben			
	Schließfehler	Leitwert Summe	Leitwertbezogener
	[W / m²K]	[W / m²K]	Schließfehler
außen	4,79934e-010	0,805730	5,95651e-010
innen	-4,79934e-010	0,805730	-5,95651e-010

Tabelle 64: Leitwertmatrix 20_60_50 Fenstereinbau Vorderkante Mauer 5 cm Rahmenüberdämmung – 60° Leibung – Pos 3

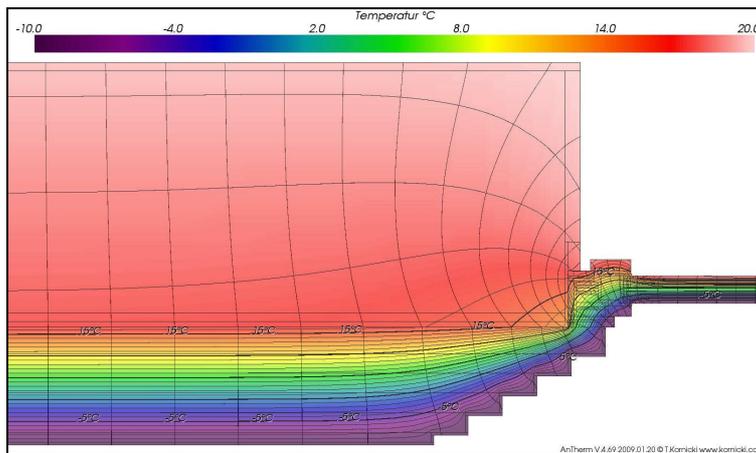


Abbildung 165: Fenstereinbau Vorderkante Mauer 5 cm Rahmenüberdämmung – 60° Leibung – POS 3 – Stromlinien und Isolinien - Überblick

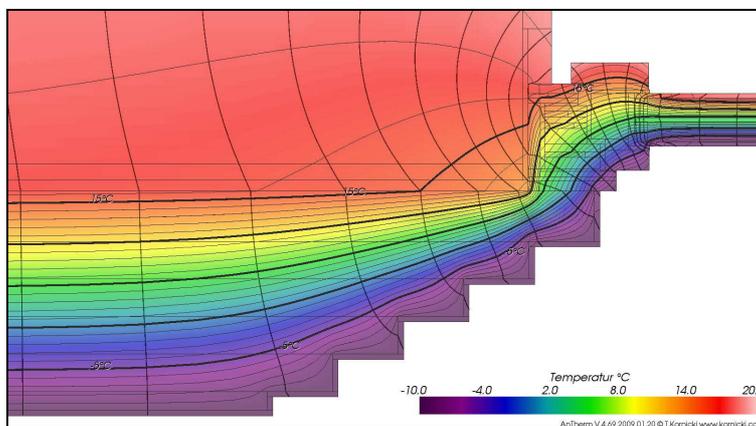


Abbildung 166: Fenstereinbau Vorderkante Mauer 5 cm Rahmenüberdämmung – 45° Leibung – POS 3 – Stromlinien und Isolinien - Detail

14.13.18

20_60_50_feiner modellierte Schräge – Fenstereinbau an der Vorderkante_POS 3

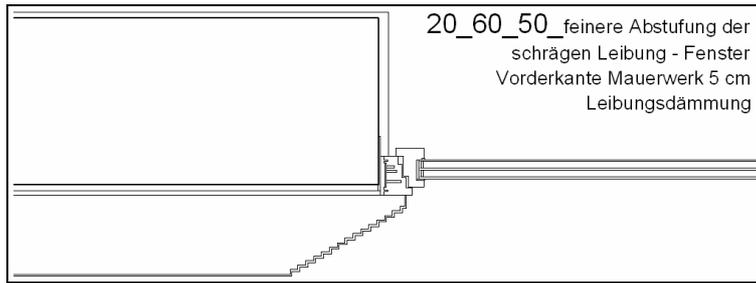


Abbildung 167: Fenstereinbau Vorderkante Mauer 5 cm Rahmenüberdämmung – 60°feiner modellierte Leibung – Pos 3

Thermische Leitwerte [W / m²K]			
Raum\Raum	außen	innen	
außen		0,804016	
innen	0,804016		
Genauigkeitsangaben			
	Schließfehler [W / m²K]	Leitwert Summe [W / m²K]	Leitwertbezogener Schließfehler
außen	4,37221e-010	0,804016	5,43797e-010
innen	-4,37221e-010	0,804016	-5,43797e-010

Tabelle 65: Leitwertmatrix 20_60_50_feiner modellierte Schräge – Fenstereinbau Vorderkante Mauer 5 cm Rahmenüberdämmung – 60°Leibung – Pos 3

