

Zielgruppengerechte Verbreitung  
sowie aktiver Wissenstransfer von  
gebauten wärmebrückenfreien und  
-armen Passivhaus-Konstruktionen

H. Schöberl, C. Lang, R. Hanic, J. Fechner, F. R. Jany

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

**22/2010**

## **Impressum:**

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:  
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie  
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:  
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien  
Leiter: DI Michael Paula

Liste aller Berichte dieser Reihe unter <http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

# Zielgruppengerechte Verbreitung sowie aktiver Wissenstransfer von gebauten wärmebrückenfreien und -armen Passivhaus-Konstruktionen

DI Helmut Schöberl, DI Radoslav Hanic,  
DI Christoph Lang  
Schöberl & Pöll GmbH

DI Johannes Fechner  
17&4 Organisationsberatung G.m.b.H.

Mag. Franz Roland Jany  
GDI

Wien, Mai 2010

**Ein Projektbericht im Rahmen der Programmlinie**



Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften

Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie



## Vorwort

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines beauftragten Projekts aus der Programmlinie *Haus der Zukunft* im Rahmen des Impulsprogramms *Nachhaltig Wirtschaften*, welches 1999 als mehrjähriges Forschungs- und Technologieprogramm vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie gestartet wurde.

Die Programmlinie *Haus der Zukunft* intendiert, konkrete Wege für innovatives Bauen zu entwickeln und einzuleiten. Aufbauend auf der solaren Niedrigenergiebauweise und dem Passivhaus-Konzept soll eine bessere Energieeffizienz, ein verstärkter Einsatz erneuerbarer Energieträger, nachwachsender und ökologischer Rohstoffe, sowie eine stärkere Berücksichtigung von Nutzungsaspekten und Nutzerakzeptanz bei vergleichbaren Kosten zu konventionellen Bauweisen erreicht werden. Damit werden für die Planung und Realisierung von Wohn- und Bürogebäuden richtungsweisende Schritte hinsichtlich ökoeffizientem Bauen und einer nachhaltigen Wirtschaftsweise in Österreich demonstriert.

Die Qualität der erarbeiteten Ergebnisse liegt dank des überdurchschnittlichen Engagements und der übergreifenden Kooperationen der Auftragnehmer, des aktiven Einsatzes des begleitenden Schirmmanagements durch die Österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik und der guten Kooperation mit der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft bei der Projektabwicklung über unseren Erwartungen und führt bereits jetzt zu konkreten Umsetzungsstrategien von modellhaften Pilotprojekten.

Das Impulsprogramm *Nachhaltig Wirtschaften* verfolgt nicht nur den Anspruch, besonders innovative und richtungsweisende Projekte zu initiieren und zu finanzieren, sondern auch die Ergebnisse offensiv zu verbreiten. Daher werden sie in der Schriftenreihe publiziert, aber auch elektronisch über das Internet unter der Webadresse <http://www.HAUSderZukunft.at> Interessierten öffentlich zugänglich gemacht.

DI Michael Paula

Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie



# Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung .....	2
Abstract .....	2
1 Projektabriss .....	3
1.1 Aufgabenstellung .....	3
1.2 Motivation .....	3
1.3 Inhalte und Zielsetzungen .....	4
1.4 Methodische Vorgehensweise .....	4
1.5 Ergebnis .....	7
2 Grundlagen .....	8
2.1 Arten und Bedeutung von Wärmebrücken im Niedrigstenergie- und Passivhaus .....	8
2.2 Kriterien von Wärmebrücken .....	8
2.3 Ansatz von Wärmebrücken bei der Heizwärmebedarfsermittlung .....	9
2.4 Abschätzung von Wärmebrücken .....	11
2.5 Berechnung von Wärmebrücken .....	11
2.6 Grundregeln zur Wärmebrückenminimierung: .....	15
3 Passivhauswärmebrückenkatalog .....	16
3.1 Haftungsausschluss .....	16
3.2 Vorbemerkungen .....	16
3.3 Details .....	18
3.3.1 Außenwand-Außenkante (Massivbauweise) .....	18
3.3.2 Außenwand-Innenkante (Massivbauweise) .....	21
3.3.3 Außenwand / Geschossdecke / Balkonplatte mit 8cm Thermoelement (Massivbauweise) .....	24
3.3.4 Außenwand / Geschossdecke / Balkonplatte mit 12cm Thermoelement (Massivbauweise) .....	27
3.3.5 Attika „leicht“ (Massivbauweise) .....	30
3.3.6 Attika „massiv“ (Massivbauweise) .....	34
3.3.7 tragende Außenwand / Bodenplatte (Massivbauweise) .....	38
3.3.8 tragende Innenwand / Bodenplatte (Massivbauweise) .....	43
3.3.9 tragende Außenwand / Kellerdecke - Dämmung oben (Massivbauweise) .....	47
3.3.10 tragende Innenwand / Kellerdecke - Dämmung oben (Massivbauweise) .....	51
3.3.11 tragende Außenwand / Kellerdecke - Dämmung unten (Massivbauweise) .....	55
3.3.12 tragende Innenwand / Kellerdecke - Dämmung unten (Massivbauweise) .....	59
3.3.13 tragende Außenwand / Kellerdecke - Dämmung beidseitig (Massivbauweise) .....	63
3.3.14 tragende Innenwand / Kellerdecke - Dämmung beidseitig (Massivbauweise) .....	68
3.3.15 Außenwand-Außenkante (Leichtbauweise) .....	73
3.3.16 Außenwand-Innenkante (Leichtbauweise) .....	76
3.3.17 Leichtbau-Außenwand / Kellerdecke - Dämmung beidseitig (Leichtbauweise) .....	79
3.3.18 Leichtbau-Außenwand / Wohnungstrennwand (Mischbauweise) .....	83
3.3.19 Leichtbau-Außenwand / Geschossdecke (Mischbauweise) .....	86
3.3.20 Fenstereinbau – Anschluss seitlich, oben im Massivbau (Massivbauweise) .....	89
3.3.21 Fenstereinbau – Anschluss unten im Massivbau (Massivbauweise) .....	94
3.3.22 Fenstereinbau – Anschluss seitlich, oben im Leichtbau (Leichtbauweise) .....	96
3.3.23 Fenstereinbau – Anschluss unten im Leichtbau (Leichtbauweise) .....	99
4 Ausblick/Empfehlungen .....	101
Abbildungsverzeichnis .....	102
Quellenverzeichnis .....	102





## **Kurzfassung**

Wärmebrückenarme und -freie Konstruktionen sind nicht nur eine Grundvoraussetzung für thermisch hochwertige Gebäude mit geringem Heizenergiebedarf sondern stellen auch eine wesentliche Voraussetzung für schadensfreies Bauen dar. Bei Passivhäusern, und hierbei insbesondere bei zuluftbeheizbaren Passivhäusern, ist die weitestgehende Wärmebrückenfreiheit von besonderer Bedeutung, da hier durch unvorhergesehene Wärmeverluste nicht „nur“ ein erhöhter Wärmebedarf, sondern auch das Nicht-Erreichen der geforderten Raumlufttemperaturen verursacht werden kann.

Die Erfahrung zeigt, dass sowohl in der Ausbildung, als auch in der praktischen Umsetzung nach wie vor ein erheblicher Nachholbedarf besteht. Dieses Projekt befasst sich erstmals explizit mit Wärmebrückendetails für den großvolumigen Wohnbau und stellt diese zielgruppengerecht aufbereitet dar. Die Hauptzielgruppe sind die Bauschaffenden (ArchitektInnen, BaumeisterInnen, PlanerInnen,...), aber auch den Schulen und Universitäten sollen die Unterlagen zur Aus- und Weiterbildung kostenlos zur Verfügung gestellt werden.

Die Anwendungsbeispiele stammen aus 'Haus der Zukunft'-Demonstrationsobjekten sowie weiteren, ausgewählten Passivhaus-Projekten. Diese wurden vom Projektteam hinsichtlich Wärmebrückenwirkung, Praxistauglichkeit und Wirtschaftlichkeit ausgesucht und bauphysikalisch (Feuchte, Schall, Wärme) geprüft.

## **Abstract**

Constructions with less or even no thermal bridges are not just a basic requirement for high performance buildings with a low energy demand, they are also a significant requirement for damage free construction. In passive houses, especially in such with heat recovery through air, a thermal bridge free construction is of major relevance because there is the risk of not „only“ a higher heat demand but also the failure to achieve the required room temperatures due to the unpredicted heat loss.

Experience shows, that there is still accumulated demand in theoretical education as well as in practical implementation. This project looks – for the first time – exclusively at thermal bridge details for high volume residential buildings and the provision of those details for the targeted audience. The main audience is the building sector (Architects, Engineers and Consultants etc.) but also schools and universities will have the documents provided at no cost for training and further education.

The shown examples of thermal bridges are taken from „House of the future“ research program demonstration projects as well as chosen passive house projects. Those have been investigated and validated regarding their thermal bridge impact and practical and economical aspects as well as their physical properties (moisture, noise and heat).

# 1 Projektabriss

## 1.1 Aufgabenstellung

Ziel dieses Forschungsvorhabens ist die Zusammenstellung der häufigsten Wärmebrücken speziell bei mehrgeschossigen Passivhäusern. Insbesondere bei Gebäuden mit besonders geringen Heizenergieverbräuchen hat der Einfluss von Wärmebrücken einen besonderen Stellenwert. Da gerade bei zuluftbeheizbaren Passivhäusern eine weitestgehend wärmebrückenfreie Ausführung für die Funktionstüchtigkeit unerlässlich ist, soll dieses Forschungsvorhaben dazu beitragen, typische Wärmebrücken des mehrgeschossigen Passivhauses zu sammeln und aufzubereiten.

Gemäß dem ursprünglichen Ansatz sollten nur Anwendungsbeispiele aus 'Haus der Zukunft'-Demonstrationsprojekten entnommen werden. Da die erhaltenen Unterlagen (Dateiformate, Berechnungsdateien,...) teilweise nicht verwendbar waren, bzw. sich als für dieses Forschungsvorhaben nicht zweckmäßig herausgestellt haben, wurden auch Details aus anderen Passivhaus-Projekten herangezogen.

## 1.2 Motivation

Voraussetzung für die Errichtung von funktionstüchtigen und schadensfreien Passivhäusern ist eine thermisch optimierte, weitestgehend wärmebrückenfreie und luftdichte Gebäudehülle. Da beim Passivhausbau erhöhte Wärmeverluste über die Wärmebrücken nur durch aufwendige und in der Regel sehr kostenintensive Kompensationsmaßnahmen ausgeglichen werden können, ist es besonders ratsam das Hauptaugenmerk auf die Regelanschlussdetails zu legen. Das soll selbstverständlich nicht bedeuten, dass Wärmebrücken die nur vereinzelt vorkommen vernachlässigt werden können, der Fokus sollte aber auf den wesentlichsten Wärmeverlustquellen liegen.

Im Gegensatz zum Einfamilienhausbau ergeben sich beim mehrgeschossigen Wohnbau insbesondere durch die statischen Gegebenheiten völlig andere Aufgabenstellungen. Während beim Einfamilienhaus der Keller, auch aufgrund des günstigeren Oberflächen-/Volumen-Verhältnisses, in die „warme Hülle“ integriert werden sollte, und somit der Knotenpunkt „Bodenplatte / Außenwand“ bzw. auch „Bodenplatte / tragende Innenwand“, beispielsweise durch vollflächige Dämmung unter der Fundamentplatte, thermisch unkritisch ist, besteht im Geschosswohnbau in aller Regel die Notwendigkeit einer Tiefgarage oder zumindest eines kalten Kellers. Aufgrund der hohen Lasten ist es nicht ohne Weiteres möglich die tragenden Wände in der Ebene der Kellerdeckendämmung mit hochwärmedämmenden Baustoffen auszubilden. In diesem Fall werden „bauliche Kompromisslösungen“ wie beispielsweise „Höckerausbildungen“ vorgesehen. Genaueres dazu wird in der Zusammenstellung der ausgewählten Detailknoten erläutert.

Neben der Reduktion der Wärmeverluste hat die wärmebrückenfreie Detailausbildung auch den Vorteil der Anhebung der raumseitigen Oberflächentemperaturen der Außenwände und -decken. Somit können die Oberflächentemperaturen der Außenbauteile annähernd jenen der Innenbauteilen angeglichen werden, was ein wesentlicher Faktor für den erhöhten Wohnkomfort in einem Passivhaus ist.

Werden Anschlussdetails nicht sorgfältig geplant und fachgerecht ausgeführt kann neben dem erhöhten Wärmeverlust die Innenoberflächentemperatur derart herabgesenkt werden, dass an den Bauteiloberflächen Schimmel begünstigende Luftfeuchtigkeiten oder sogar Kondensat auftreten.

### **1.3 Inhalte und Zielsetzungen**

Das Ziel dieses Forschungsvorhabens ist eine Sammlung der wichtigsten praxistauglichen Passivhaus-Anschlussdetails zu erstellen und die Unterlagen für die potenziellen Zielgruppen (ArchitektInnen, PlanerInnen, StudentInnen, SchülerInnen etc.) aufzubereiten und aktiv zur Verfügung zu stellen und damit einen größtmöglichen Multiplikatoreffekt zu erzielen. Diese Maßnahme soll einen Beitrag dazu leisten in der Bauwirtschaft mehr Bewusstsein für die Wichtigkeit der Wärmebrückenvermeidung zu schaffen.

Nachhaltige Bauweisen, wie die Passivhausbauweise, haben in Österreich im Bereich Einfamilienhaus-Neubau bereits eine große Verbreitung. Hier gibt es auch bereits erste Ansätze zur Darstellung der richtigen konstruktiven Ausbildung von wärmebrückenarmen und -freien Detailknotenpunkten (z.B. „Passivhaus-Details für Anwender“ [GDI09] oder „Handbuch für Einfamilien-Passivhäuser in Massivbauweise“ [SCH09], etc. ). Bislang fehlt jedoch eine Zusammenstellung der typischen Wärmebrücken des Geschosswohnbaus.

Darüber hinaus gibt es eine Vielzahl von weiteren Detailkatalogen, beispielsweise von der Ziegelindustrie, Ytong, Kalksandstein, etc. Diese Kataloge sind aber nicht immer generell verwendbar, da sie vielfach auf spezielle Produkte oder Bauweisen abgestimmt sind.

Im großvolumigen Neubau (Mehrfamilienhaus/Geschosswohnbau) und insbesondere im Bereich der Wohnbausanierung fehlt es jedoch an umfassenden Erfahrungen mit diesen noch immer in der Fachwelt relativ neuen und deshalb nicht zufriedenstellend entwickelten Wärmebrückenlösungen.

### **1.4 Methodische Vorgehensweise**

Der ursprüngliche Ansatz basierte darauf, ausschließlich Passivhaus-Details aus bereits realisierten HdZ-Projekten auszuwählen, diese hinsichtlich Wärmebrückenfreiheit und genereller bauphysikalischer Tauglichkeit zu überprüfen und entsprechend aufzubereiten. Da es jedoch nur sehr begrenzt möglich war verwertbare Unterlagen zu erhalten, wurden auch einige praxiserprobte Detailknoten aus anderen Bauvorhaben herangezogen, bzw. die Details der verwendeten HdZ-Projekte abgeändert. Anschließend wurden die Details für die Zielgruppen entsprechend aufbereitet verbreitet.

Das Vorhaben gliedert sich in sechs Arbeitspakete, die nachfolgend kurz beschrieben werden:

- **Arbeitspaket 1 - Kick off Veranstaltung:**

Die Kick-Off Veranstaltung wurde in Absprache mit dem Programm-Management an das Ende des Projekts gelegt, weil einerseits die dann vorliegenden Ergebnisse konkret diskutiert und behandelt werden konnten. Andererseits die Teilnehmer durch konkrete Details besser motiviert werden konnten, an diesem Workshop teil zu nehmen. Wichtigstes Ergebnis war, dass es den Experten zeitgemäßer erscheint, statt einer Broschüre, die Ergebnisse auf elektronischem Weg zur Verfügung zu stellen bzw. über die Önorm zugänglich zu machen, wodurch eine maximal zielgruppengerechte Verbreitung sichergestellt ist. Die vorgelegte Sammlung der Passivhausdetails wird als sehr nützliche Unterstützung und Orientierung angesehen, da das Thema Wärmebrücken in der Regel nicht ausreichend behandelt wird. Zusammenfassend war die Entscheidung den Workshop ans Ende des Projekts zu setzen sehr sinnvoll und konstruktiv.

- **Arbeitspaket 2 – Aufbereitung der Details:**

Im Arbeitspaket 2 erfolgte die Aufbereitung der ca. 20 ausgewählten Details. Hierbei wurden die planlichen Darstellungen und thermischen Berechnungen durchgeführt, die für das Arbeitspaket 3 (Publikation) erforderlich sind.

Die definierten Anschlussdetails wurden grundsätzlich hinsichtlich ihrer bauphysikalischen Eignung und hinsichtlich Wärmebrückeneffekt überprüft. Danach erfolgten die Neuzeichnung mittels CAD und die thermischen Wärmebrückenberechnungen. Anhand dieser Berechnungen erfolgte die Erstellung der Isothermenbilder und eine textliche Beschreibung der Detailknoten. Die ca. 20 publikationsfähigen Anschlussdetails wurden in die Broschüre übernommen.

- **Arbeitspaket 3 – Publikation in der Reihe der HdZ Programmlinie:**

Die produzierte Broschüre dient einerseits als Informationsmedium für die Haupt-Zielgruppe. Das sind in erster Linie ArchitektInnen, planende BaumeisterInnen, BauphysikerInnen und mit der technischen Umsetzung betraute BauherrenvertreterInnen. Gleichzeitig stellt sie aber auch die Grundlage für weitere Unterrichtsmaterialien, Skripten, Präsentationen, etc. dar.

- **Arbeitspaket 4 – Weiterbildungsunterlagen für die Zielgruppen HTLs, Bauakademien:**

In diesem Arbeitspaket wurden Arbeitsaufgaben und entsprechende Unterrichtsmaterialien auf Basis der Broschüre erstellt. Ziel war es, Arbeitsaufgaben zur Passivhaus-Anschlussdetailentwicklung zu erstellen mit entsprechenden Lösungsmöglichkeiten dazu. Dazu werden die Inhalte der Broschüre in Skriptenform, Internet, Präsentationen erstellt (abhängig von den Wünschen und Anforderungen der Zielgruppen).

- **Arbeitspaket 5 - Nationale u. internationale Verbreitung: Präsentation, Distribution, Veranstaltungen:**

Dieses Arbeitspaket stellt die eigentliche Verbreitungsphase dar. Im ersten Schritt wurde ein detaillierter Marketingplan (national und eventuell international) erstellt, in dem zielgruppengerechte Promotions entwickelt wurden. Die Einbeziehung des Projektes in die Erweiterung der ÖNORM B 8110-Serie stellt eine wichtige Voraussetzung für eine ausreichend große und zielgruppenorientierte Verbreitung der Projektergebnisse dar. Ziel war es, einen möglichst großen Multiplikatoreffekt zu erreichen.

- **Arbeitspaket 6 - Projektmanagement, - Marketing:**

Arbeitspaket 6 umfasst die gesamte Projektabwicklung, -steuerung und das Controlling. Darüber hinaus wurden in diesem Paket auch alle allfälligen Besprechungen, die zum Gelingen der Implementierung des Gesamtprojekts und der Ergebnisse erforderlich waren, zusammengefasst.

## 1.5 Ergebnis

Dieses Projekt fasst erstmals explizit erprobte Wärmebrückendetails für den großvolumigen Wohnbau zusammen und stellt diese zielgruppengerecht aufbereitet dar. In erster Linie sollen die Unterlagen den Bauschaffenden (ArchitektInnen, BaumeisterInnen, PlanerInnen) als Hilfestellung für ihre Praxistätigkeit dienen. Darüber hinaus sollen die Ergebnisse auch Schulen und Universitäten zur Aus- und Weiterbildung kostenlos zur Verfügung stehen.

### Zusammenfassung Passivhauswärmebrückenatolog (bezogen auf Außenabmessungen)

Wärmebrücke	Bauweise	Längenbezogener Wärmedurchgangs- koeffizient $\Psi$ [W/(m.K)]
Außenwand-Außenkante	Massivbau	-0,047
Außenwand-Innenkante	Massivbau	+0,018
Außenwand / Geschossdecke / Balkonplatte mit 8cm Thermoelement	Massivbau	+0,349
Außenwand / Geschossdecke / Balkonplatte mit 12cm Thermoelement	Massivbau	+0,303
Attika „leicht“	Massivbau	-0,030
Attika „massiv“	Massivbau	-0,040
tragende Außenwand / Bodenplatte	Massivbau	+0,804
tragende Innenwand / Bodenplatte	Massivbau	+1,168
tragende Außenwand / Kellerdecke - Dämmung oben	Massivbau	zur Außenwand hin -0,024 zur Kellerdecke hin +0,607
tragende Innenwand / Kellerdecke - Dämmung oben	Massivbau	+1,146
tragende Außenwand / Kellerdecke - Dämmung unten	Massivbau	zur Außenwand hin +0,006 zur Kellerdecke hin +0,663
tragende Innenwand / Kellerdecke - Dämmung unten	Massivbau	+1,011
tragende Außenwand / Kellerdecke - Dämmung beidseitig	Massivbau	zur Außenwand hin +0,048 zur Kellerdecke hin +0,336
tragende Innenwand / Kellerdecke - Dämmung beidseitig	Massivbau	+0,606
Außenwand-Außenkante	Leichtbau	-0,053
Außenwand-Innenkante	Leichtbau	+0,031
Leichtbau-Außenwand / Kellerdecke - Dämmung beidseitig	Leichtbau	zur Außenwand hin -0,029 zur Kellerdecke hin -0,011
Leichtbau-Außenwand / Wohnungstrennwand	Mischbau	+0,041
Leichtbau-Außenwand / Geschossdecke	Mischbau	+0,025
Fenstereinbau – Anschluss seitlich, oben im Massivbau	Massivbau	+0,006
Fenstereinbau – Anschluss unten im Massivbau	Massivbau	+0,010
Fenstereinbau – Anschluss seitlich, oben im Leichtbau	Leichtbau	+0,011
Fenstereinbau – Anschluss unten im Leichtbau	Leichtbau	+0,012

## 2 Grundlagen

### 2.1 Arten und Bedeutung von Wärmebrücken im Niedrigstenergie- und Passivhaus

Wärmebrücken sind thermische Schwachstellen der Gebäudehülle, bei denen örtlich mehr Wärme als bei den benachbarten Bauteilen abfließt. Dabei wird in geometrische und stoffliche Wärmebrücken unterschieden.

Beispiele für geometrische Wärmebrücken sind:

- Außenwand-Außenecke,
- Außenwand-Innenecke,
- usw.

Beispiele für stoffliche Wärmebrücken sind:

- Materialwechsel,
- Durchdringungen,
- usw.

Bauphysikalisch ausgedrückt sind Wärmebrücken mit einem **positiven** Vorzeichen (erhöhter Wärmeverlust) definiert als Punkte mit:

- erhöhten Wärmeflussdichten,
- niedrigerer Innenoberflächentemperatur und
- erhöhter Außenoberflächentemperatur

Wärmebrücken können neben den erhöhten Wärmeverlusten auch zu hygienischen Risiken (z.B. Bildung von Oberflächenkondensat und Pilzbefall) führen. Daher sollten Wärmebrücken durch konstruktive Maßnahmen möglichst vermieden werden.

### 2.2 Kriterien von Wärmebrücken

#### Passivhaus Institut [FEI07]:

Gemäß Festlegungen des Passivhaus Instituts Darmstadt wird von einem „wärmebrückenfreien“ Detail gesprochen, wenn der Wärmeverlustkoeffizient  $\Psi$  einer linearen Wärmebrücke kleiner oder gleich  $0,01 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  ist [FEI07, S.45]. Wie in den nachfolgenden Ausführungen gezeigt wird, ist die Erfüllung dieses Kriteriums bei einigen Detailknotenpunkten nur bedingt oder überhaupt nicht möglich.

#### klima:aktiv Kriterienkatalog [KLI08]:

Im klima:aktiv Kriterienkatalog sind folgende Kriterien vorgesehen:

A 1.4 a Gebäudehülle wärmebrückenarm - 20 Punkte (klima:aktiv Haus)

A 1.4 b Gebäudehülle wärmebrückenfrei - 30 Punkte (klima:aktiv Haus, klima:aktiv Passivhaus)

Für eine Deklaration ist die jeweils **aktuelle Gesamtfassung des Kriterienkatalogs** unter [www.klimaaktiv.at](http://www.klimaaktiv.at) zu verwenden.

Die klima:aktiv-Gebäudeplattform ist unter <http://www.baubook.at/kahg/index.php> zu finden. Diese Plattform dient zur Durchführung von Deklarationen aber auch für die Suche nach bereits zertifizierten Gebäuden.

### 2.3 Ansatz von Wärmebrücken bei der Heizwärmebedarfsermittlung

Bei der Energieausweiserstellung wird die Berücksichtigung des erhöhten Wärmebedarfs durch Wärmebrücken zwar verbindlich gefordert, bei konventionellen, wie auch bei Niedrigenergiegebäuden, werden diese Zuschläge i.d.R. aber in Form eines pauschalen Faktors durchgeführt. Dieser liegt um die 10% des Leitwertes aller Bauteile der Gebäudehülle. Im neuen Energieausweis besteht jedoch die Möglichkeit für ein und die selbe Konstruktion mit einem detaillierten Wärmebrückennachweis ein entsprechend besseres Heizwärmebedarfs-Ergebnis als mit pauschalen Annahmen darzustellen.

Bei wärmebrückenfreier Konstruktion kann der Heizwärmebedarf gegenüber heute noch üblichen Konstruktionen um etwa  $12 \text{ kWh}/(\text{m}^2_{\text{BGF}}\text{a})$  reduziert werden [FEI99]. Dies entspricht einer Verbesserung des mittleren U-Wertes der Gebäudehülle um etwa  $0,09 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

Im Passivhausbau sind die Wärmeverluste jedoch so gering, dass die weitestgehende Wärmebrückenfreiheit für die Funktionstüchtigkeit nicht nur Hilfsmittel, sondern sogar Bedingung ist. Mit anderen Worten ist der pauschale Faktor zur Berücksichtigung der Wärmebrücken mit 10% wesentlich zu ungenau. Je nach Gebäude und Vorgaben aus der Architektur und Statik kann dieser Anteil sowohl gegen Null tendieren (nur realistisch im Einfamilienhausbau), als auch deutlich über 10% hinausgehen.

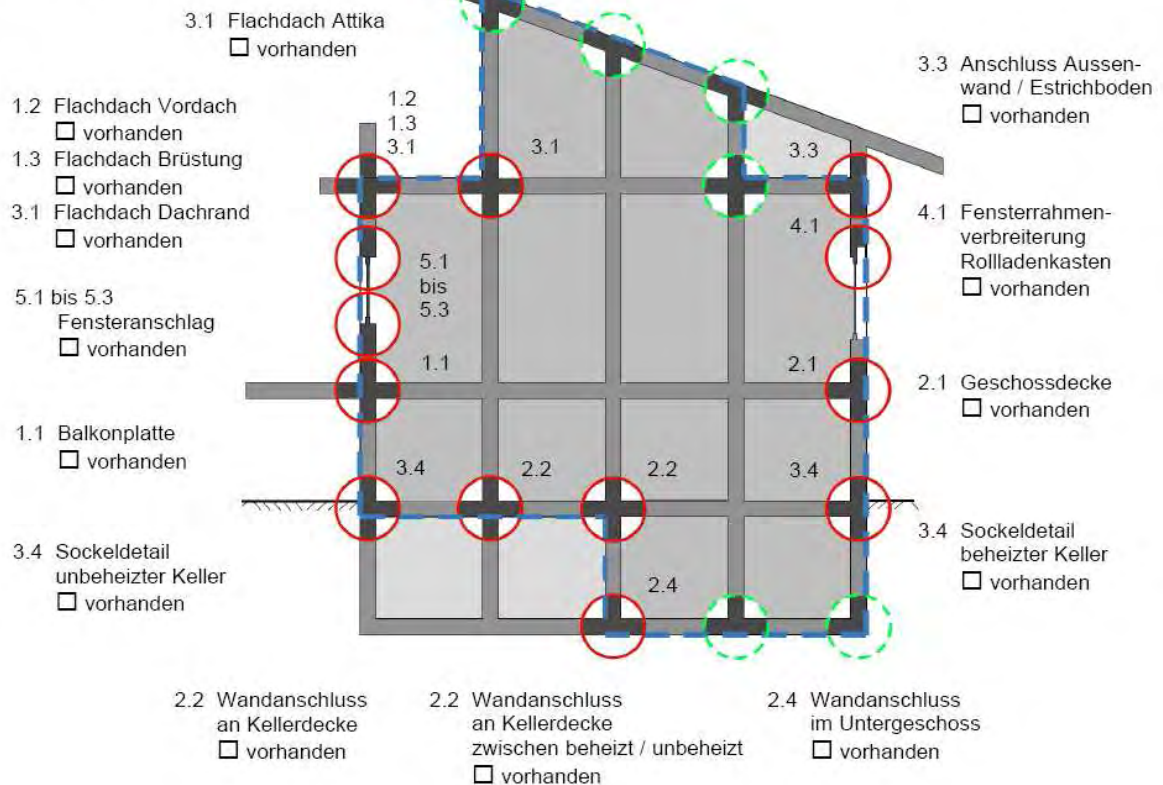
Es wird davon ausgegangen, dass lineare Wärmebrücken als wärmebrückenfrei gelten, wenn ihr Verlustkoeffizient  $\Psi$  kleiner als  $0,01 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  ist.

Die folgende Abbildung soll verdeutlichen, welche Wärmebrücken typischerweise bei einem Gebäude auftreten.



## Übersicht Wärmebrücken

### Gebäudeschnitt



### Legende:

- — Wärmedämmperimeter
- Anschlussdetail mit weiteren Angaben
- bei üblicher Bauausführung vernachlässigbar

Abbildung 1: Übersicht Wärmebrücken [EnFK07]

### Ansatz von Wärmebrücken im Passivhaus Projektierungs Paket (PHPP):

Die Berechnung der Psi-Werte für erdberührte Bauteile erfolgt so, als würden die Bauteile gegen Außenluft grenzen. Die Zuordnung der Wärmebrücke („gegen Außenluft“, „gegen Erdreich“, ...), und die damit verbundene Zuweisung eines Temperaturkorrekturfaktors, erfolgt im Passivhaus Projektierungs Paket anhand von „Gruppen Nummern“.

Blatt „Flächen“ → Wärmebrückeneingabe → Zuweisung zu einer Gruppe

- „15 Wärmebrücken Außenluft“
- „16 Wärmebrücken Perimeter“  
Unterirdische Wärmebrücken im Randbereich der Bodenplatte mit Bezug auf die Temperaturdifferenz innen – außen.
- „17 Wärmebrücken Bodenplatte“  
Wärmebrücken in der Fläche der Bodenplatte mit Bezug auf die Temperaturdifferenz Innenraum – Erdreich; bei unbeheiztem Keller entsprechend Wärmebrücken in der Kellerdecke hier eintragen. Wärmebrücken in der Bodenplatte, die im Mittel näher am

Gebäuderand als an der Gebäudemitte liegen, sollten als Perimeterwärmebrücken behandelt werden.

Die genaue Vorgehensweise ist dem Handbuch des PHPP zu entnehmen.

[FEI07]

## 2.4 Abschätzung von Wärmebrücken

Soll nur eine überschlägige Abschätzung einer Wärmebrücke erfolgen, können auch Wärmebrücken-Kataloge verwendet werden. Ein sehr gutes Beispiel ist beispielsweise ein im Internet verfügbarer Katalog des Bundesamtes für Energie BFE aus der Schweiz [http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de\\_382360937.pdf](http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de_382360937.pdf) [BFE02].

### Hinweise zum Vorgehen:

1. Wo kein wärmebrückenarmes/-freies Detail/Anschluss sichergestellt ist, kann ev. mit Unterlagen Relevanzabschätzung vorgenommen werden.
2. BauphysikerIn frühzeitig einbeziehen ggf. schon im Vorentwurf.
3. Ggf. Details übernehmen.
4. Ggf. selbst rechnen.

*Hinweis: die Psi-Werte werden i.A. höher, wenn die Dämmstärke vergrößert wird! Daher nur Werte aus Katalogen übernehmen, wenn gleiche Aufbauten vorhanden sind!*

## 2.5 Berechnung von Wärmebrücken

Der zusätzliche Energieverlust von Wärmebrücken wird mit Hilfe von speziellen Wärmedurchgangskoeffizienten berechnet.

- |  |              |           |
|--|--------------|-----------|
| ▪ Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient | $\Psi$ (Psi) | [W/(m.K)] |
| ▪ punktbezogener Wärmedurchgangskoeffizient  | $\chi$ (Chi) | [W/K]     |
- [OEN08]

Bei den folgenden, beispielhaften Detailknotenpunkten wird ausschließlich auf linienförmige Wärmebrücken (Psi-Werte) eingegangen.

Die Berechnung von Psi-Werten kann bezogen auf

- **Außenabmessungen**,
  - Innenabmessungen oder
  - Gesamt-Innenabmessungen
- erfolgen.

Da in der Praxis nur die Berechnung der Psi -Werte mit **Außenabmessungen** der beheizten Gebäudehülle üblich ist, wird auf die Unterschiede nicht eingegangen werden.

Die Wärmebrückenbeispiele des nachfolgenden Passivhauswärmebrückenkatalogs sind generell auf **Außenabmessungen** bezogen.

Für die Berechnung von Wärmebrücken ist man – sofern keine Messwerte vorliegen – auf die Unterstützung von Software angewiesen. Derartige Programme berechnen den Gesamtenergieverlust, indem sie die Bauteile in kleinste Elemente zerlegen und durch ein numerisches Verfahren die Temperaturverteilung und die Energieströme im Bauteil berechnen.

### **Prinzip der Berechnung:**

1. Die flächenweise  $U$ -Wert Berechnung ergibt einen thermischen Leitwert ( $W/K$ ). Der Wärmeverlust eines Bauteils wird so unter der Annahme eines störungsfreien Verlaufes ermittelt. Die  $U$ -Wert-Ermittlung erfolgt gemäß ÖNORM EN ISO 6946: Bauteile – Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient – Berechnungsverfahren [ÖEN08a].

2. Wo die Bedingungen nicht den Annahmen der  $U$ -Werte entsprechen, müssen Korrekturen angebracht werden: Linienförmige bzw. punktförmige Wärmebrückenkoeffizienten. Die Berechnung erfolgt gemäß ÖNORM EN ISO 10211 und ÖNORM EN ISO 10077-2, für erdberührte Bauteile auch gemäß ÖNORM EN ISO 13370.

3. Wichtig bei der Berechnung ist die Definition des Punkts, an welchem im Modell der erste Bauteil aufhört und der zweite beginnt „Bezugspunkt“. Die angegebenen  $\Psi$ -Werte gelten nur für die gezeichnete Lage des Bezugspunkts.

## Randbedingungen bei der Berechnung der längenbezogenen

### Wärmedurchgangskoeffizienten:

Die Wärmeübergangswiderstände sind gemäß ÖNORM EN ISO 6946 [OEN08a]:  
innen:

- $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$  (horizontaler Wärmefluss)
- $R_{si} = 0,10 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$  (Wärmefluss nach oben)
- $R_{si} = 0,17 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$  (Wärmefluss nach unten)

außen:

- $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$  (Wärmefluss horizontal bzw. nach oben)
- $R_{se} = 0,00 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$  (Boden/Erde)

### Wärmeleitfähigkeiten der verwendeten Bauprodukte:

Die Wärmeleitfähigkeiten sind dem Katalog für Wärmeschutztechnische Rechenwerte von Baustoffen und Bauteilen [ONV01] entnommen. Etwaige spezielle Baustoffe sind den Herstellerangaben entnommen.

- Stahlbeton:	$\lambda = 2,300 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
- Ziegel mit Perlitefüllung	$\lambda = 0,080 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
- XPS-G:	$\lambda = 0,035 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ bis $0,038 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
- EPS-T:	$\lambda = 0,044 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
- EPS-W20:	$\lambda = 0,038 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
- EPS-W25:	$\lambda = 0,036 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
- MW-PT:	$\lambda = 0,036 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
- MW-W Kellerdämmplatte:	$\lambda = 0,033 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
- MW-WL:	$\lambda = 0,035 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ bis $0,040 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
- Beschüttung (Polystyrolbeton):	$\lambda = 0,200 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
- Kiesschüttung	$\lambda = 0,140 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
- Abdichtung:	$\lambda = 0,190 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
- Gipskartonplatten:	$\lambda = 0,210 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
- Gipsfaserplatten:	$\lambda = 0,360 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
- Holz:	$\lambda = 0,130 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
- Estrich:	$\lambda = 1,400 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
- „Höcker“ mit ca. 5% Bew.-Anteil:	$\lambda = 4,900 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
- Isokorb 8cm, z.B. Schöck Typ A-K 12/10 Q8-F0 (18cm Dicke der auskragenden Platte):	$\lambda = 0,277 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
- Isokorb 12cm, z.B. Schöck Typ KXT 70-H180-F0 (18cm Dicke der auskragenden Platte):	$\lambda = 0,270 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$

### Interpretation der Ergebnisse:

Wärmebrücken haben nicht notwendigerweise ein positives Vorzeichen (erhöhter Wärmeverlust). Das hängt damit zusammen, dass beispielsweise bei einer Außenwand-Außenecke die wärmeabgebende Fläche innen deutlich kleiner als die außenmaßbezogene Bauteilfläche ist. Da also bei der homogenen Berechnung die Wärmeverluste zu hoch angesetzt werden, ergibt sich ein korrigierender, negativer längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient (Psi-Wert). In Summe ist somit durch Ansatz der Wärmeverluste über die homogene Fläche und der Wärmebrücke die Bilanz korrekt.

Die minimale Oberflächentemperatur  $\Theta_{si}$  ist die im Bereich einer Wärmebrücke auftretende niedrigste Oberflächentemperatur. Alternativ zur minimalen Oberflächentemperatur wird als feuchtetechnischer Kennwert auch der Temperaturfaktor  $f_{Rsi}$  verwendet:

$$f_{Rsi} = \Theta_{si} - \Theta_e / \Theta_i - \Theta_e$$

mit:

$\Theta_i$  = Innenlufttemperatur

$\Theta_e$  = Außenlufttemperatur

$\Theta_{si}$  = innere Oberflächentemperatur

Mit dem Mollier h-,x Diagramm kann u.a. die Auswirkung der lokal begrenzten Abkühlung auf die Raumluft festgestellt und die Gefahr einer Kondensatbildung abgeschätzt werden.

Schimmelpilzwachstum tritt bereits bei Temperaturen oberhalb der Taupunkttemperatur auf. Es kann davon ausgegangen werden, dass bei häufigem Auftreten von 80 % relativer Luftfeuchtigkeit an der Bauteilinnenoberfläche bereits Schimmelgefahr besteht. Für das Raumklima 20 °C, 50 % rel. Feuchte beträgt die Schimmelpilztemperatur 12,6 °C, die Taupunkttemperatur bei 9,3 °C! Beim Vorliegen eines Untergrunds mit organischen Bestandteilen (Anstriche, Raufasertapete) ist mit einem Schimmelpilzwachstum zu rechnen.

Die Berechnung der minimalen Oberflächentemperatur erfolgt analog der Wärmebrückenberechnung, jedoch mit teilweise unterschiedlichen Wärmeübergangswiderständen. Gemäß ÖNORM B 8110-2 [ÖEN03] ist auch im Bereich von Wärmebrücken zur Begrenzung des Risikos von **Schimmelpilzbildung** ein Temperaturfaktor von  $f_{Rsi,min} \geq 0,71$  einzuhalten. Zur Hintanhaltung von **Kondensat** an den Bauteilinnenoberflächen gilt  $f_{Rsi,min} \geq 0,69$ .

### Verwendung der Ergebnisse für den Passivhaus-Nachweis mittel Passivhaus Projektierungs Paket (PHPP):

Die Berechnung des Psi-Wertes für einige erdberührten Bauteile erfolgt abweichend zu der Vorgehensweise gemäß ÖNORM EN ISO 10211 und ÖNORM EN ISO 13370 so, als würden die Bauteile gegen Außenluft (d.h. ohne Abbildung von Erdreich) grenzen. Diese Vorgangsweise ist laut PHPP Handbuch [FEI07] für Wärmebrücken in der Bodenplatte bzw. Kellerdecke, die im Mittel näher an der Gebäudemitte als am Gebäuderand liegen, empfohlen. Für die Wärmebrücken am Gebäuderand (im Perimeterbereich) sollte das Erdreich mitmodelliert werden. Die Zuordnung der Wärmebrücke („gegen Außenluft“, „gegen Erdreich“, ...), und die damit verbundene Zuweisung eines Temperaturkorrekturfaktors, erfolgt im Passivhaus-Projektierungs-Paket (PHPP) anhand von „Gruppen Nummern“. Diese Vorgehensweise ist dem Handbuch des PHPP zu entnehmen [FEI07].

### Darstellungsformen:

- Isothermen (Linien gleicher Temperatur)
- Wärmeflussbilder (Richtung des Wärmestroms, Dichte der Linien)
- Falschfarben (Temperaturverteilung, Wärmestromdichte)

**Isothermen-Bilder** liefern anschauliche Darstellungen der Temperaturverläufe in den Anschlussdetails. Wärmebrücken bewirken eine Abweichung der Isothermen vom

oberflächenparallelen Verlauf im ungestörten Bereich. Die Dichte der Linien zeigt das Temperaturgefälle.

Die Temperaturverteilung kann auch als **Falschfarben-Infrarot-Darstellung** abgebildet werden.

**Wärmefluss-Bilder** zeigen Verlauf und Dichte der Wärmeströme durch ein Bauteil. Bei den nachfolgend dargestellten Wärmestrom-Bildern handelt es sich um Darstellungen von Wärmestrom-Vektoren. Je größer der Pfeil, desto größer der Wärmestrom.

Alternativ dazu können die Wärmeströme auch, analog den Falschfarben-Infrarot-Darstellungen als **Falschfarben-Wärmestromdichten-Darstellungen** angezeigt werden. Dabei werden Regionen in Abhängigkeit der Wärmestromdichte farbig dargestellt. Darauf wurde im Folgenden verzichtet.

## 2.6 Grundregeln zur Wärmebrückenminimierung:

Grundsätzlich sollte die wärmedämmende Hülle die beheizten Gebäudeteile vollkommen lückenlos umschließen, sodass man in jedem beliebigen Gebäudeschnitt mit einem Stift eine durchgängige Linie der Dämmung um die ganzen beheizten Gebäudeteile ziehen kann. Das ist aus statischen Gründen, wie das Beispiel der auf der Kellerwand aufsitzenden Außenwand zeigt, in einem Gebäude nicht immer einzuhalten. An klar begrenzten Ausnahmestellen sind daher etwas verringerte Dämmwirkungen zulässig. Generell gelten folgende Regeln:

**Vermeidungsregel:** Wo möglich, die dämmende Hülle nicht durchbrechen.

**Durchstoßungsregel:** Wenn eine unterbrochene Dämmschicht unvermeidbar ist, so sollte der Wärmedurchgangswiderstand in der Dämmebene möglichst hoch sein. Also z.B. Verwendung von Porenbeton oder Holz statt Ziegel oder Stahlbeton.

**Anschlussregel:** Dämmlagen an Bauteilanschlüssen lückenlos ineinander überführen – Anschluss in der vollen Fläche.

**Geometrieregeln:** Kanten mit möglichst stumpfen Winkeln wählen.

[FEI92]

## 3 Passivhauswärmebrückenkatalog

### 3.1 Haftungsausschluss

Die Berechnung, Bewertung und Zusammenstellung der nachfolgenden Details wurde nach bestem Wissen und Gewissen durchgeführt. Es kann jedoch seitens der Verfasser keine Haftung für die Richtigkeit der Angaben übernommen werden.