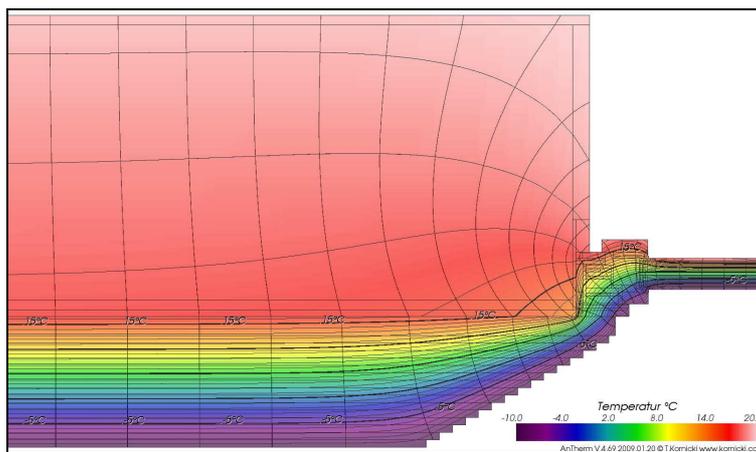


Abbildung 168: Fenstereinbau Vorderkante Mauer 5 cm Rahmenüberdämmung – 60°feiner modellierte Leibung – POS 3 – Stromlinien und Isolinien - Überblick

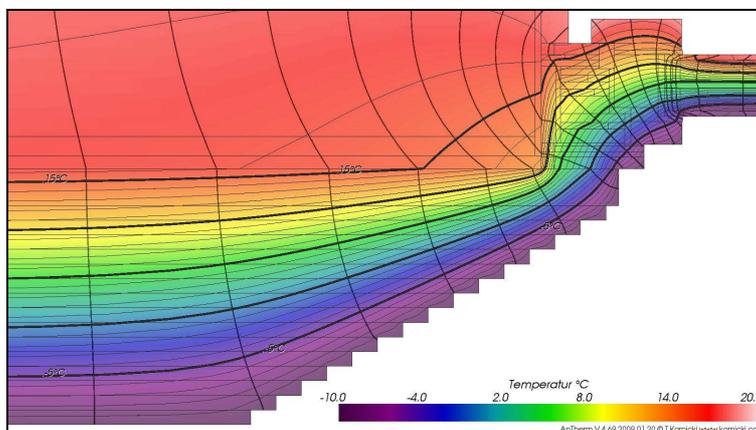


Abbildung 169: Fenstereinbau Vorderkante Mauer 5 cm Rahmenüberdämmung – 60°feiner modellierte Leibung – POS 3 – Stromlinien und Isolinien – Detail

Außenwand nach NORDEN										Standort: Wien Hohe-Warte									
Leibungsausbildung und Fenstereinbau	ψ -Einbau	Transmissionsverluste [kWh] je Fenster	Transmissionsverlust der Außenwand	Transmissionsverlust Gesamt	solare Gewinne [kWh] bei			Fenster-Bilanz			Differenz zw. Gewinn und Verlust								
					F _{4g}	F _{4s_15°}	F _{4s_30°}	F _{4s_45°}	F _{4s_60°}	F _{4g}	F _{4s_15°}	F _{4s_30°}	F _{4s_45°}	F _{4s_60°}	F _{4g}	F _{4s_15°}	F _{4s_30°}	F _{4s_45°}	F _{4s_60°}
Sigg - Einbau mit 0° Leibung - POS 3	0,028	115,9	95,7	211,6	70	-46	-142	-46	-142	-142	-145								
Sigg - Einbau mit 15° Leibung - POS 3	0,034	117,8	95,7	213,5	71	-47	-143	-47	-143	-143	-145								
Sigg - Einbau mit 30° Leibung - POS 3	0,038	119,1	95,7	214,8	72	-47	-143	-47	-143	-143	-145								
Sigg - Einbau mit 45° Leibung - POS 3	0,039	119,4	95,7	215,1	73	-46	-142	-46	-142	-142	-145								
Sigg - Einbau mit 60° Leibung - POS 3	0,055	124,5	95,7	220,2	75	-50	-145	-50	-145	-145	-145								
Außenwand nach OSTEN bzw. WESTEN										Standort: Wien Hohe-Warte									
Leibungsausbildung und Fenstereinbau	ψ -Einbau	Transmissionsverluste [kWh] je Fenster	Transmissionsverlust der Außenwand	Transmissionsverlust Gesamt	solare Gewinne [kWh] bei			Fenster-Bilanz			Differenz zw. Gewinn und Verlust								
					F _{4g}	F _{4s_15°}	F _{4s_30°}	F _{4s_45°}	F _{4s_60°}	F _{4g}	F _{4s_15°}	F _{4s_30°}	F _{4s_45°}	F _{4s_60°}	F _{4g}	F _{4s_15°}	F _{4s_30°}	F _{4s_45°}	F _{4s_60°}
Sigg - Einbau mit 0° Leibung - POS 3	0,028	115,9	95,7	211,6	97	-19	-115	-19	-115	-115	-114								
Sigg - Einbau mit 15° Leibung - POS 3	0,034	117,8	95,7	213,5	99	-19	-115	-19	-115	-115	-114								
Sigg - Einbau mit 30° Leibung - POS 3	0,038	119,1	95,7	214,8	101	-18	-114	-18	-114	-114	-114								
Sigg - Einbau mit 45° Leibung - POS 3	0,039	119,4	95,7	215,1	103	-16	-112	-16	-112	-112	-114								
Sigg - Einbau mit 60° Leibung - POS 3	0,055	124,5	95,7	220,2	106	-19	-114	-19	-114	-114	-114								
Außenwand nach SÜDEN										Standort: Wien Hohe-Warte									
Leibungsausbildung und Fenstereinbau	ψ -Einbau	Transmissionsverluste [kWh] je Fenster	Transmissionsverlust der Außenwand	Transmissionsverlust Gesamt	solare Gewinne [kWh] bei			Fenster-Bilanz			Differenz zw. Gewinn und Verlust								
					F _{4g}	F _{4s_15°}	F _{4s_30°}	F _{4s_45°}	F _{4s_60°}	F _{4g}	F _{4s_15°}	F _{4s_30°}	F _{4s_45°}	F _{4s_60°}	F _{4g}	F _{4s_15°}	F _{4s_30°}	F _{4s_45°}	F _{4s_60°}
Sigg - Einbau mit 0° Leibung - POS 3	0,028	115,9	95,7	211,6	199	83	-13	83	-13	-13	-12								
Sigg - Einbau mit 15° Leibung - POS 3	0,034	117,8	95,7	213,5	201	83	-13	83	-13	-13	-12								
Sigg - Einbau mit 30° Leibung - POS 3	0,038	119,1	95,7	214,8	203	84	-12	84	-12	-12	-12								
Sigg - Einbau mit 45° Leibung - POS 3	0,039	119,4	95,7	215,1	205	86	-10	86	-10	-10	-12								
Sigg - Einbau mit 60° Leibung - POS 3	0,055	124,5	95,7	220,2	208	84	-12	84	-12	-12	-12								