### 3.2 Vorbemerkungen

Die nachfolgend dargestellten systematischen Abbildungen zeigen **lediglich die thermisch relevanten Funktionsebenen**. Etwaige Dampfsperren, Abdichtungen und sonstige, für die Funktionstüchtigkeit des Details maßgeblichen Schichten, die keinen Einfluss auf das Ergebnis der thermischen Berechnungen haben, wurden vernachlässigt und sind daher zeichnerisch **nicht dargestellt**. In den Aufbauten sind bei diesen Schichten die Wärmeleitfähigkeit und Dicke mit Null eingetragen.

Es ist ein zentrales Anliegen dieses Forschungsvorhabens das Verständnis dafür zu wecken, dass weitestgehende Wärmebrückenvermeidung nicht nur bei besonders energieeffizienten Bauten ein wichtiger Grundsatz sein sollte.

Dennoch gibt es bei der Wärmebrückenvermeidung, v.a. bedingt durch die Gegebenheiten der Lastabtragung, Grenzen, die mit wirtschaftlichen Mitteln im Geschossbau nicht überschritten werden können. Einige der nachfolgend dargestellten Detailknoten sind gemäß den Anforderungen des Passivhaus Instituts oder den Richtlinien des klima:aktiv-Kriterienkataloges nicht als „wärmebrückenfrei“ oder „wärmebrückenarm“ einzustufen.

Die Wärmebrücke ist jedoch bei allen Lösungsvorschlägen im Vergleich zu bisher üblichen Konstruktionen deutlich reduziert. Es bleibt Aufgabe des Planers, die Summe der Wärmebrückeneffekte mit dem angestrebten Heizwärmebedarf abzustimmen. Das Erreichen des Passivhaus-Standards ist bei Verwendung der gezeigten Details jedenfalls möglich.

Die nachfolgenden Wärmebrücken-Beispiele sollen als Grundlage für eine Erweiterung der Serie ÖNORM B 8110 um das Beiblatt 4 der ÖNORM B 8110-6 „Wärmeschutz im Hochbau - Teil 6: Grundlagen und Nachweisverfahren - Heizwärmebedarf und Kühlbedarf - Beiblatt 4: Einfamilienhaus und Mehrfamilienhaus - Validierungsbeispiel für die Berechnung des Heizwärmebedarfs eines luftbeheizbaren Niedrigstenergiegebäudes (Passivhaus)“ dienen. Im Zuge der Erstellung dieses neuen Normtextes soll eine sogenannte Ringrechnung (Kontrollrechnung durch mehrere Beteiligte) erfolgen. Da dieser Normungsprozess gerade erst begonnen hat, wird darauf hingewiesen, dass die nachfolgenden Werte bislang noch keiner Kontrollrechnung unterzogen wurden. Wie bereits im Kapitel 3.1 beschrieben, kann seitens der Verfasser keine Haftung für die Richtigkeit der Ergebnisse übernommen werden.

Die Isothermendarstellungen der folgenden Details dienen nur der Anschaulichkeit, um zu zeigen, wie das Temperaturfeld im Bereich der Wärmebrücken aussieht. Es soll von diesen Isothermendarstellungen nicht auf die Oberflächentemperatur geschlossen werden.

Die  $\Psi$ -Werte sind im PHPP mit der entsprechenden Länge und der entsprechenden Temperaturdifferenz bzw. dem entsprechenden Temperaturkorrekturfaktor zu multiplizieren.



### 3.3 Details

#### 3.3.1 Außenwand-Außenkante (Massivbauweise)

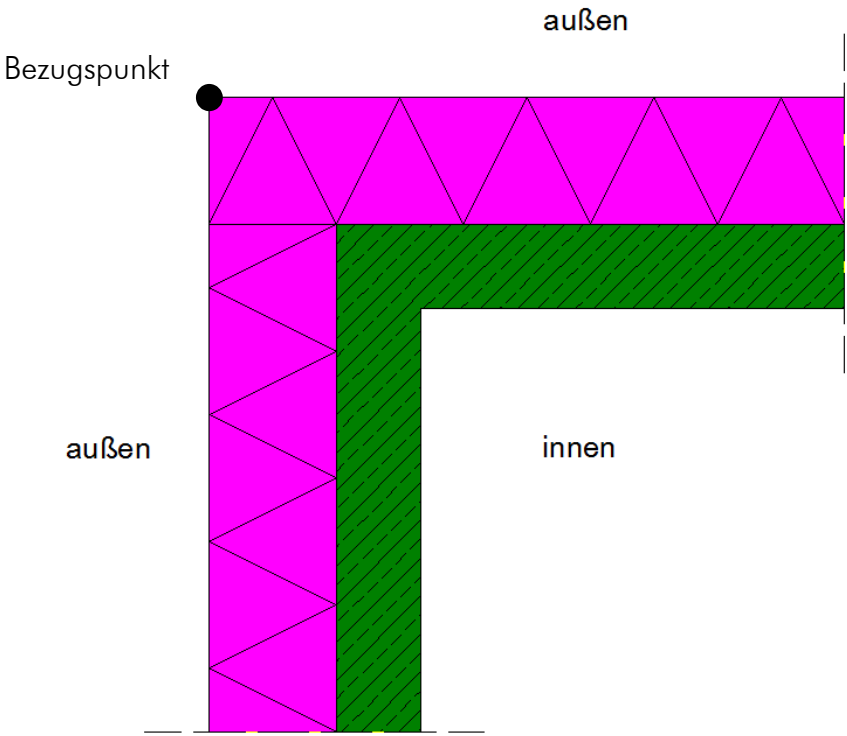
##### Beschreibung:

Die Außenwand-Außenkante ist bei Außenmaßbezug eine klassische negative Wärmebrücke. Da bei der Ermittlung des Wärmeverlustes der homogenen Fläche die wärmeabgebende Fläche des Eckbereichs doppelt berücksichtigt wird, wird der systematisch überbewertete Wärmeverlust durch Ansatz der negativen Wärmebrücke korrigiert.

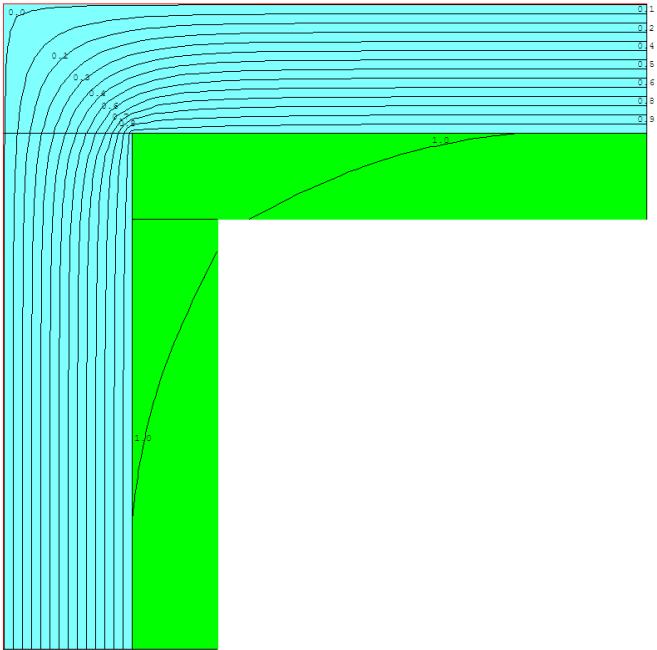
##### Aufbauten:

Außenwand									
Wärmeübergangswiderstand [m²K/W]					innen R <sub>si</sub> :		0,13		
					außen R <sub>se</sub> :		0,04		
Teilfläche 1	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Dichte ρ [kg/(m³)]	Flächeng. [kg/(m²)]	dyn. Steifigk. [MN/(m²)]	Teilfläche 2 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1. Deckschicht	0,000								0
2. EPS-F	0,032								300
3. Klebemörtel	0,000								0
4. STB-Wand (lt. statischem Erfordernis)	2,300								200
5. Spachtelung	0,000								0
6.									
					Flächenanteil Teilfläche 2		Flächenanteil Teilfläche 3		Summe
									50,0 cm
					U-Wert: 0,104 W/(m²K)				

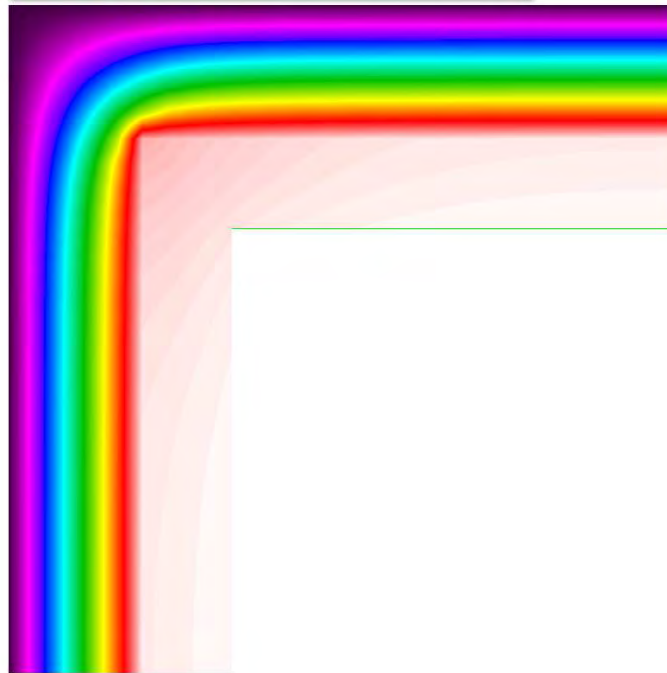
Darstellungen:



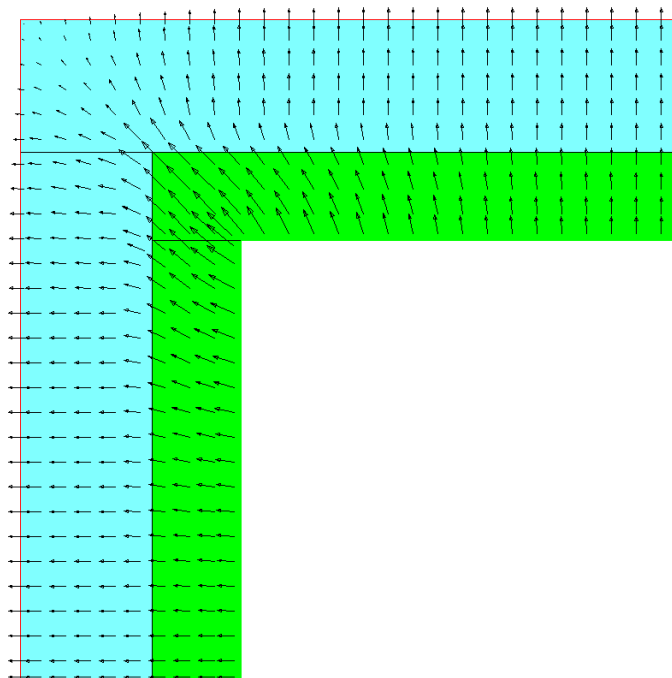
Systematischer Horizontalschnitt



Isothermen-Darstellung



Falschfarben-Infrarot-Darstellung



Wärmestrom-Darstellung

Ergebnis:

Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient  
 $\Psi = -0,047 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$

### 3.3.2 Außenwand-Innenkante (Massivbauweise)

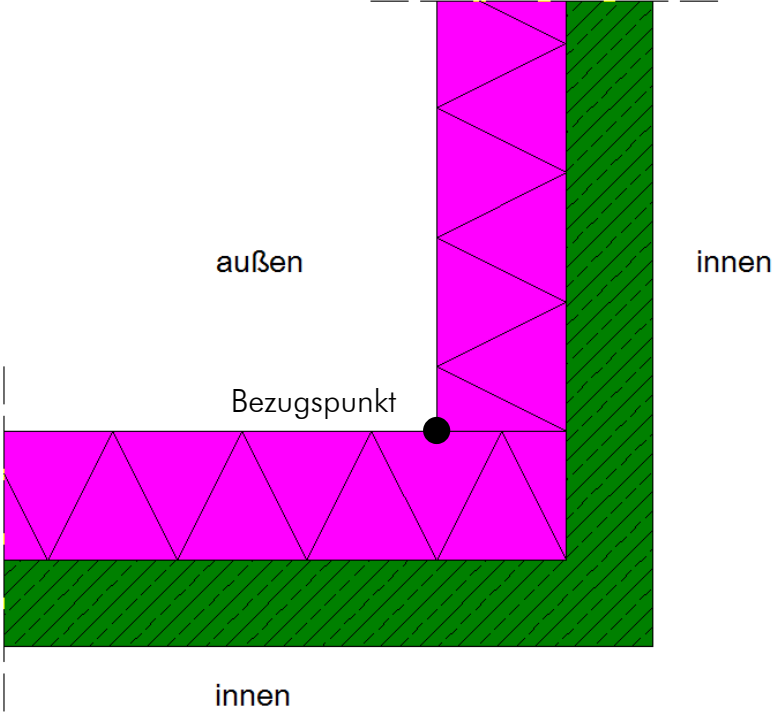
#### Beschreibung:

Die Außenwand-Innenkante ist bei Außenmaßbezug eine klassische positive Wärmebrücke. Da bei der Ermittlung des Wärmeverlustes der homogenen Fläche die wärmeabgebende Fläche des Eckbereichs nicht vollständig berücksichtigt wird, wird der systematisch unterbewertete Wärmeverlust durch Ansatz der positiven Wärmebrücke korrigiert.

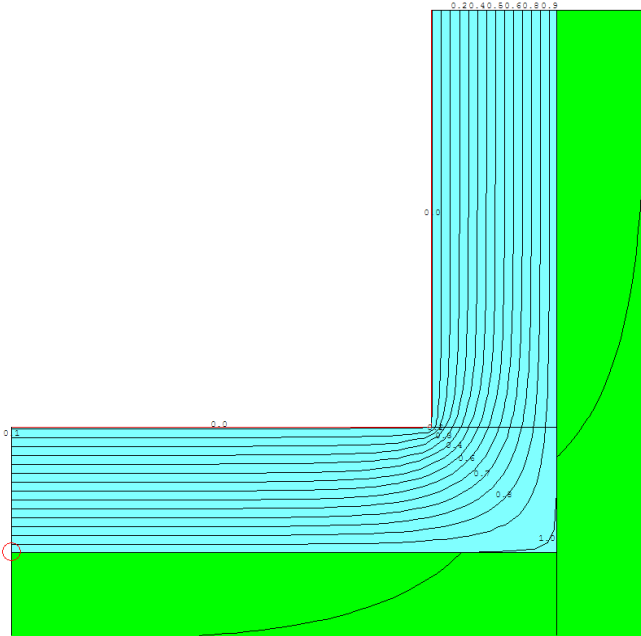
#### Aufbauten:

Außenwand									
Wärmeübergangswiderstand [m <sup>2</sup> K/W] innen R <sub>s,i</sub> : <b>0,13</b>									
außen R <sub>s,e</sub> : <b>0,04</b>									
Teilfläche 1	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Dichte ρ [kg/(m <sup>3</sup> )]	Flächeng. [kg/(m <sup>2</sup> )]	dyn. Steifigk. [MN/(m <sup>3</sup> )]	Teilfläche 2 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1. Deckschicht	0,000								0
2. EPS-F	0,032								300
3. Klebemörtel	0,000								0
4. STB-Wand (lt. statischem Erfordernis)	2,300								200
5. Spachtelung	0,000								0
6.									
					Flächenanteil Teilfläche 2		Flächenanteil Teilfläche 3		Summe
									<b>50,0</b> cm
									U-Wert: <b>0,104</b> W/(m <sup>2</sup> K)

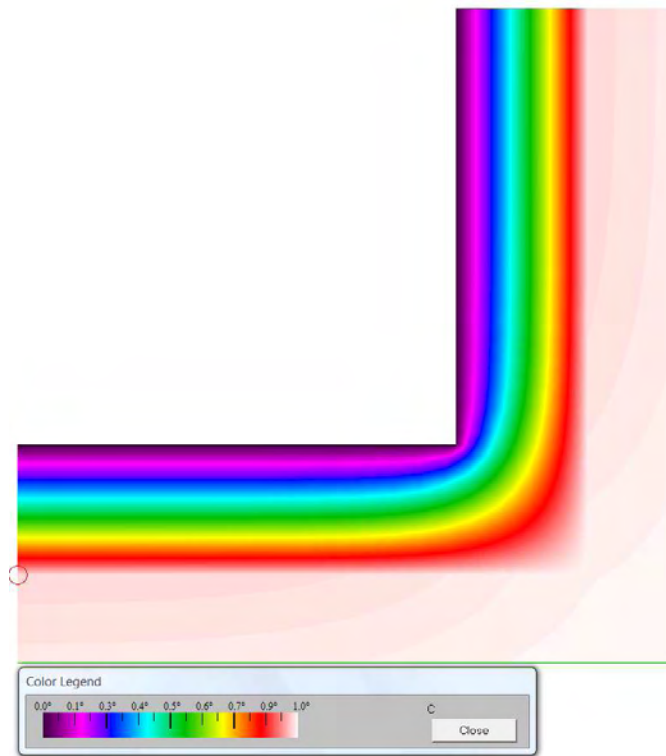
Darstellungen:



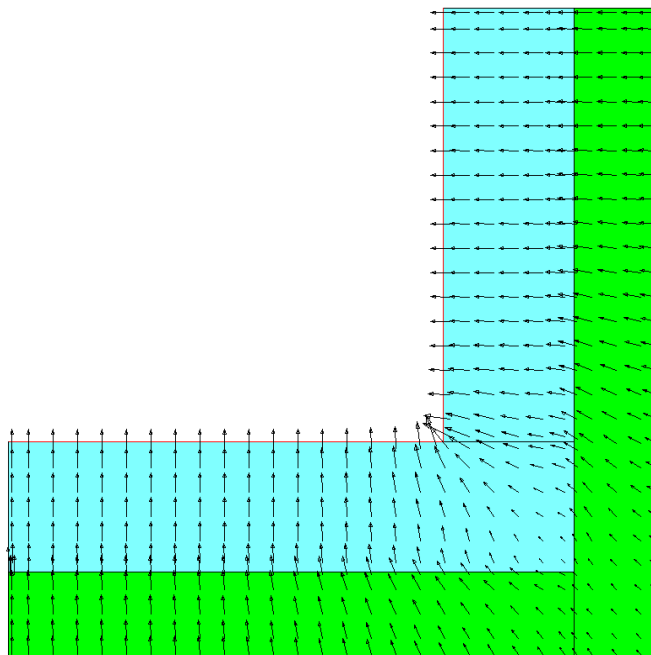
Systematischer Horizontalschnitt



Isothermen-Darstellung



Falschfarben-Infrarot-Darstellung



Wärmestrom-Darstellung

Ergebnis der Wärmebrückenberechnung:

Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient  
 $\Psi = 0,018 \text{ W/(m.K)}$

### 3.3.3 Außenwand / Geschossdecke / Balkonplatte mit 8cm Thermoelement (Massivbauweise)

#### Beschreibung:

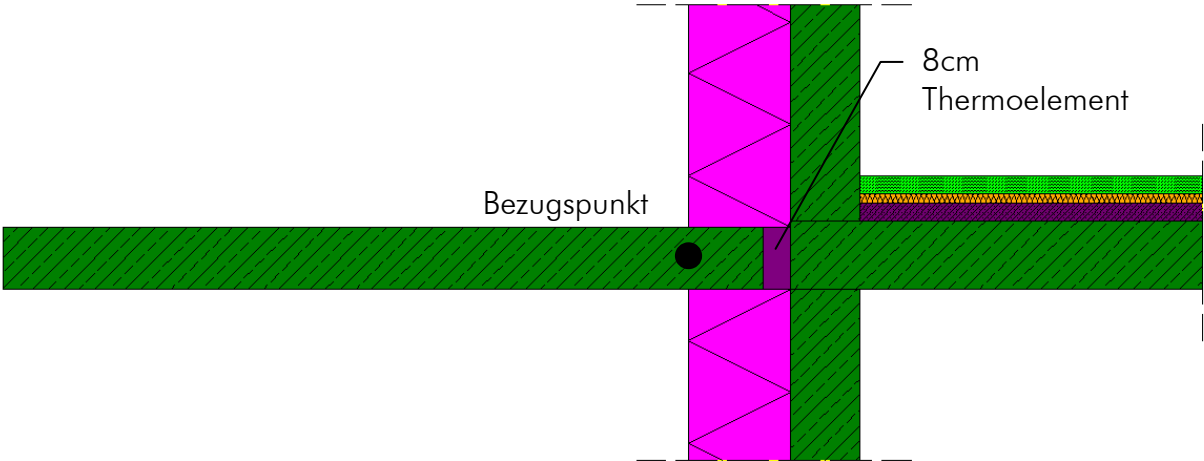
Aufgrund des relativ hohen Wärmebrückenverlustkoeffizienten sollen im Passivhausbau Thermoelemente für auskragende Balkon- und Loggienplatten nur in geringem Umfang oder nur abschnittsweise zur Anwendung kommen. Zwischen den abschnittsweise angeordneten Thermoelementen soll die Wärmedämmung der Außenwand möglichst ungeschwächt ausgeführt werden. Der längenbezogene Wärmedurchgangskoeffizient des ungeschwächten Bauteils mit der durchgezogenen Aussendämmung wird nicht angegeben, da dieser erwartungsgemäß vernachlässigbar klein ist ( $\Psi \approx 0$ ).

#### Aufbauten:

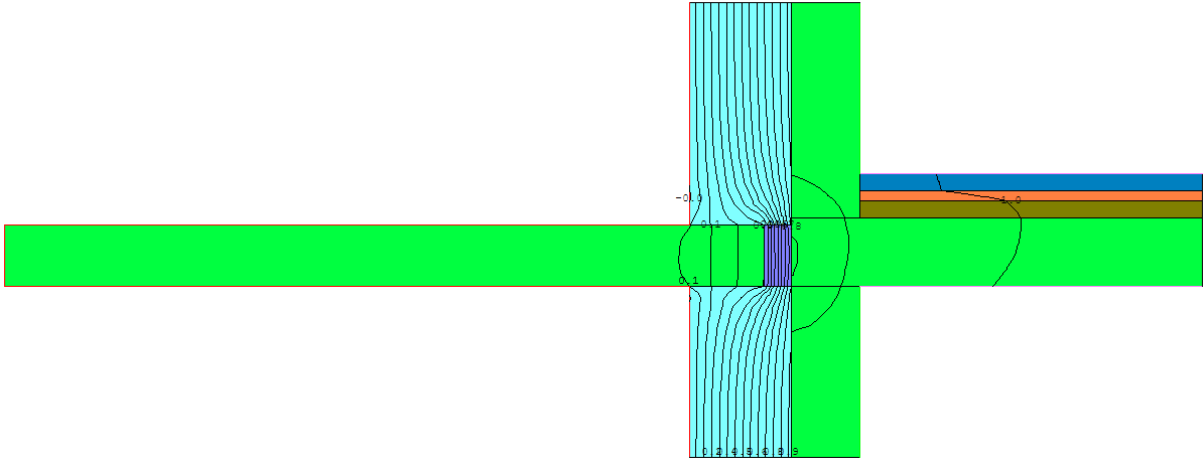
Außenwand									
Wärmeübergangswiderstand [m <sup>2</sup> K/W]					innen R <sub>si</sub> :	0,13			
					außen R <sub>se</sub> :	0,04			
Teilfläche 1	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Dichte ρ [kg/(m <sup>3</sup> )]	Flächeng. dyn. Steifigk. [kg/(m <sup>2</sup> )]	Flächeng. dyn. Steifigk. [MN/(m <sup>2</sup> )]	Teilfläche 2 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1. Deckschicht	0,000								0
2. EPS-F	0,032								300
3. Klebemörtel	0,000								0
4. STB-Wand (lt. statischem Erfordernis)	2,300								200
5. Spachtelung	0,000								0
6.									
					Flächenanteil Teilfläche 2		Flächenanteil Teilfläche 3		Summe
									50,0 cm
									U-Wert: 0,104 W/(m <sup>2</sup> K)

Geschossdecke									
Wärmeübergangswiderstand [m <sup>2</sup> K/W]					innen R <sub>si</sub> :	0,10			
					außen R <sub>se</sub> :	0,10			
Teilfläche 1	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Dichte ρ [kg/(m <sup>3</sup> )]	Flächeng. dyn. Steifigk. [kg/(m <sup>2</sup> )]	Flächeng. dyn. Steifigk. [MN/(m <sup>2</sup> )]	Teilfläche 2 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1. Fußbodenbelag	0,000								0
2. Zementestrich E 225	1,400								50
3. PE-Folie	0,000								0
4. Trittschalldämmung EPS-T 33/30	0,044								30
5. Dampfbremse, sd ≥ 120m, Stöße verklebt oder verschweißt (z.B. PE-Folie 0,25mm)	0,000								0
6. gebundene Ausgleichsschüttung (Ausgleichs- und Installationsebene)	0,200								50
7. STB-Decke (lt. statischem Erfordernis)	2,300								200
8. Spachtelung	0,000								0
9.									
					Flächenanteil Teilfläche 2		Flächenanteil Teilfläche 3		Summe
									33,0 cm
									U-Wert: 0,797 W/(m <sup>2</sup> K)

Darstellungen:

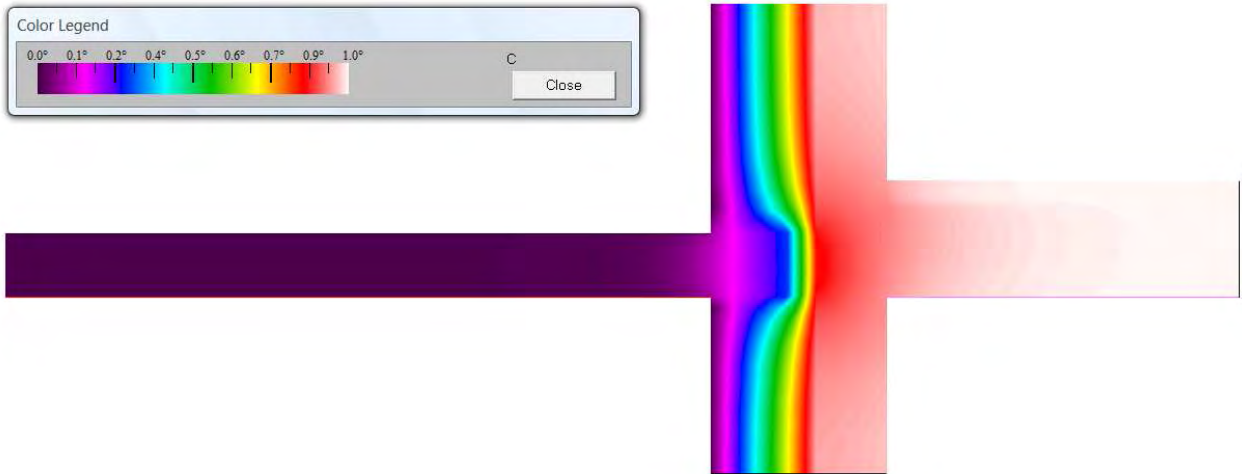


Systematischer Vertikalschnitt

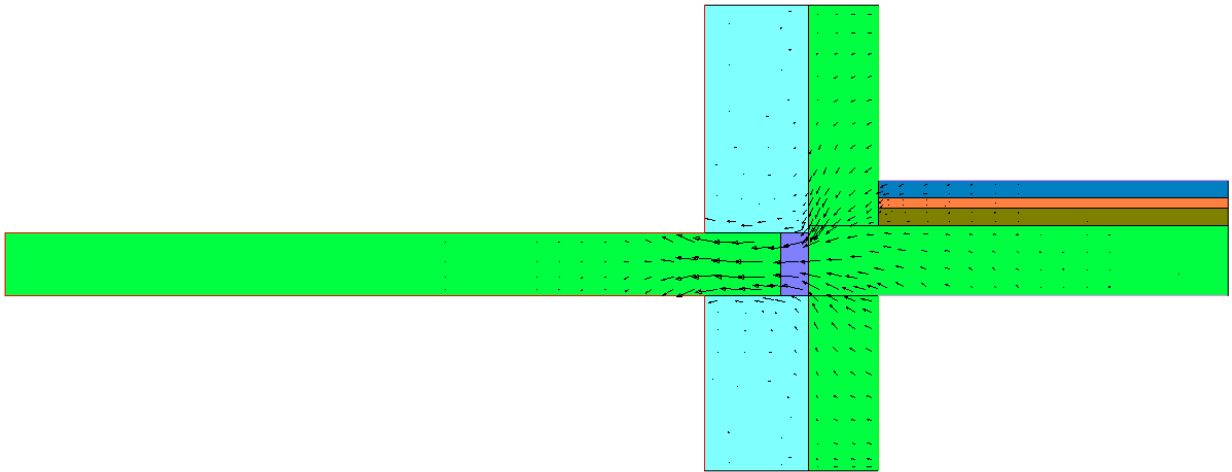


Isothermen-Darstellung





Falschfarben-Infrarot-Darstellung



Wärmestrom-Darstellung

Ergebnis der Wärmebrückenberechnung:

Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient

$$\Psi = +0,349 \text{ W/(m.K)}$$

### 3.3.4 Außenwand / Geschossdecke / Balkonplatte mit 12cm Thermoelement (Massivbauweise)

#### Beschreibung:

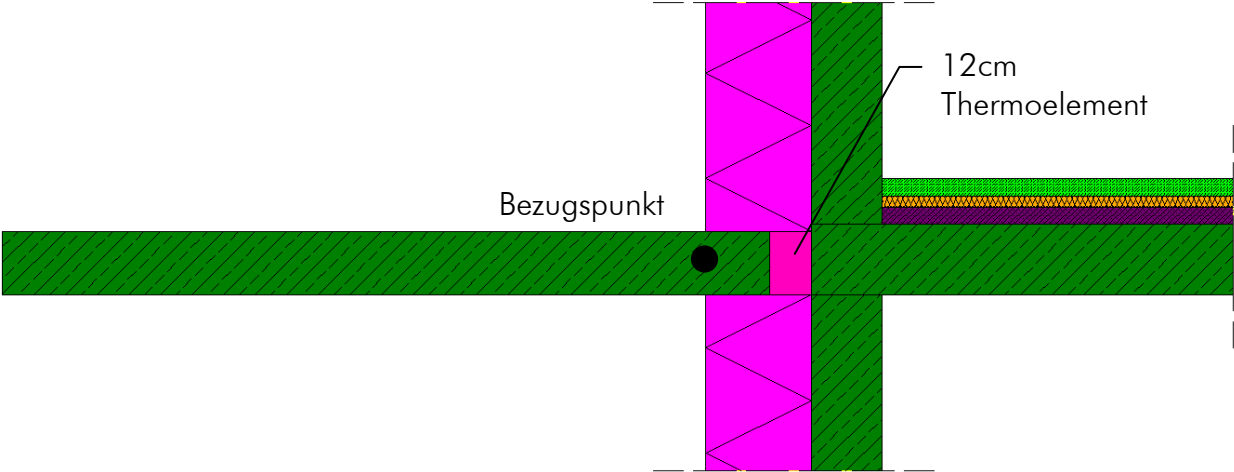
Aufgrund des relativ hohen Wärmebrückenverlustkoeffizienten sollen im Passivhausbau Thermoelemente für auskragende Balkon- und Loggienplatten nur in geringem Umfang oder nur abschnittsweise zur Anwendung kommen. Zwischen den abschnittsweise angeordneten Thermoelementen soll die Wärmedämmung der Außenwand möglichst ungeschwächt ausgeführt werden. Der längenbezogene Wärmedurchgangskoeffizient des ungeschwächten Bauteils mit der durchgezogenen Aussendämmung wird nicht angegeben, da dieser erwartungsgemäß vernachlässigbar klein ist ( $\Psi \approx 0$ ).

#### Aufbauten:

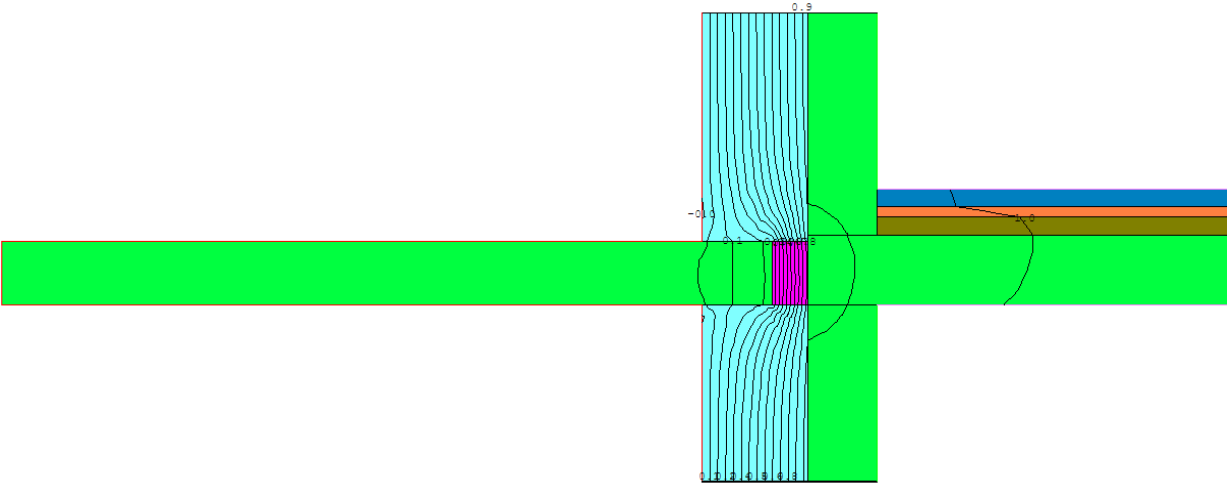
Außenwand									
					Wärmeübergangswiderstand [m <sup>2</sup> K/W]				
					innen R <sub>si</sub> :		0,13		
					außen R <sub>se</sub> :		0,04		
Teilfläche 1	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Dichte ρ [kg/(m <sup>3</sup> )]	Flächeng. dyn. Steifigk. [kg/(m <sup>2</sup> )]	Flächeng. dyn. Steifigk. [MN/(m <sup>2</sup> )]	Teilfläche 2 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1. Deckschicht	0,000								0
2. EPS-F	0,032								300
3. Klebemörtel	0,000								0
4. STB-Wand (lt. statischem Erfordernis)	2,300								200
5. Spachtelung	0,000								0
6.									
					Flächenanteil Teilfläche 2		Flächenanteil Teilfläche 3		Summe
									50,0 cm
									U-Wert: 0,104 W/(m <sup>2</sup> K)

Geschossdecke									
					Wärmeübergangswiderstand [m <sup>2</sup> K/W]				
					innen R <sub>si</sub> :		0,10		
					außen R <sub>se</sub> :		0,10		
Teilfläche 1	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Dichte ρ [kg/(m <sup>3</sup> )]	Flächeng. dyn. Steifigk. [kg/(m <sup>2</sup> )]	Flächeng. dyn. Steifigk. [MN/(m <sup>2</sup> )]	Teilfläche 2 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1. Fußbodenbelag	0,000								0
2. Zementestrich E 225	1,400								50
3. PE-Folie	0,000								0
4. Trittschalldämmung EPS-T 33/30	0,044								30
5. Dampfbremse, sd ≥ 120m, Stöße verklebt oder verschweißt (z.B. PE-Folie 0,25mm)	0,000								0
6. gebundene Ausgleichsschüttung (Ausgleichs- und Installationsebene)	0,200								50
7. STB-Decke (lt. statischem Erfordernis)	2,300								200
8. Spachtelung	0,000								0
9.									
					Flächenanteil Teilfläche 2		Flächenanteil Teilfläche 3		Summe
									33,0 cm
									U-Wert: 0,797 W/(m <sup>2</sup> K)

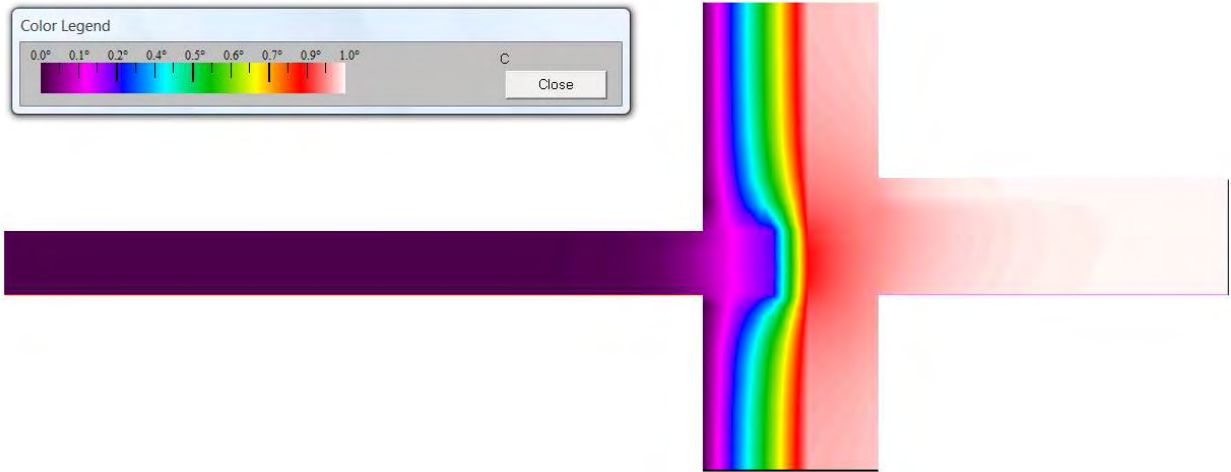
Darstellungen:



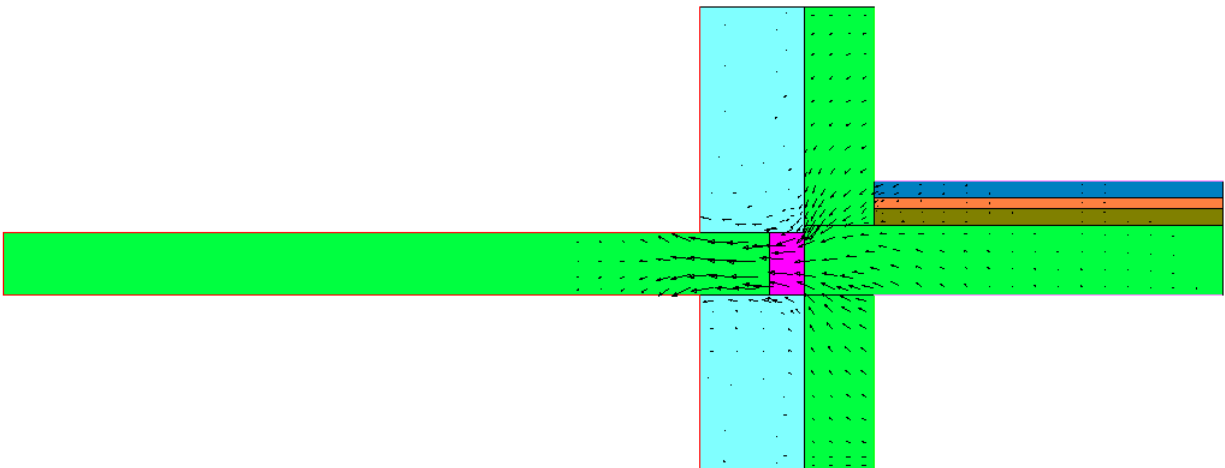
Systematischer Vertikalschnitt



Isothermen-Darstellung



Falschfarben-Infrarot-Darstellung



Wärmestrom-Darstellung

Ergebnis der Wärmebrückenberechnung:

Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient

$$\Psi = +0,303 \text{ W/(m.K)}$$

### 3.3.5 Attika „leicht“ (Massivbauweise)

#### **Beschreibung:**

Ähnlich der Außenwand-Außenkante ist der Detailknotenpunkt „Attika“ bei Außenmaßbezug und entsprechender konstruktiver Ausbildung eine klassische negative Wärmebrücke.

#### **Konstruktion:**

Die Stützkonstruktion des Detailknotens wird durch Kanthölzer, die in den statisch erforderlichen Abständen und der erforderlichen Dimension ausgeführt sind, gewährleistet (im systematischen Vertikalschnitt mit brauner Farbe dargestellt). Alternativ dazu können auch T- oder L-Profile aus Stahl eingesetzt werden, diese sind aber am Befestigungspunkt (meist Stahlbetondecke) thermisch zu trennen.

An diese Stützkonstruktion wird beispielsweise eine Mehrschichtplatte befestigt, die neben der aussteifenden Wirkung auch als Ebene für den Hochzug der Dampfsperre dient. Die Verbindung von Dampfsperre und Feuchtigkeitsabdichtung ist zur Verhinderung des Feuchtigkeitseintrags durch Diffusion über die Flanken und somit für eine dauerhaft funktionstüchtige Konstruktion jedenfalls zu empfehlen.

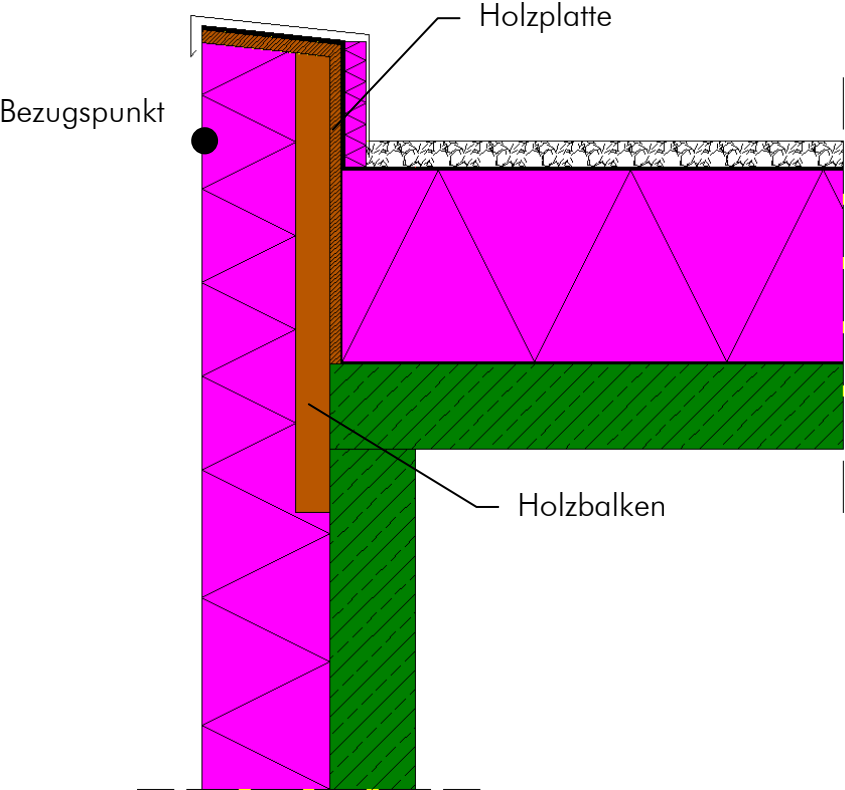
Vereinfacht kann der unten angegebene längenbezogene Wärmedurchgangskoeffizient über die ganze Länge der Attika angenommen werden. So liegt der Wärmestrom durch diese Konstruktion auf der sicheren Seite.