Tabelle 66: Transmissionsverluste, solare Gewinne bzw. Bilanz des Fensters und der gesamten Zimmeraußenwand in verschiedenen Himmelrichtungen bzw. bei unterschiedlicher Leibungsausbildung – Wien Hohe-Warte – solarer Ertrag aus PHPP

Außenwand nach OSTEN bzw. WESTEN		Standort: Wien Hohe-Warte												
		solare Gewinne [kWh] bei		Fenster-Bilanz		Bilanz der gesamten Außenwand inkl. Fenster		solare Gewinne [kWh] bei		Fenster-Bilanz		Bilanz der gesamten Außenwand inkl. Fenster		
Leibungsausbildung und Fenstereinbau	ψ -Einbau	Transmissionsverluste [kWh] je 1 Fenster	Transmissionsverlust der Außenwand	Transmissionsverlust Gesamt	F _{-4g}	F _{-4s_15°}	F _{-4s_30°}	F _{-4s_45°}	F _{-4s_60°}	F _{-4g}	F _{-4s_15°}	F _{-4s_30°}	F _{-4s_45°}	F _{-4s_60°}
Sigg - Einbau mit 0° Leibung - POS 3	0,028	115,9	95,7	211,6	193	77				-19				
Sigg - Einbau mit 15° Leibung - POS 3	0,034	117,8	95,7	213,5	190	72				-24				
Sigg - Einbau mit 30° Leibung - POS 3	0,038	119,1	95,7	214,8	194	75				-20				
Sigg - Einbau mit 45° Leibung - POS 3	0,039	119,4	95,7	215,1	204	84				-12				
Sigg - Einbau mit 60° Leibung - POS 3	0,055	124,5	95,7	220,2	202	78								-18
Außenwand nach SÜDEN		Standort: Wien Hohe-Warte												
Leibungsausbildung und Fenstereinbau	ψ -Einbau	Transmissionsverluste [kWh] je 1 Fenster	Transmissionsverlust der Außenwand	Transmissionsverlust Gesamt	F _{-4g}	F _{-4s_15°}	F _{-4s_30°}	F _{-4s_45°}	F _{-4s_60°}	F _{-4g}	F _{-4s_15°}	F _{-4s_30°}	F _{-4s_45°}	F _{-4s_60°}
Sigg - Einbau mit 0° Leibung - POS 3	0,028	115,9	95,7	211,6	345	229				133				
Sigg - Einbau mit 15° Leibung - POS 3	0,034	117,8	95,7	213,5	347	229				133				
Sigg - Einbau mit 30° Leibung - POS 3	0,038	119,1	95,7	214,8	360	241				145				
Sigg - Einbau mit 45° Leibung - POS 3	0,039	119,4	95,7	215,1	375	255				159				
Sigg - Einbau mit 60° Leibung - POS 3	0,055	124,5	95,7	220,2	375	251				155				

Tabelle 68: Transmissionsverluste, solare Gewinne bzw. Bilanz des Fensters und der gesamten Zimmeraußenwand in verschiedenen Himmelrichtungen bzw. bei unterschiedlicher Leibungsausbildung – Wien Hohe-Warte – solarer Ertrag aus SOLFEN