## Aufbauten:

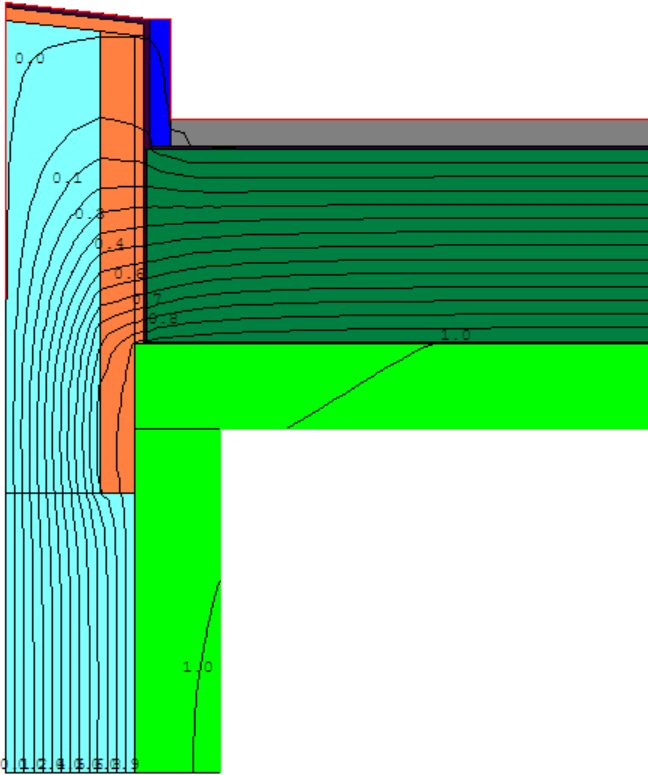
Außenwand								
Wärmeübergangswiderstand [m²K/W]					innen R <sub>si</sub> :	0,13		
					außen R <sub>se</sub> :	0,04		
Teilfläche 1	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Dichte ρ [kg/(m³)]	Flächeng. dyn. Steifigk. [MN/(m²)]	Teilfläche 2 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1. Deckschicht	0,000							0
2. EPS-F	0,032							300
3. Klebemörtel	0,000							0
4. STB-Wand (lt. statischem Erfordernis)	2,300							200
5. Spachtelung	0,000							0
6.								
				Flächenanteil Teilfläche 2		Flächenanteil Teilfläche 3		Summe
								<b>50,0</b> cm
								U-Wert: <b>0,104</b> W/(m²K)

Flachdach als Warmdach								
Wärmeübergangswiderstand [m²K/W]					innen R <sub>si</sub> :	0,10		
					außen R <sub>se</sub> :	0,04		
Teilfläche 1	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Dichte ρ [kg/(m³)]	Flächeng. dyn. Steifigk. [MN/(m²)]	Teilfläche 2 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1. Kies 16/32 (Dicke beispielhaft)	1,400							60
2. Schutzvlies	0,000							0
3. F-Abdichtung 2 Lagen E-KV-4 (beispielhaft für Warmdach)	0,190							8
4. Dampfdruckausgleichsschicht	0,000							0
5. Gefälledämmung EPS-W 25	0,036							450
6. Dampfsperre, sd ≥ 1.500m, Stöße verklebt oder verschweißt (z.B. Al-GV 45 = Bitu-Alu-Bahn)	0,190							4
7. Ausgleichsschicht	0,000							0
8. Voranstrich	0,000							0
9. STB-Decke (lt. statischem Erfordernis)	2,300							200
10. Spachtelung	0,000							0
11.								
				Flächenanteil Teilfläche 2		Flächenanteil Teilfläche 3		Summe
								<b>72,2</b> cm
								U-Wert: <b>0,078</b> W/(m²K)

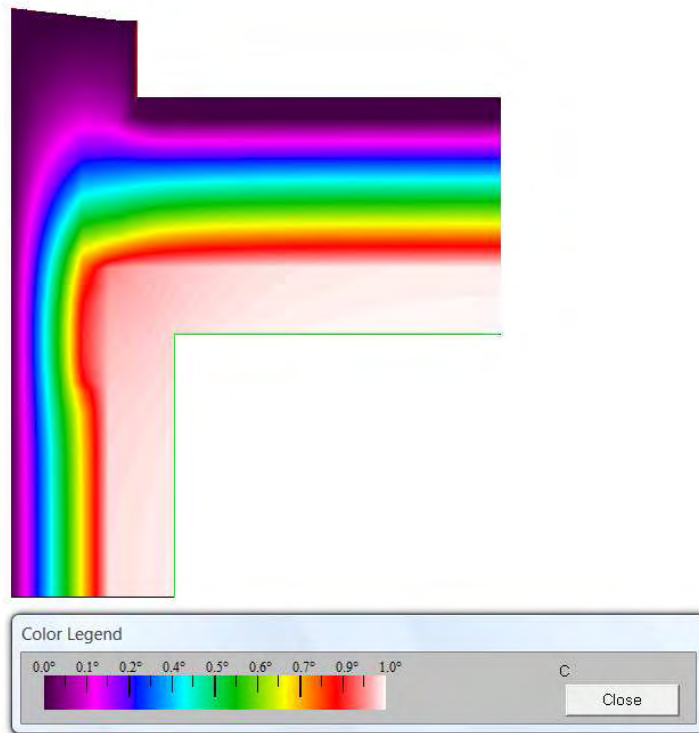
Darstellungen:



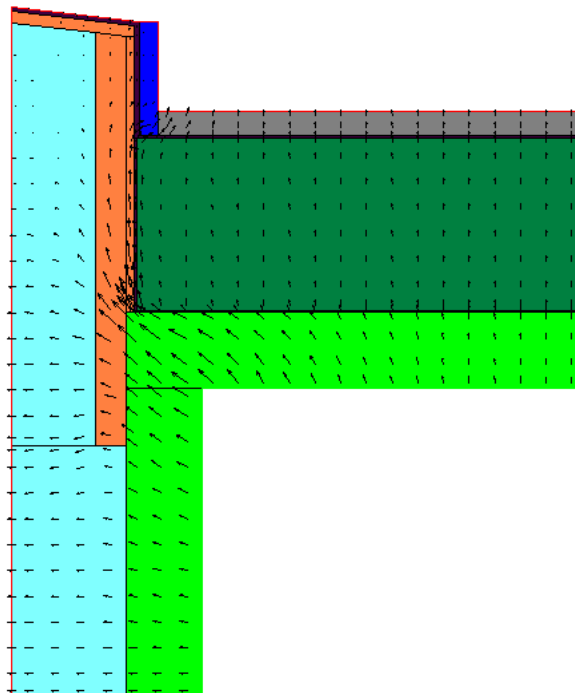
Systematischer Vertikalschnitt



Isothermen-Darstellung



Falschfarben-Infrarot-Darstellung



Wärmestrom-Darstellung

Ergebnis der Wärmebrückenberechnung:

Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient  
 $\Psi = -0,030 \text{ W/(m.K)}$



### 3.3.6 Attika „massiv“ (Massivbauweise)

#### **Beschreibung:**

Ähnlich der Außenwand-Außenkante ist der Detailknotenpunkt „Attika“ bei Außenmaßbezug und entsprechender konstruktiver Ausbildung eine klassische negative Wärmebrücke.

#### **Konstruktion:**

Die Stützkonstruktion der Attika kann beispielsweise durch Aufmauerung von 2 bis 3 Scharen Ziegel mit Perlitefüllung oder Porenbetonsteinen erfolgen. Bestehen aufgrund der Nutzung (Terrasse,...) oder anderer Rahmenbedingungen Zweifel, dass die Stabilität gewährleistet ist, kann ein bewehrter Stahlbeton-Rost vorgesehen werden.

An der Aufmauerung kann der Hochzug der Dampfsperre erfolgen. Die Verbindung von Dampfsperre und Feuchtigkeitsabdichtung ist zur Verhinderung des Feuchtigkeitseintrags durch Diffusion über die Flanken und somit für eine dauerhaft funktionstüchtige Konstruktion jedenfalls zu empfehlen.

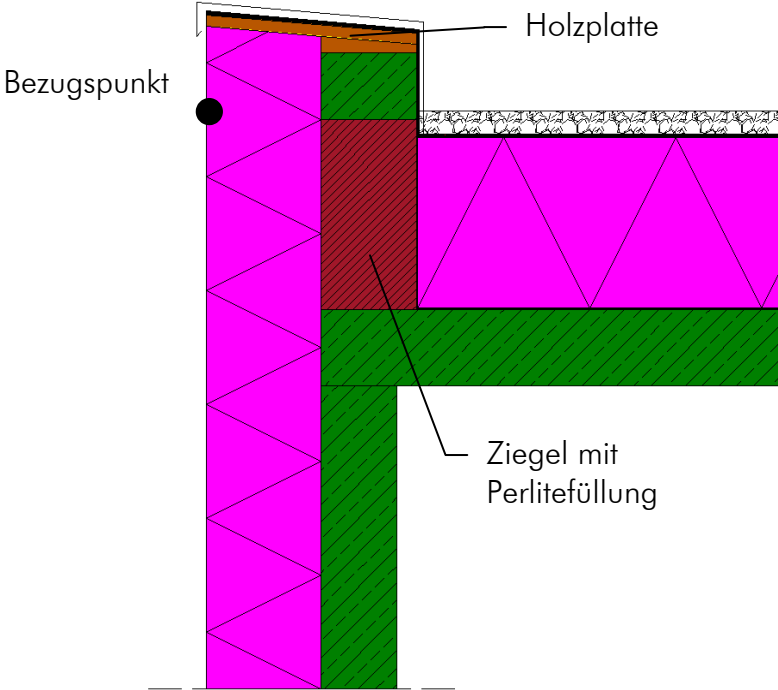
Der unten angegebene längenbezogene Wärmedurchgangskoeffizient kann über die ganze Länge der Attika angenommen werden.

## Aufbauten:

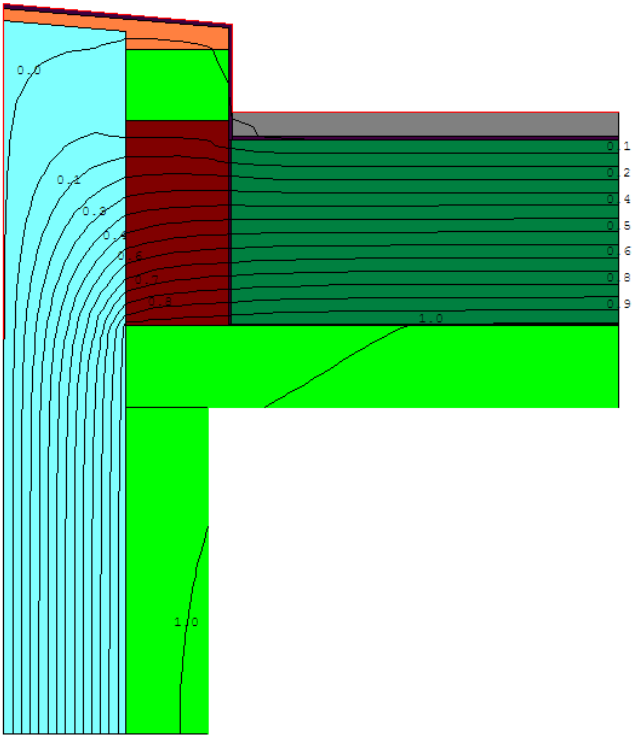
Außenwand									
Wärmeübergangswiderstand [m <sup>2</sup> K/W] innen R <sub>si</sub> : <b>0,13</b>									
außen R <sub>se</sub> : <b>0,04</b>									
Teilfläche 1	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Dichte ρ [kg/(m <sup>3</sup> )]	Flächeng. [kg/(m <sup>2</sup> )]	dyn. Steifigk. [MN/(m <sup>2</sup> )]	Teilfläche 2 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1. Deckschicht	0,000								0
2. EPS-F	0,032								300
3. Klebemörtel	0,000								0
STB-Wand (lt. statischem Erfordernis)	2,300								200
4. Spachtelung	0,000								0
6.									
					Flächenanteil Teilfläche 2		Flächenanteil Teilfläche 3		Summe
					<input type="text"/>		<input type="text"/>		<b>50,0</b> cm
<b>U-Wert: 0,104</b> W/(m <sup>2</sup> K)									

Flachdach als Warmdach									
Wärmeübergangswiderstand [m <sup>2</sup> K/W] innen R <sub>si</sub> : <b>0,10</b>									
außen R <sub>se</sub> : <b>0,04</b>									
Teilfläche 1	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Dichte ρ [kg/(m <sup>3</sup> )]	Flächeng. [kg/(m <sup>2</sup> )]	dyn. Steifigk. [MN/(m <sup>2</sup> )]	Teilfläche 2 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1. Kies 16/32 (Dicke beispielhaft)	1,400								60
2. Schutzvlies	0,000								0
F-Abdichtung 2 Lagen E-KV-4 (beispielhaft für Warmdach)	0,190								8
3.									
4. Dampfdruckausgleichsschicht	0,000								0
5. EPS-W 25 Gefälledämmung	0,036								450
Dampfsperre, sd ≥ 1.500m, Stöße verklebt oder verschweißt (z.B. Al-GV 45 = Bitu-Alu-Bahn)	0,190								4
6.									
7. Ausgleichsschicht	0,000								0
8. Voranstrich	0,000								0
STB-Decke (lt. statischem Erfordernis)	2,300								200
9.									
10. Spachtelung	0,000								0
11.									
					Flächenanteil Teilfläche 2		Flächenanteil Teilfläche 3		Summe
					<input type="text"/>		<input type="text"/>		<b>72,2</b> cm
<b>U-Wert: 0,078</b> W/(m <sup>2</sup> K)									

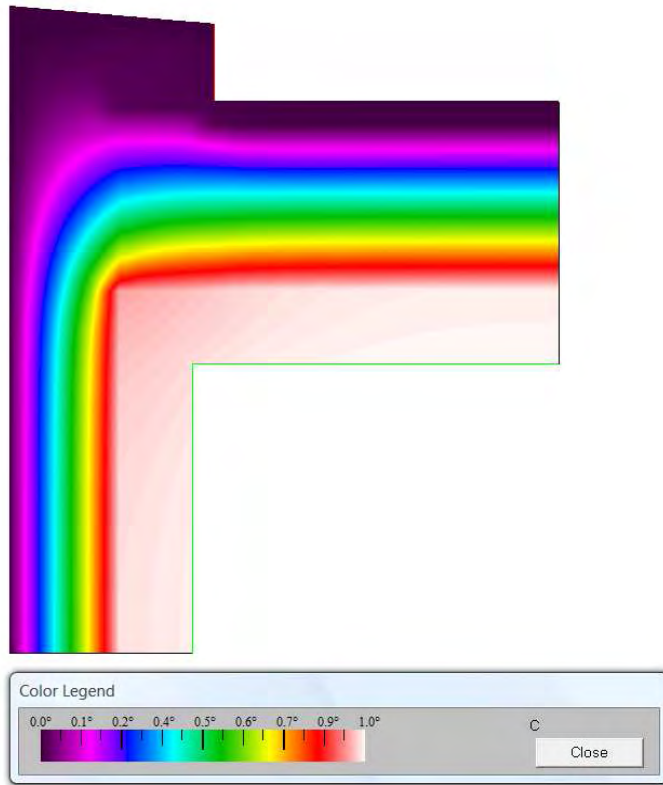
Darstellungen:



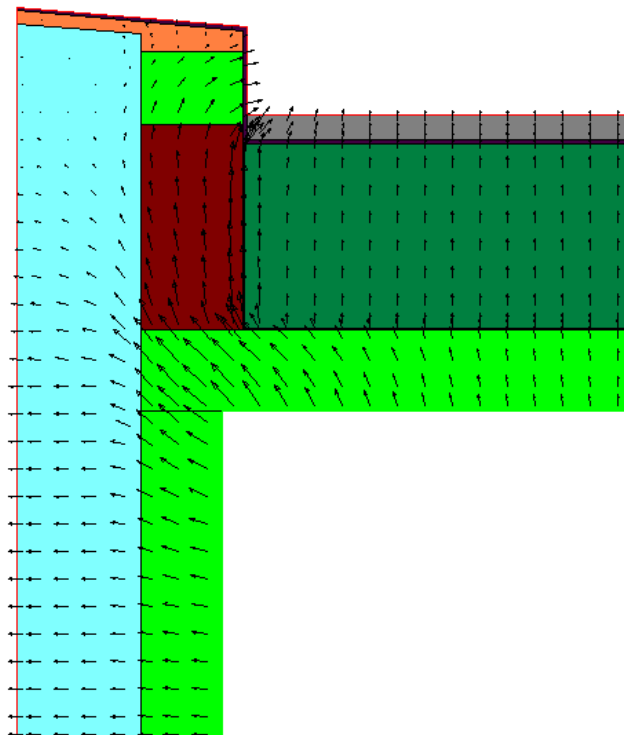
Systematischer Vertikalschnitt



Isothermen-Darstellung



Falschfarben-Infrarot-Darstellung



Wärmestrom-Darstellung

Ergebnis der Wärmebrückenberechnung:

Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient  
 $\Psi = -0,040 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$

### 3.3.7 tragende Außenwand / Bodenplatte (Massivbauweise)

#### Beschreibung:

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen den Schnittpunkt der tragenden Außenwand mit der Bodenplatte eines nicht unterkellerten mehrgeschossigen Gebäudes oder eines Gebäudes bei dem sich der Keller innerhalb der thermischen Gebäudehülle befindet. Das Erdreich wurde nicht mitmodelliert. Eine Modellierung der Wärmebrücke gegen Außenluft liegt auf der sicheren Seite. Diese Vorgangsweise wird auch im PHPP-Handbuch [FEI07] empfohlen, wegen geringerem Modellierungsaufwand. Der Einfluss des Erdreiches wird über die Temperaturkorrekturfaktoren hinreichend genug berücksichtigt.

Dieser Knotenpunkt ist ein typisches Beispiel dafür, dass bei einem mehrgeschossigen Gebäude aufgrund der statischen Gegebenheiten (vertikale Lastabtragung, Erdbeben,...) gewisse Wärmebrücken nicht vermeidbar sind und daher kompensiert werden müssen. Eine wärmebrückenarme Dämmung unter der Bodenplatte ist zwar denkbar und wird vereinzelt auch umgesetzt, es sprechen jedoch verschiedene Gründe, wie z.B. die Grenze der Belastbarkeit von XPS-G bei besonders hohen Gebäuden oder auch die Resistenz der Dämmung gegen Öle und Schadstoffe im Boden, für eine Dämmung an der Bodenplattenoberseite.

#### **Konstruktion:**

Um die Dämmebene der Außenwand-Dämmung und jene der Bodenplatten-Dämmung zu verbinden, muss die tragende Konstruktion so weit als möglich reduziert werden. Das gelingt durch Auflösung der Wand zu einzelnen „Höckern“ (auch „Auszahnung“ oder „warmer Fuß“ genannt).

Dabei werden die Lasten auf „Ministützen“ zusammengeführt. Die Höhe entspricht i.d.R. jener der Bodenplatten-Dämmung. Zwischen den Höckern wird aufgrund der Unempfindlichkeit gegen Feuchtigkeit und der geringen Wärmeleitfähigkeit XPS-G eingelegt. Bei Wänden mit besonderen Brandschutzanforderungen (z.B. Feuermauern) empfiehlt sich der Einsatz von Porenbeton als „Dämmung“ zwischen den Höckern.



Abbildung 2: Höckerausbildung [Schöberl & Pöll OEG]



Abbildung 3: Höckerausbildung [Schöberl & Pöll OEG]

Bei der Berechnung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten ist zu berücksichtigen, dass der Höcker deutlich höher als gewöhnlicher Stahlbeton bewehrt ist und daher auch die Wärmeleitfähigkeit ( $\lambda$ ) dementsprechend höher ist.

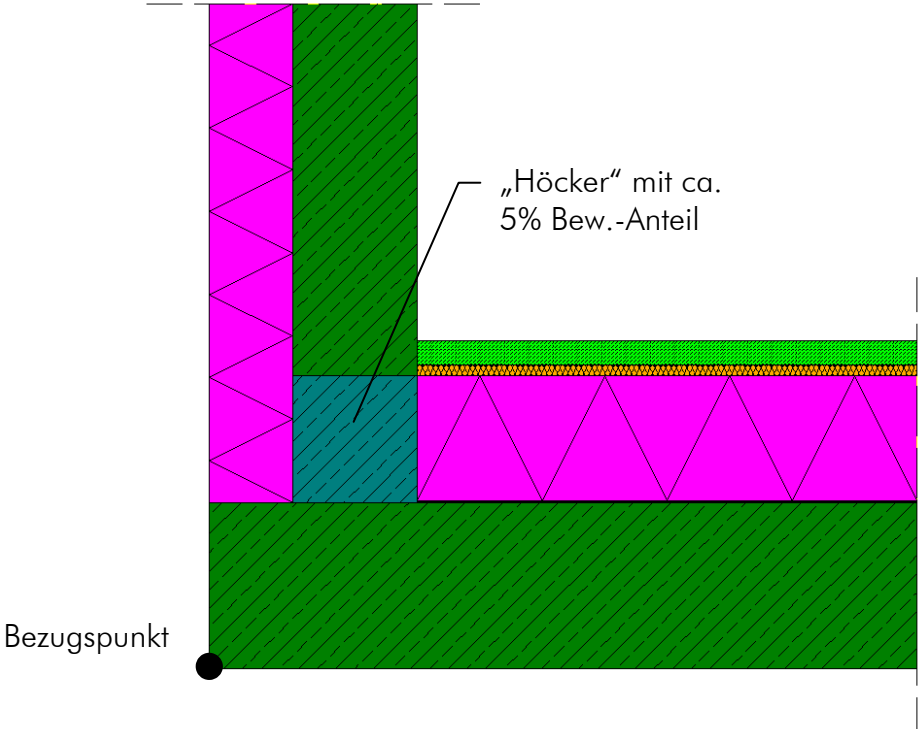
Auf die entsprechend fachgerechte Ausführung der Feuchtigkeitsabdichtung ist insbesondere im Bereich der Höcker zu achten. Soll eine bituminöse Abdichtung aufgebracht werden, ist die Oberfläche der Höcker mit einer Spachtelmasse zu schützen (Flämmschutz). Werden die Höcker im Bereich der Feuchtigkeitsabdichtung angeordnet, stellt diese auch gleichzeitig die luftdichte Ebene dar. Ist das nicht der Fall – Bsp.: EG Niedrigenergiehaus, Obergeschoss Passivhaus – ist die Luftdichtheit durch geeignete Maßnahmen wie beispielsweise durch dauerhafte Abklebung oder Aufklämmen einer bituminösen Abdichtung luftdicht anzudichten.

## Aufbauten:

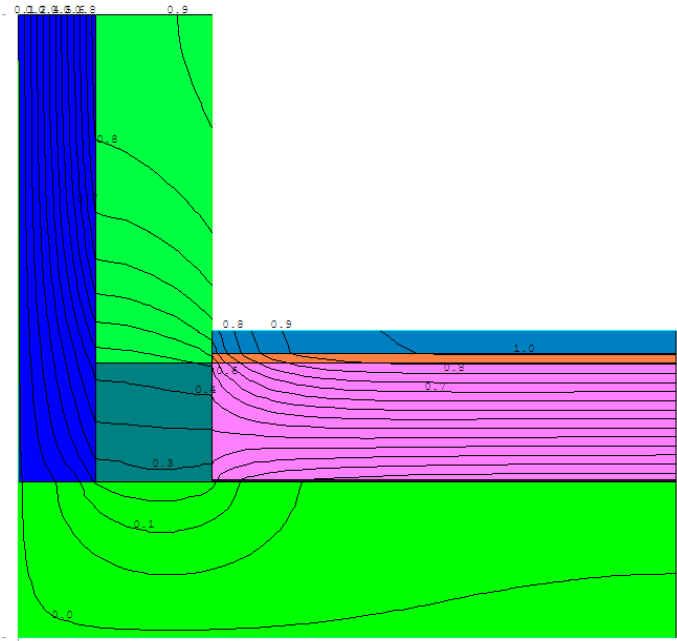
Kelleraußenwand									
Wärmeübergangswiderstand [m²K/W]					innen R <sub>si</sub> :	0,13			
					außen R <sub>se</sub> :	0,00			
Teilfläche 1	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Dichte ρ [kg/(m³)]	Flächeng. [kg/(m²)]	dyn. Steifigk. [MN/(m²)]	Teilfläche 2 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1. Erdreich	0,000								0
2. Noppenbahn mit integriertem Filtervlies (Gleitschicht)	0,000								0
3. XPS-G	0,038								200
4. Klebemörtel/Bitumenkleber	0,000								0
5. STB-Wand B1/B2 ("WU-Beton"; lt. statischem Erfordernis)	2,300								300
6. Spachtelung	0,000								0
7.									
					Flächenanteil Teilfläche 2		Flächenanteil Teilfläche 3		Summe
									<b>50,0</b> cm
									U-Wert: <b>0,181</b> W/(m²K)

Bodenplatte oberseitig gedämmt									
Wärmeübergangswiderstand [m²K/W]					innen R <sub>si</sub> :	0,17			
					außen R <sub>se</sub> :	0,00			
Teilfläche 1	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Dichte ρ [kg/(m³)]	Flächeng. [kg/(m²)]	dyn. Steifigk. [MN/(m²)]	Teilfläche 2 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1. Fußbodenbelag	0,000								0
2. Zementestrich E 225	1,400								60
3. PE-Folie	0,000								0
4. Trittschalldämmung EPS-T 28/25	0,044								25
5. Dampfsperre, sd ≥ 1.500m, Stöße verklebt oder verschweißt (z.B. Aluverbundfolie - PET/Alu/PET oder PET/Alu/PE)	0,000								0
6. EPS-W20 (Installationsebene für wärmeführende Leitungen)	0,038								300
7. F-Abdichtung 1 Lage E-KV-5 (beispielhaft für "Bodenfeuchte")	0,000								5
8. Voranstrich	2,300								
9. STB-Bodenplatte (lt. statischem Erfordernis)	0,000								400
10.									
					Flächenanteil Teilfläche 2		Flächenanteil Teilfläche 3		Summe
									<b>79,0</b> cm
									U-Wert: <b>0,115</b> W/(m²K)

Darstellungen:

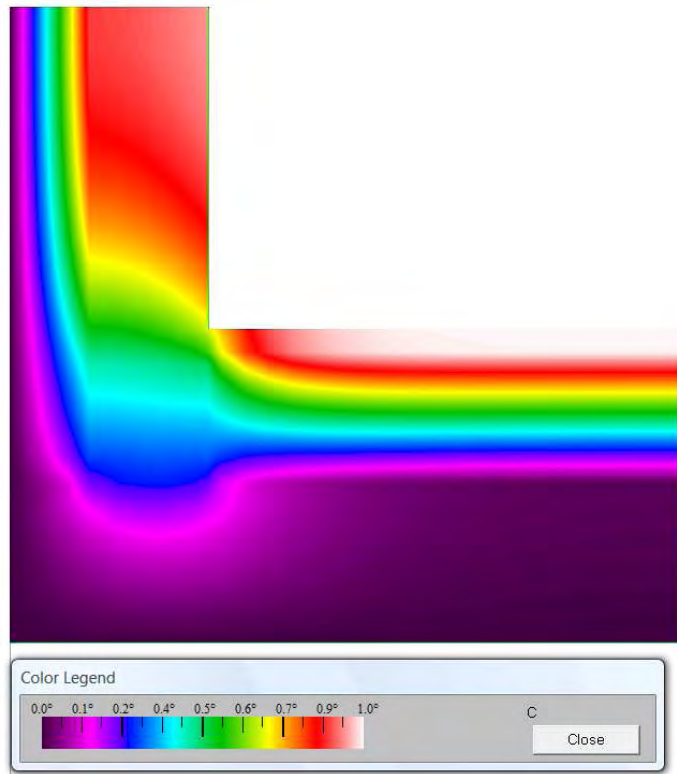


Systematischer Vertikalschnitt

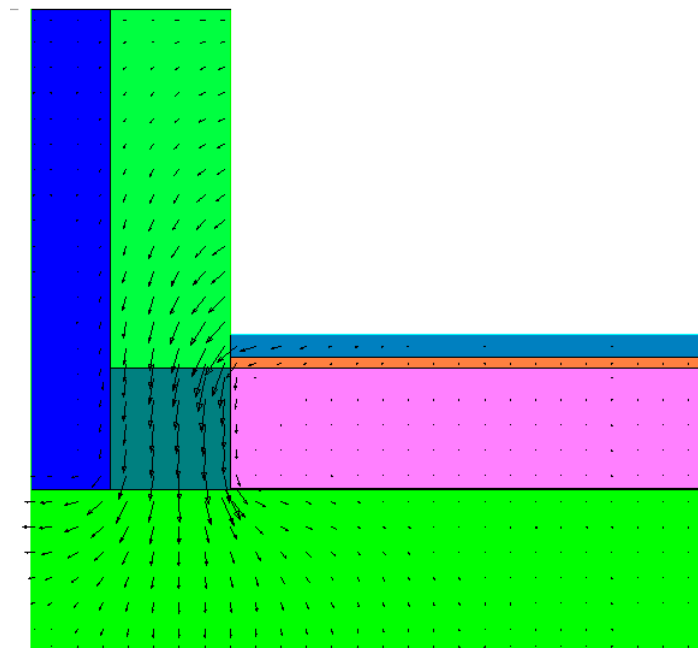


Isothermen-Darstellung





Falschfarben-Infrarot-Darstellung



Wärmestrom-Darstellung

Ergebnis der Wärmebrückenberechnung:

Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient  
 $\Psi = +0,804 \text{ W/(m.K)}$

### 3.3.8 tragende Innenwand / Bodenplatte (Massivbauweise)

#### Beschreibung:

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen den Schnittpunkt der tragenden Innenwand mit der Bodenplatte eines nicht unterkellerten mehrgeschossigen Gebäudes oder eines Gebäudes bei dem sich der Keller innerhalb der thermischen Gebäudehülle befindet. Das Erdreich wurde nicht mitmodelliert. Eine Modellierung der Wärmebrücke gegen Außenluft liegt auf der sicheren Seite. Diese Vorgangsweise wird auch im PHPP-Handbuch [FEI07] empfohlen, wegen geringerem Modellierungsaufwand. Der Einfluss des Erdreiches wird über die Temperaturkorrekturfaktoren hinreichend genug berücksichtigt.

Dieser Knotenpunkt ist ein typisches Beispiel dafür, dass bei einem mehrgeschossigen Gebäude aufgrund der statischen Gegebenheiten (vertikale Lastabtragung, Erdbeben,...) gewisse Wärmebrücken nicht vermeidbar sind und daher kompensiert werden müssen. Eine wärmebrückenarme Dämmung unter der Bodenplatte ist zwar denkbar und wird vereinzelt auch umgesetzt, es sprechen jedoch verschiedene Gründe, wie z.B. die Grenze der Belastbarkeit von XPS-G bei besonders hohen Gebäuden oder auch die Resistenz der Dämmung gegen Öle und Schadstoffe im Boden, für eine Dämmung an der Bodenplattenoberseite.

#### **Konstruktion:**

Um die Bodenplatten-Dämmung möglichst ohne Unterbrechung anordnen zu können, muss die tragende Konstruktion so weit als möglich reduziert werden. Das gelingt durch Auflösung der Wand zu einzelnen „Höckern“ (auch „Auszahnung“ oder „warmer Fuß“ genannt).

Dabei werden die Lasten auf „Ministützen“ zusammengeführt. Die Höhe entspricht i.d.R. jener der Bodenplatten-Dämmung. Zwischen den Höckern wird aufgrund der Unempfindlichkeit gegen Feuchtigkeit und der geringen Wärmeleitfähigkeit XPS-G eingelegt. Bei Wänden mit besonderen Brandschutzanforderungen (z.B. Brandmauern) empfiehlt sich der Einsatz von Porenbeton als „Dämmung“ zwischen den Höckern.

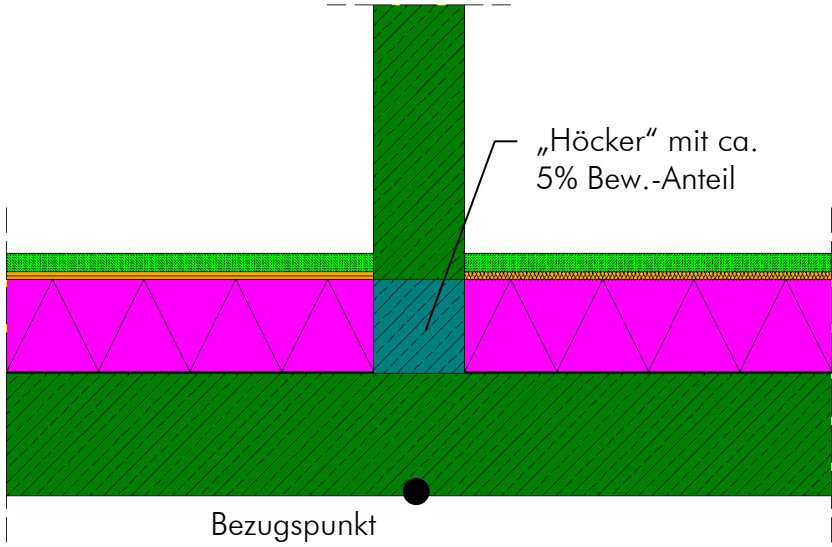
Bei der Berechnung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten ist zu berücksichtigen, dass der Höcker deutlich höher als gewöhnlicher Stahlbeton bewehrt ist und daher auch die Wärmeleitfähigkeit ( $\lambda$ ) dementsprechend höher ist.

## Aufbauten:

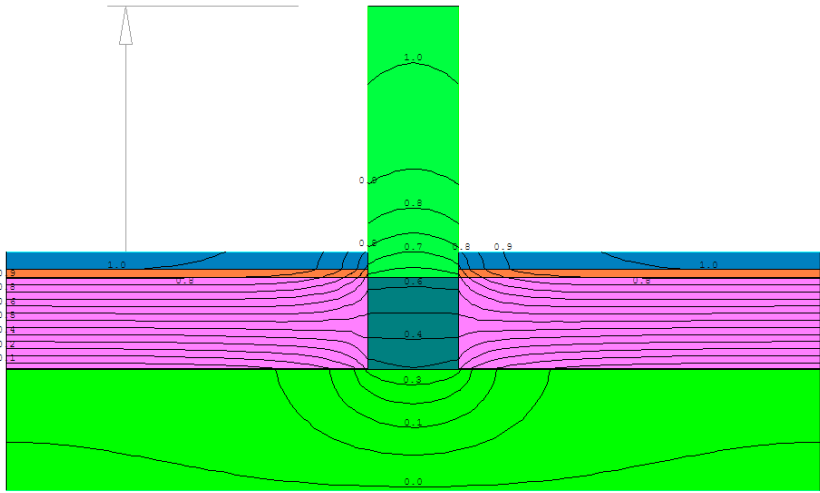
Innenwand tragend									
Wärmeübergangswiderstand [m²K/W]					innen R <sub>si</sub> :		0,13		
					außen R <sub>se</sub> :		0,13		
Teilfläche 1	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Dichte ρ [kg/(m³)]	Flächeng. dyn. [kg/(m²)]	Steifigk. [MN/(m²)]	Teilfläche 2 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1. Spachtelung	0,000								0
2. STB-Wand (lt. statischem Erfordernis)	2,300								300
3. Spachtelung	0,000								0
4.									
					Flächenanteil Teilfläche 2		Flächenanteil Teilfläche 3		Summe
									<b>30,0</b> cm
									<b>U-Wert: 2,561</b> W/(m²K)

Bodenplatte oberseitig gedämmt									
Wärmeübergangswiderstand [m²K/W]					innen R <sub>si</sub> :		0,17		
					außen R <sub>se</sub> :		0,00		
Teilfläche 1	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Dichte ρ [kg/(m³)]	Flächeng. dyn. [kg/(m²)]	Steifigk. [MN/(m²)]	Teilfläche 2 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1. Fußbodenbelag	0,000								0
2. Zementestrich E 225	1,400								60
3. PE-Folie	0,000								0
4. Trittschalldämmung EPS-T 28/25	0,044								25
5. Dampfsperre, sd ≥ 1.500m, Stöße verklebt oder verschweißt (z.B. Aluverbundfolie - PET/Alu/PET oder PET/Alu/PE)	0,000								0
6. EPS-W20 (Installationsebene für wärmeführende Leitungen)	0,038								300
7. F-Abdichtung 1 Lage E-KV-5 (beispielhaft für "Bodenfeuchte")	0,000								5
8. Voranstrich	2,300								
9. STB-Bodenplatte (lt. statischem Erfordernis)	0,000								400
10.									
					Flächenanteil Teilfläche 2		Flächenanteil Teilfläche 3		Summe
									<b>79,0</b> cm
									<b>U-Wert: 0,115</b> W/(m²K)

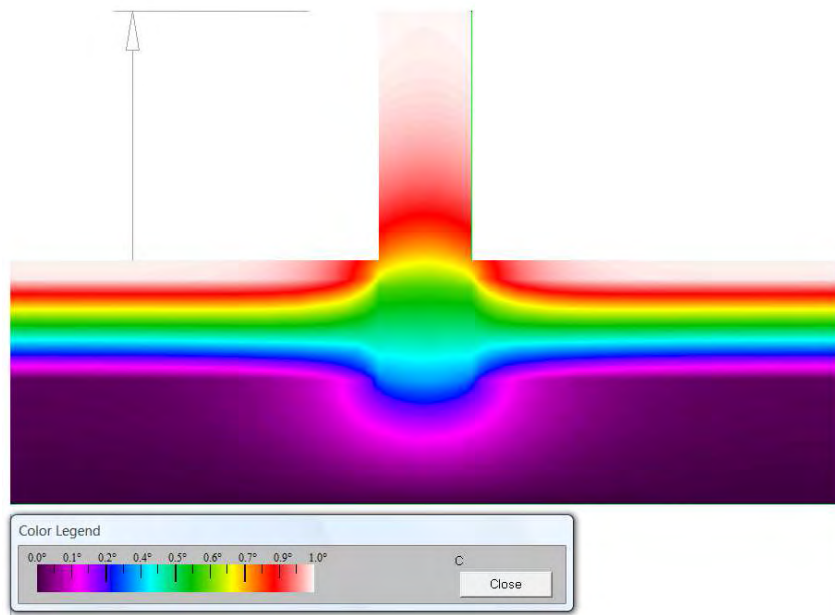
Darstellungen:



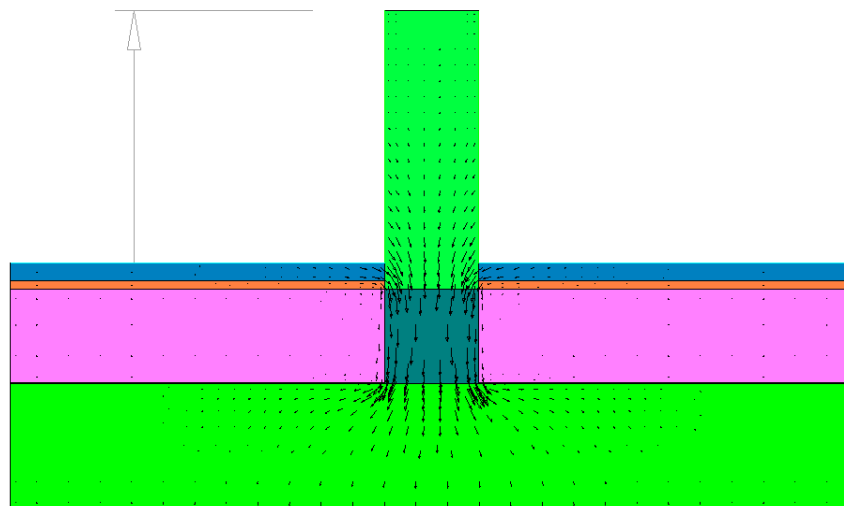
Systematischer Vertikalschnitt



Isothermen-Darstellung



Falschfarben-Infrarot-Darstellung



Wärmestrom-Darstellung

Ergebnis der Wärmebrückenberechnung:

Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient  
 $\Psi = +1,168 \text{ W/(m.K)}$

### 3.3.9 tragende Außenwand / Kellerdecke - Dämmung oben (Massivbauweise)

#### Beschreibung:

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen den Schnittpunkt der tragenden Außenwand mit der Kellerdecke eines unterkellerten mehrgeschossigen Gebäudes. Der Keller befindet sich nicht innerhalb der thermischen Gebäudehülle. Wegen zwei unterschiedlichen Temperaturrandbedingungen (außen und unbeheizt) werden für diese Wärmebrücke zwei längenbezogene Wärmedurchgangskoeffizienten angegeben – einer für die Aussenwand, welche an die Außenluft grenzt und einer für die Kellerdecke, welche an den unbeheizten Keller grenzt.

Dieser Knotenpunkt ist ein typisches Beispiel dafür, dass bei einem mehrgeschossigen Gebäude aufgrund der statischen Gegebenheiten (vertikale Lastabtragung, Erdbeben,...) gewisse Wärmebrücken nicht vermeidbar sind und daher kompensiert werden müssen.

#### **Konstruktion:**

Hinsichtlich der Wärmebrückenwirkung ist es relativ unerheblich, ob die Dämmebene oberhalb oder unterhalb der Kellerdecke angeordnet wird. In beiden Fällen besteht die Herausforderung darin, die Dämmebene der Außenwand-Dämmung und jene der Kellerdecken-Dämmung zu verbinden. Dazu muss die tragende Konstruktion so weit als möglich reduziert werden. Das gelingt durch Auflösung der Wand zu einzelnen „Höckern“ (auch „Auszahnung“ oder „warmer Fuß“ genannt).

Dabei werden die Lasten auf „Ministützen“ zusammengeführt. Die Höhe entspricht i.d.R. jener der Kellerdecken-Dämmung. Zwischen den Höckern wird aufgrund der Unempfindlichkeit gegen Feuchtigkeit und der geringen Wärmeleitfähigkeit XPS-G eingelegt. Bei Wänden mit besonderen Brandschutzanforderungen (z.B. Feuermauern) empfiehlt sich der Einsatz von Porenbeton als „Dämmung“ zwischen den Höckern.

Bei der Berechnung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten ist zu berücksichtigen, dass der Höcker deutlich höher als gewöhnlicher Stahlbeton bewehrt ist und daher auch die Wärmeleitfähigkeit ( $\lambda$ ) dementsprechend höher ist.

Auf die entsprechend fachgerechte Ausführung der Feuchtigkeitsabdichtung ist insbesondere im Bereich der Höcker zu achten. Soll eine bituminöse Abdichtung aufgebracht werden, ist die Oberfläche der Höcker mit einer Spachtelmasse zu schützen (Flämmschutz). Werden die Höcker im Bereich der Feuchtigkeitsabdichtung angeordnet, stellt diese auch gleichzeitig die luftdichte Ebene dar. Ist das nicht der Fall – Bsp.: EG Niedrigenergiehaus, Obergeschoss Passivhaus – ist die Luftdichtheit durch geeignete Maßnahmen wie beispielsweise durch dauerhafte Abklebung oder Aufflämmen einer bituminösen Abdichtung luftdicht anzudichten.

## Aufbauten:

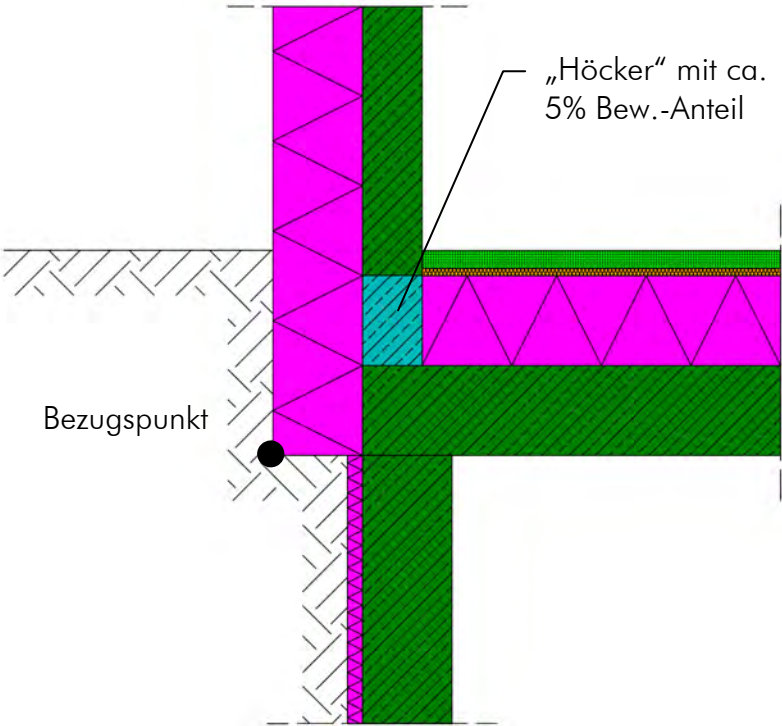
Außenwand									
Wärmeübergangswiderstand [m²K/W]					innen R <sub>si</sub> :	0,13			
					außen R <sub>se</sub> :	0,04			
Teilfläche 1	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Dichte ρ [kg/(m³)]	Flächeng. dyn. [kg/(m²)]	Steifigk. [MN/(m²)]	Teilfläche 2 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1. Deckschicht	0,000								0
2. EPS-F	0,032								300
3. Klebemörtel	0,000								0
4. STB-Wand (lt. statischem Erfordernis)	2,300								200
5. Spachtelung	0,000								0
6.									
					Flächenanteil Teilfläche 2		Flächenanteil Teilfläche 3		Summe
									50,0 cm
<b>U-Wert:</b>									<b>0,104</b> W/(m²K)

Kelleraußenwand									
Wärmeübergangswiderstand [m²K/W]					innen R <sub>si</sub> :	0,13			
					außen R <sub>se</sub> :	0,00			
Teilfläche 1	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Dichte ρ [kg/(m³)]	Flächeng. dyn. [kg/(m²)]	Steifigk. [MN/(m²)]	Teilfläche 2 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1. Erdreich	0,000								0
2. Noppenbahn mit integriertem Filtervlies (Gleitschicht)	0,000								0
3. XPS-G	0,035								50
4. Klebemörtel/ Bitumenkleber	0,000								0
5. STB-Wand B1/B2 ("WU-Beton"; lt. statischem Erfordernis)	2,300								300
6. Spachtelung	0,000								0
7.									
					Flächenanteil Teilfläche 2		Flächenanteil Teilfläche 3		Summe
									35,0 cm
<b>U-Wert:</b>									<b>0,592</b> W/(m²K)

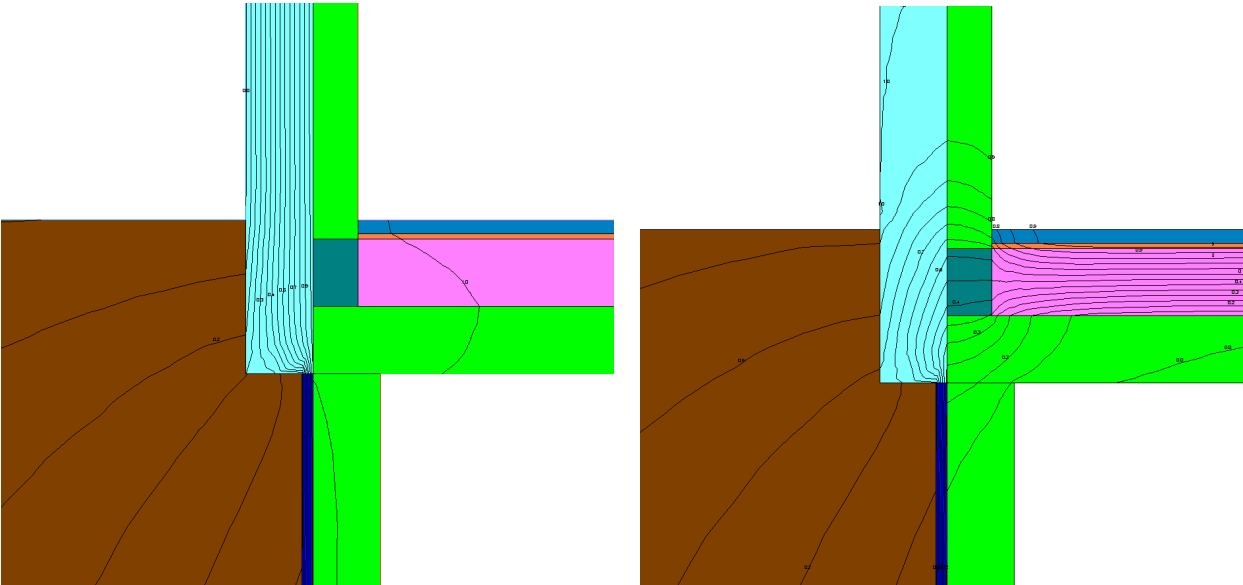
Kellerdecke oberseitig gedämmt									
Wärmeübergangswiderstand [m²K/W]					innen R <sub>si</sub> :	0,17			
					außen R <sub>se</sub> :	0,17			
Teilfläche 1	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Dichte ρ [kg/(m³)]	Flächeng. dyn. [kg/(m²)]	Steifigk. [MN/(m²)]	Teilfläche 2 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1. Fußbodenbelag	0,000								0
2. Zementestrich E 225	1,400								60
3. PE-Folie	0,000								0
4. Trittschalldämmung EPS-T 28/25	0,044								25
5. Dampfsperre, sd ≥ 200m, Stöße verklebt oder verschweißt (z.B. 2xPE-Folie 0,20mm)	0,000								0
6. EPS-W20 (Installationsebene für wärmeführende Leitungen)	0,038								300
7. STB-Decke (lt. statischem Erfordernis)	2,300								300
8.									
					Flächenanteil Teilfläche 2		Flächenanteil Teilfläche 3		Summe
									68,5 cm
<b>U-Wert:</b>									<b>0,111</b> W/(m²K)

Erdreich: Wärmeleitfähigkeit  $\lambda = 2,0 \text{ W/(m.K)}$

Darstellungen:

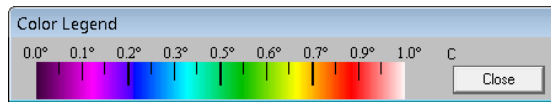
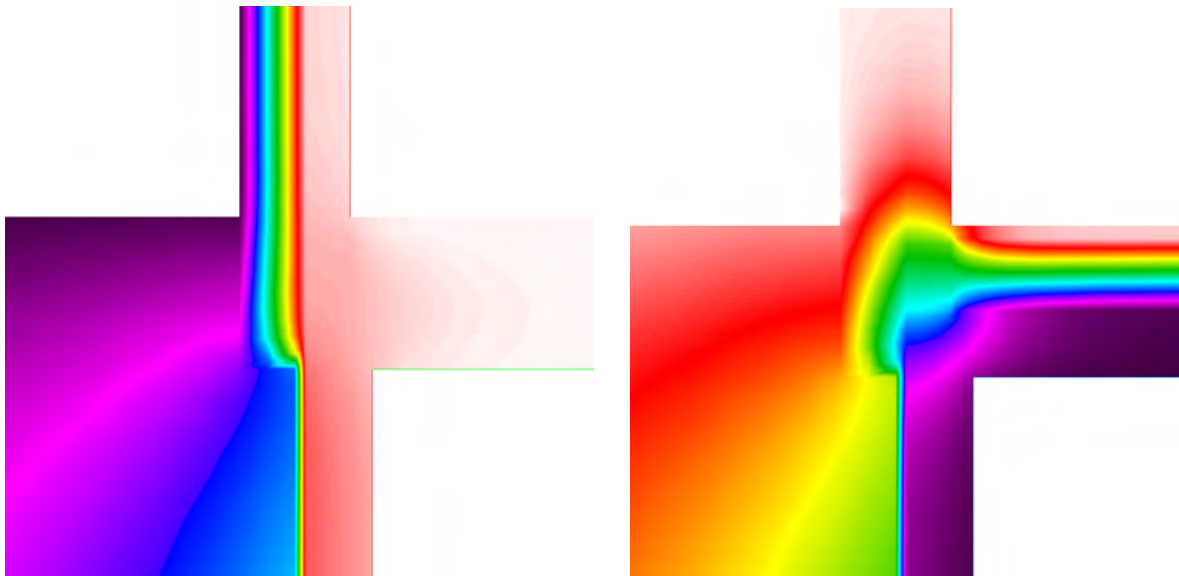


Systematischer Vertikalschnitt

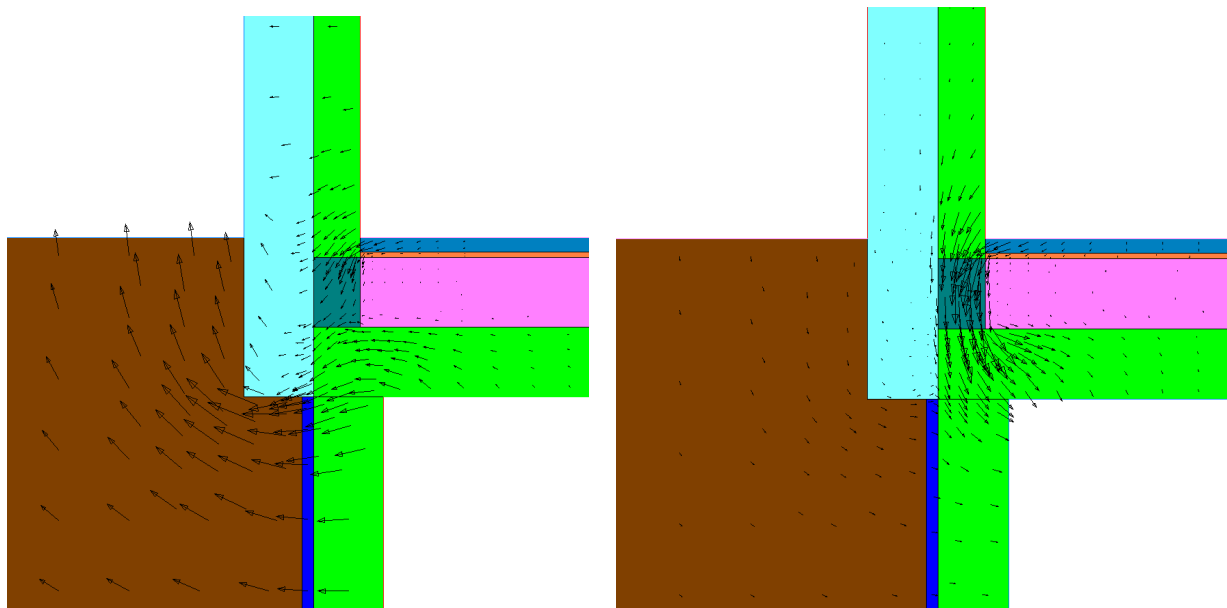


Isothermen-Darstellung  
(links Wärmetransport nur nach Außen, rechts Wärmetransport nur zum unbeheizten Keller)





Falschfarben-Infrarot-Darstellung  
 (links Wärmetransport nur nach Außen, rechts Wärmetransport nur zum unbeheizten Keller)



Wärmestrom-Darstellung  
 (links Wärmetransport nur nach Außen, rechts Wärmetransport nur zum unbeheizten Keller)

Ergebnis der Wärmebrückenberechnung:

Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient für die Aussenwand  
 $\Psi = -0,024 \text{ W}/(\text{m.K})$

Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient für die Kellerdecke  
 $\Psi = +0,607 \text{ W}/(\text{m.K})$

### 3.3.10 tragende Innenwand / Kellerdecke - Dämmung oben (Massivbauweise)

#### Beschreibung:

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen den Schnittpunkt der tragenden Innenwand mit der Kellerdecke eines unterkellerten mehrgeschossigen Gebäudes. Der Keller befindet sich nicht innerhalb der thermischen Gebäudehülle. Das Erdreich wurde nicht mitmodelliert. Eine Modellierung der Wärmebrücke gegen Außenluft liegt auf der sicheren Seite. Diese Vorgangsweise wird auch im PHPP-Handbuch [FEI07] empfohlen, wegen geringerem Modellierungsaufwand. Der Einfluss des Erdreiches (auf die Kellertemperatur) wird über die Temperaturkorrekturfaktoren hinreichend genug berücksichtigt.

Dieser Knotenpunkt ist ein typisches Beispiel dafür, dass bei einem mehrgeschossigen Gebäude aufgrund der statischen Gegebenheiten (vertikale Lastabtragung, Erdbeben,...) gewisse Wärmebrücken nicht vermeidbar sind und daher kompensiert werden müssen.

#### **Konstruktion:**

Hinsichtlich der Wärmebrückenwirkung ist es relativ unerheblich, ob die Dämmebene oberhalb oder unterhalb der Kellerdecke angeordnet wird. In beiden Fällen besteht die Herausforderung darin, die Dämmebene der Außenwand-Dämmung und jene der Kellerdecken-Dämmung zu verbinden. Dazu muss die tragende Konstruktion so weit als möglich reduziert werden. Das gelingt durch Auflösung der Wand zu einzelnen „Höckern“.

Dabei werden die Lasten auf „Ministützen“ zusammengeführt. Die Höhe entspricht i.d.R. jener der Kellerdecken-Dämmung. Zwischen den Höckern wird aufgrund der Unempfindlichkeit gegen Feuchtigkeit und der geringen Wärmeleitfähigkeit XPS-G eingelegt. Bei Wänden mit besonderen Brandschutzanforderungen (z.B. Brandmauern) empfiehlt sich der Einsatz von Porenbeton als „Dämmung“ zwischen den Höckern.

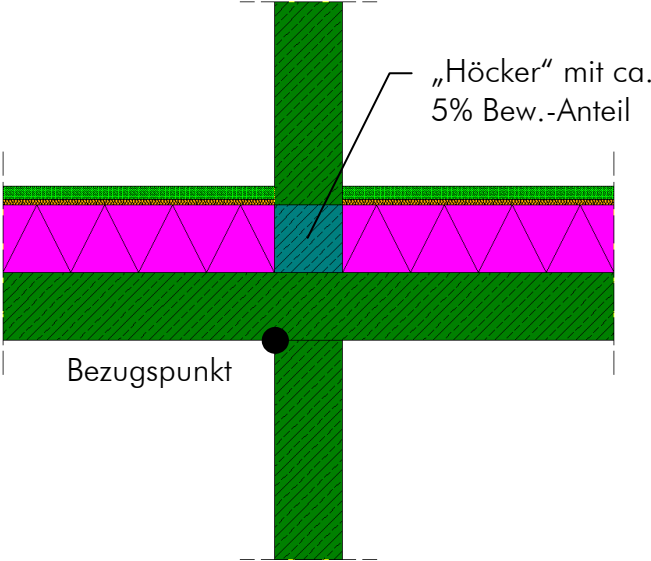
Bei der Berechnung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten ist zu berücksichtigen, dass der Höcker deutlich höher als gewöhnlicher Stahlbeton bewehrt ist und daher auch die Wärmeleitfähigkeit ( $\lambda$ ) dementsprechend höher ist.

## Aufbauten:

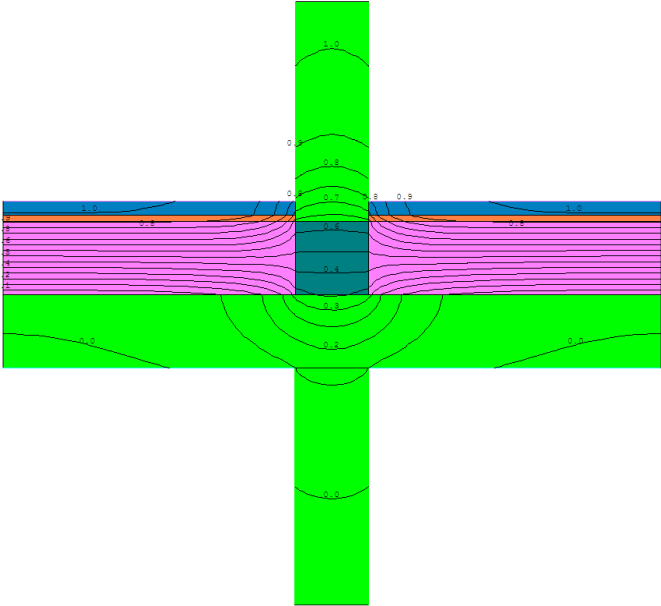
Innenwand tragend									
Wärmeübergangswiderstand [m <sup>2</sup> K/W]					innen R <sub>si</sub> :	0,13			
					außen R <sub>se</sub> :	0,13			
Teilfläche 1	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Dichte ρ [kg/(m <sup>3</sup> )]	Flächeng. [kg/(m <sup>2</sup> )]	dyn. Steifigk. [MN/(m <sup>2</sup> )]	Teilfläche 2 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1. Spachtelung	0,000								0
STB-Wand (lt. statischem Erfordernis)	2,300								300
2. Spachtelung	0,000								0
3. Spachtelung	0,000								0
4.									
					Flächenanteil Teilfläche 2		Flächenanteil Teilfläche 3		Summe
									<b>30,0</b> cm
									<b>U-Wert: 2,561</b> W/(m <sup>2</sup> K)

Kellerdecke oberseitig gedämmt									
Wärmeübergangswiderstand [m <sup>2</sup> K/W]					innen R <sub>si</sub> :	0,17			
					außen R <sub>se</sub> :	0,17			
Teilfläche 1	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Dichte ρ [kg/(m <sup>3</sup> )]	Flächeng. [kg/(m <sup>2</sup> )]	dyn. Steifigk. [MN/(m <sup>2</sup> )]	Teilfläche 2 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1. Fußbodenbelag	0,000								0
2. Zementestrich E 225	1,400								60
3. PE-Folie	0,000								0
4. Trittschalldämmung EPS-T 28/25	0,044								25
Dampfsperre, sd ≥ 200m, Stöße verklebt oder verschweißt (z.B. 2xPE-Folie 0,20mm)	0,000								0
5. EPS-W20 (Installationsebene für wärmeführende Leitungen)	0,038								300
6. STB-Decke (lt. statischem Erfordernis)	2,300								300
7. STB-Decke (lt. statischem Erfordernis)	2,300								300
8.									
					Flächenanteil Teilfläche 2		Flächenanteil Teilfläche 3		Summe
									<b>68,5</b> cm
									<b>U-Wert: 0,111</b> W/(m <sup>2</sup> K)

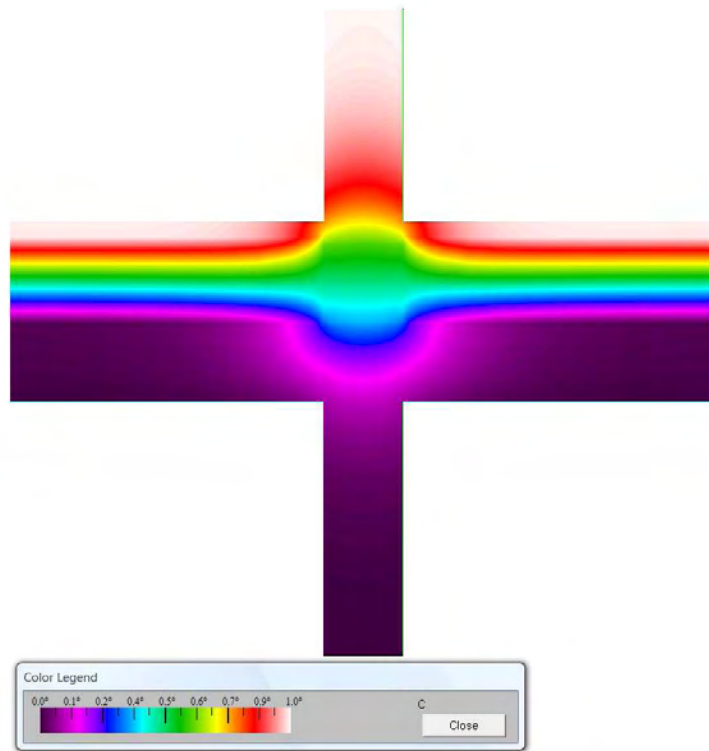
Darstellungen:



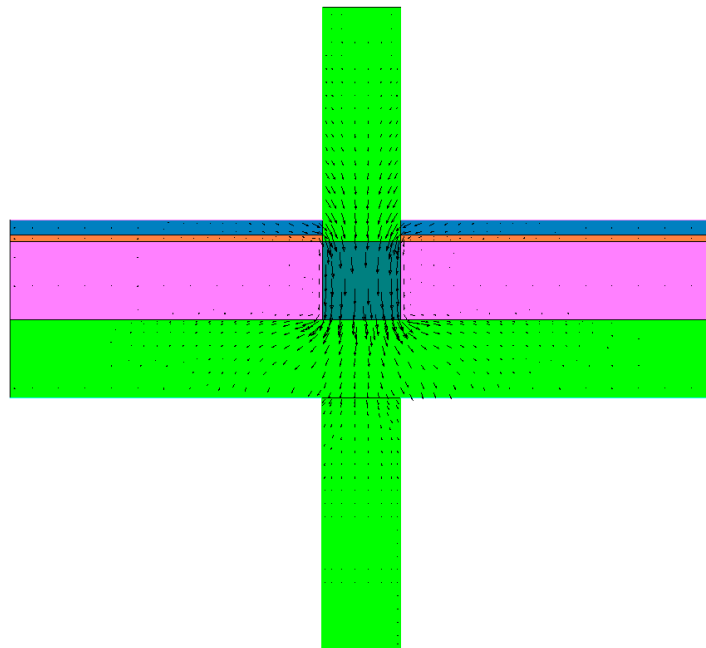
Systematischer Vertikalschnitt



Isothermen-Darstellung



Falschfarben-Infrarot-Darstellung



Wärmestrom-Darstellung

Ergebnis der Wärmebrückenberechnung:

Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient  
 $\Psi = +1,146 \text{ W/(m.K)}$

### 3.3.11 tragende Außenwand / Kellerdecke - Dämmung unten (Massivbauweise)

#### Beschreibung:

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen den Schnittpunkt der tragenden Außenwand mit der Kellerdecke eines unterkellerten mehrgeschossigen Gebäudes. Der Keller befindet sich nicht innerhalb der thermischen Gebäudehülle. Wegen zwei unterschiedlichen Temperaturrandbedingungen (außen und unbeheizt) werden für diese Wärmebrücke zwei längenbezogene Wärmedurchgangskoeffizienten angegeben – einer für die Aussenwand, welche an die Außenluft grenzt und einer für die Kellerdecke, welche an den unbeheizten Keller grenzt.

Dieser Knotenpunkt ist ein typisches Beispiel dafür, dass bei einem mehrgeschossigen Gebäude aufgrund der statischen Gegebenheiten (vertikale Lastabtragung, Erdbeben,...) gewisse Wärmebrücken nicht vermeidbar sind und daher kompensiert werden müssen.

#### **Konstruktion:**

Hinsichtlich der Wärmebrückenwirkung ist es relativ unerheblich, ob die Dämmebene oberhalb oder unterhalb der Kellerdecke angeordnet wird. In beiden Fällen besteht die Herausforderung darin, die Dämmebene der Außenwand-Dämmung und jene der Kellerdecken-Dämmung zu verbinden. Dazu muss die tragende Konstruktion so weit als möglich reduziert werden. Das gelingt durch Auflösung der Wand zu einzelnen „Höckern“ (auch „Auszahnung“ oder „warmer Fuß“ genannt).

Dabei werden die Lasten auf „Ministützen“ zusammengeführt. Die Höhe entspricht i.d.R. jener der Kellerdecken-Dämmung. Zwischen den Höckern wird aufgrund der Unempfindlichkeit gegen Feuchtigkeit und der geringen Wärmeleitfähigkeit XPS-G eingelegt. Bei Wänden mit besonderen Brandschutzanforderungen (z.B. Feuermauern) empfiehlt sich der Einsatz von Porenbeton als „Dämmung“ zwischen den Höckern.

Bei der Berechnung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten ist zu berücksichtigen, dass der Höcker deutlich höher als gewöhnlicher Stahlbeton bewehrt ist und daher auch die Wärmeleitfähigkeit ( $\lambda$ ) dementsprechend höher ist.

Auf die entsprechend fachgerechte Ausführung der Feuchtigkeitsabdichtung ist insbesondere im Bereich der Höcker zu achten. Soll eine bituminöse Abdichtung aufgebracht werden, ist die Oberfläche der Höcker mit einer Spachtelmasse zu schützen (Flämmschutz). Werden die Höcker im Bereich der Feuchtigkeitsabdichtung angeordnet, stellt diese auch gleichzeitig die luftdichte Ebene dar. Ist das nicht der Fall – Bsp.: EG Niedrigenergiehaus, Obergeschoss Passivhaus – ist die Luftdichtheit durch geeignete Maßnahmen wie beispielsweise durch dauerhafte Abklebung oder Aufklämmen einer bituminösen Abdichtung luftdicht anzudichten.

## Aufbauten:

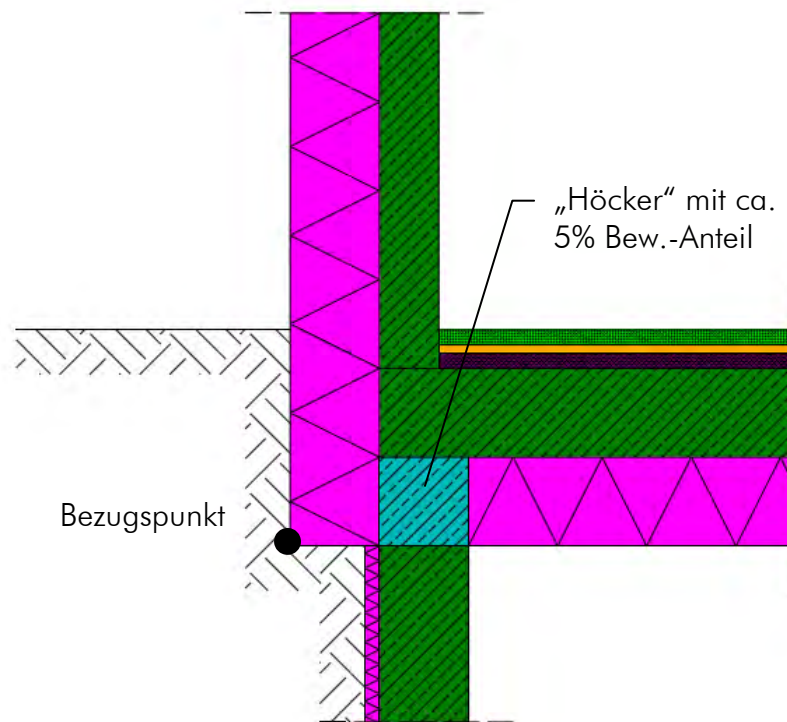
Außenwand									
Wärmeübergangswiderstand [m²K/W]					innen R <sub>si</sub> :	0,13			
					außen R <sub>se</sub> :	0,04			
Teilfläche 1	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Dichte ρ [kg/(m³)]	Flächeng. dyn. [kg/(m²)]	Steifigk. [MN/(m²)]	Teilfläche 2 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1. Deckschicht	0,000								0
2. EPS-F	0,032								300
3. Klebemörtel	0,000								0
4. STB-Wand (lt. statischem Erfordernis)	2,300								200
5. Spachtelung	0,000								0
6.									
					Flächenanteil Teilfläche 2		Flächenanteil Teilfläche 3		Summe
									50,0 cm
									<b>U-Wert:</b> 0,104 W/(m²K)

Kelleraußenwand									
Wärmeübergangswiderstand [m²K/W]					innen R <sub>si</sub> :	0,13			
					außen R <sub>se</sub> :	0,00			
Teilfläche 1	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Dichte ρ [kg/(m³)]	Flächeng. dyn. [kg/(m²)]	Steifigk. [MN/(m²)]	Teilfläche 2 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1. Erdreich	0,000								0
2. Noppenbahn mit integriertem Filtervlies (Gleitschicht)	0,000								0
3. XPS-G	0,035								50
4. Klebemörtel/ Bitumenkleber	0,000								0
5. STB-Wand B1/B2 ("WU-Beton"; lt. statischem Erfordernis)	2,300								300
6. Spachtelung	0,000								0
7.									
					Flächenanteil Teilfläche 2		Flächenanteil Teilfläche 3		Summe
									35,0 cm
									<b>U-Wert:</b> 0,592 W/(m²K)

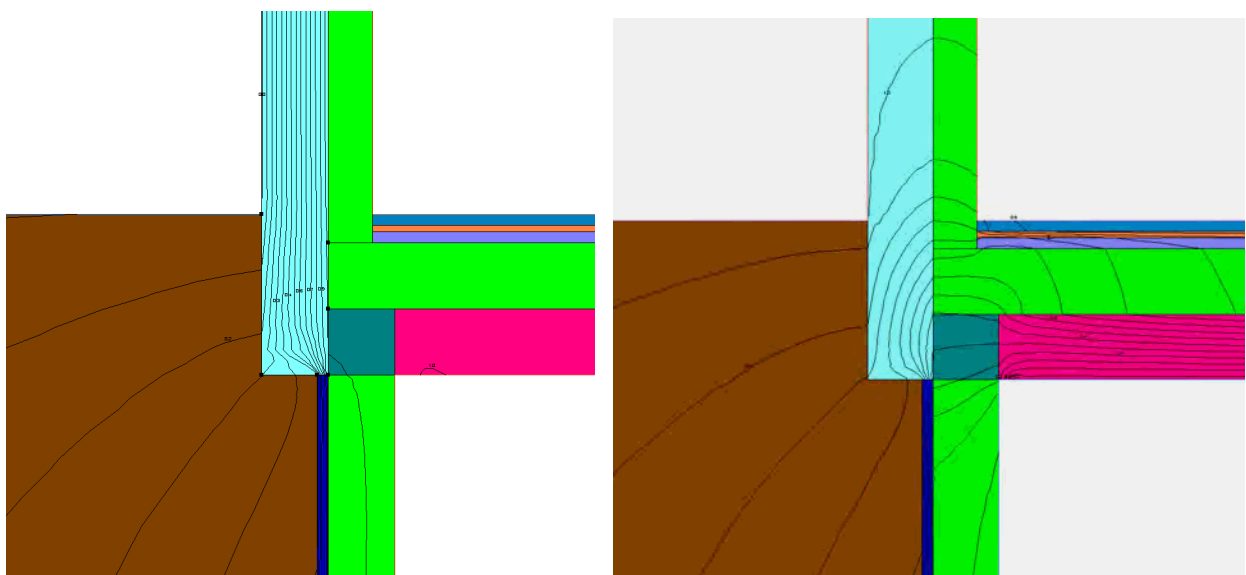
Kellerdecke unterseitig gedämmt									
Wärmeübergangswiderstand [m²K/W]					innen R <sub>si</sub> :	0,17			
					außen R <sub>se</sub> :	0,17			
Teilfläche 1	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Dichte ρ [kg/(m³)]	Flächeng. dyn. [kg/(m²)]	Steifigk. [MN/(m²)]	Teilfläche 2 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1. Fußbodenbelag	0,000								0
2. Zementestrich E 225	1,400								50
3. PE-Folie	0,000								0
4. Trittschalldämmung EPS-T 33/30	0,044								30
5. Dampfbremse, sd ≥ 120m, Stöße verklebt oder verschweißt (z.B. PE-Folie 0,25mm)	0,000								0
6. gebundene Ausgleichsschüttung (Ausgleichs- und Installationsebene)	0,200								50
7. STB-Decke (lt. statischem Erfordernis)	2,300								300
8. Klebemörtel	0,000								0
9. MW-PT	0,036								300
10. Deckschicht	0,000								0
11.									
					Flächenanteil Teilfläche 2		Flächenanteil Teilfläche 3		Summe
									73,0 cm
									<b>U-Wert:</b> 0,102 W/(m²K)

Erdreich: Wärmeleitfähigkeit  $\lambda = 2,0 \text{ W/(m.K)}$

Darstellungen:

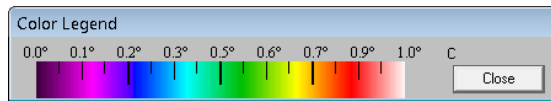


Systematischer Vertikalschnitt



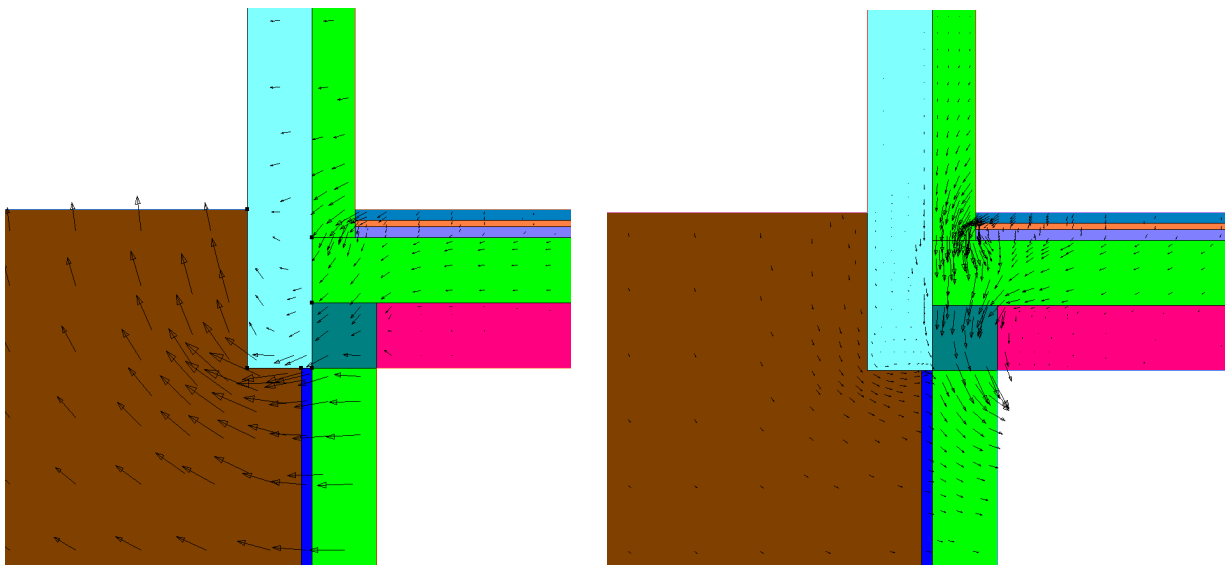
Isothermen-Darstellung  
(links Wärmetransport nur nach Außen, rechts Wärmetransport nur zum unbeheizten Keller)





Falschfarben-Infrarot-Darstellung

(links Wärmetransport nur nach Außen, rechts Wärmetransport nur zum unbeheizten Keller)



Wärmestrom-Darstellung

(links Wärmetransport nur nach Außen, rechts Wärmetransport nur zum unbeheizten Keller)

Ergebnis der Wärmebrückenberechnung:

Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient für die Aussenwand  
 $\Psi = +0,663 \text{ W/(m.K)}$

Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient für die Kellerdecke  
 $\Psi = +0,006 \text{ W/(m.K)}$

### 3.3.12 tragende Innenwand / Kellerdecke - Dämmung unten (Massivbauweise)

#### **Beschreibung:**

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen den Schnittpunkt der tragenden Innenwand mit der Kellerdecke eines unterkellerten mehrgeschossigen Gebäudes. Der Keller befindet sich nicht innerhalb der thermischen Gebäudehülle.

Dieser Knotenpunkt ist ein typisches Beispiel dafür, dass bei einem mehrgeschossigen Gebäude aufgrund der statischen Gegebenheiten (vertikale Lastabtragung, Erdbeben,...) gewisse Wärmebrücken nicht vermeidbar sind und daher kompensiert werden müssen.

#### **Konstruktion:**

Hinsichtlich der Wärmebrückenwirkung ist es relativ unerheblich, ob die Dämmebene oberhalb oder unterhalb der Kellerdecke angeordnet wird. In beiden Fällen besteht die Herausforderung darin, die Dämmebene der Außenwand-Dämmung und jene der Kellerdecken-Dämmung zu verbinden. Dazu muss die tragende Konstruktion so weit als möglich reduziert werden. Das gelingt durch Auflösung der Wand zu einzelnen „Höckern“.

Dabei werden die Lasten auf „Ministützen“ zusammengeführt. Die Höhe entspricht i.d.R. jener der Kellerdecken-Dämmung. Zwischen den Höckern wird aufgrund der Unempfindlichkeit gegen Feuchtigkeit und der geringen Wärmeleitfähigkeit XPS-G eingelegt. Bei Wänden mit besonderen Brandschutzanforderungen (z.B. Brandmauern) empfiehlt sich der Einsatz von Porenbeton als „Dämmung“ zwischen den Höckern.

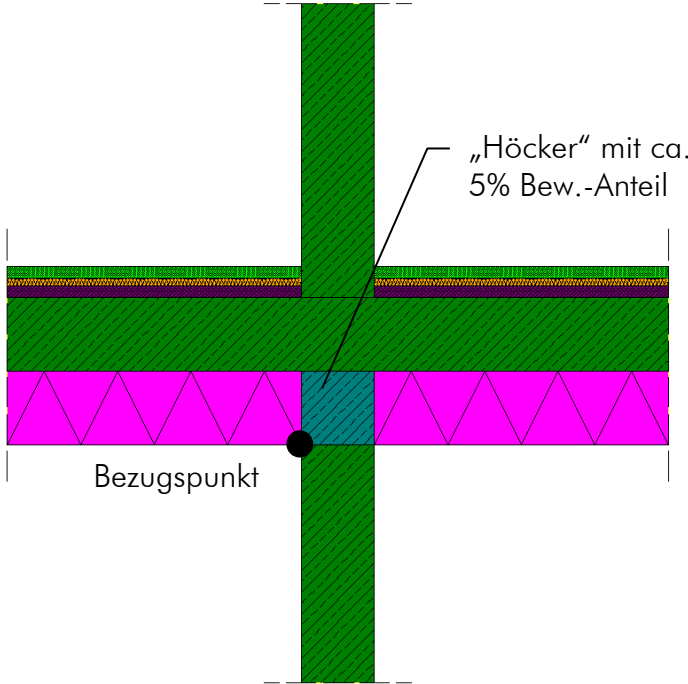
Bei der Berechnung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten ist zu berücksichtigen, dass der Höcker deutlich höher als gewöhnlicher Stahlbeton bewehrt ist und daher auch die Wärmeleitfähigkeit ( $\lambda$ ) dementsprechend höher ist.

## Aufbauten:

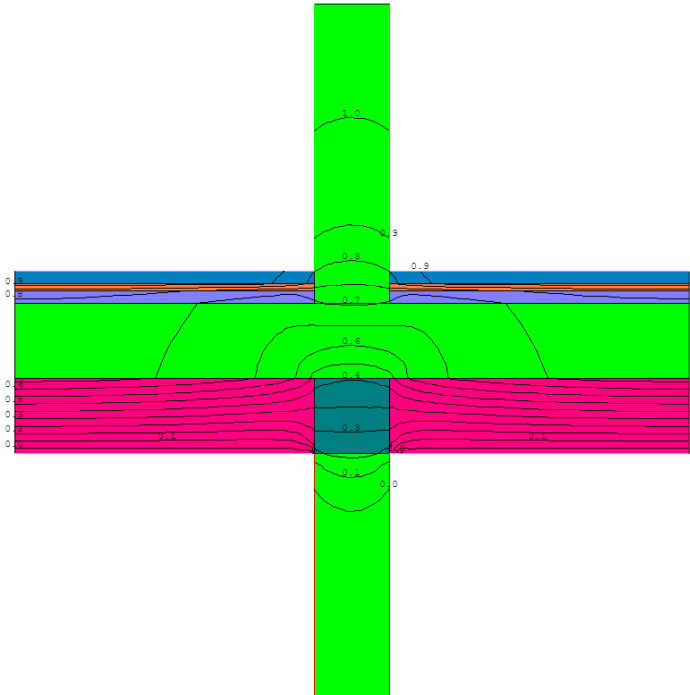
Innenwand tragend									
Wärmeübergangswiderstand [m <sup>2</sup> K/W]					innen R <sub>si</sub> :	0,13			
					außen R <sub>se</sub> :	0,13			
Teilfläche 1	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Dichte ρ [kg/(m <sup>3</sup> )]	Flächeng. [kg/(m <sup>2</sup> )]	dyn. Steifigk. [MN/(m <sup>2</sup> )]	Teilfläche 2 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1. Spachtelung	0,000								0
2. STB-Wand (lt. statischem Erfordernis)	2,300								300
3. Spachtelung	0,000								0
4.									
					Flächenanteil Teilfläche 2		Flächenanteil Teilfläche 3		Summe
									<b>30,0</b> cm
									<b>U-Wert: 2,561</b> W/(m <sup>2</sup> K)

Kellerdecke unterseitig gedämmt									
Wärmeübergangswiderstand [m <sup>2</sup> K/W]					innen R <sub>si</sub> :	0,17			
					außen R <sub>se</sub> :	0,17			
Teilfläche 1	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Dichte ρ [kg/(m <sup>3</sup> )]	Flächeng. [kg/(m <sup>2</sup> )]	dyn. Steifigk. [MN/(m <sup>2</sup> )]	Teilfläche 2 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1. Fußbodenbelag	0,000								0
2. Zementestrich E 225	1,400								50
3. PE-Folie	0,000								0
4. Trittschalldämmung EPS-T 33/30	0,044								30
5. Dampfbremse, sd ≥ 120m, Stöße verklebt oder verschweißt (z.B. PE-Folie 0,25mm)	0,000								0
6. gebundene Ausgleichsschüttung (Ausgleichs- und Installationsebene)	0,200								50
7. STB-Decke (lt. statischem Erfordernis)	2,300								300
8. Klebemörtel	0,000								0
9. MW-PT	0,036								300
10. Deckschicht	0,000								0
11.									
					Flächenanteil Teilfläche 2		Flächenanteil Teilfläche 3		Summe
									<b>73,0</b> cm
									<b>U-Wert: 0,102</b> W/(m <sup>2</sup> K)

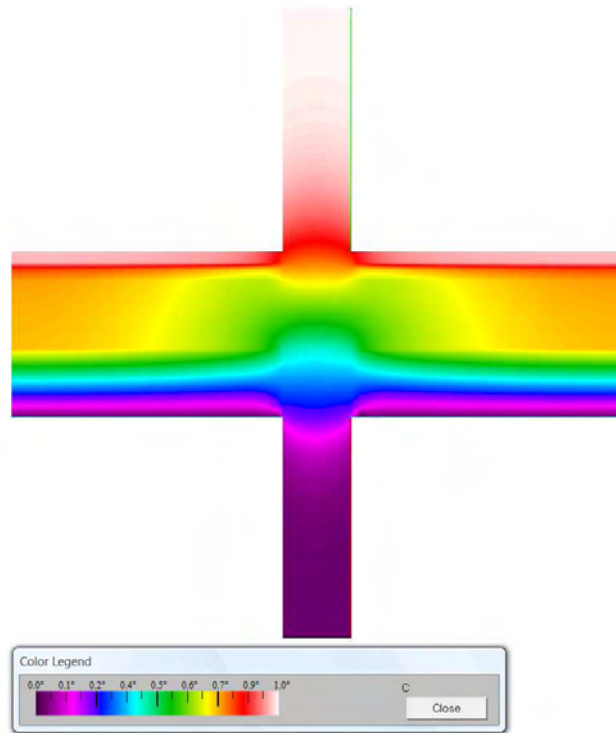
Darstellungen:



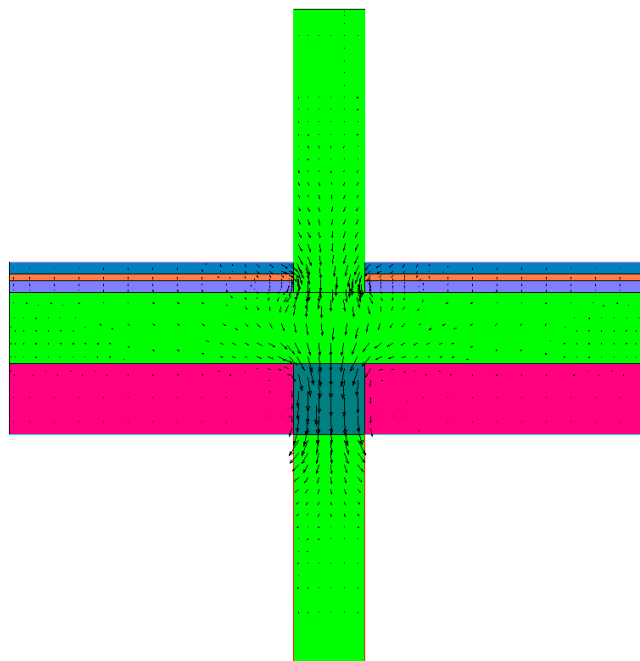
Systematischer Vertikalschnitt



Isothermen-Darstellung



Falschfarben-Infrarot-Darstellung



Wärmestrom-Darstellung

Ergebnis der Wärmebrückenberechnung:

Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient  
 $\Psi = +1,011 \text{ W/(m.K)}$

### 3.3.13 tragende Außenwand / Kellerdecke - Dämmung beidseitig (Massivbauweise)

#### Beschreibung:

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen den Schnittpunkt der tragenden Außenwand mit der Kellerdecke eines unterkellerten mehrgeschossigen Gebäudes. Der Keller befindet sich nicht innerhalb der thermischen Gebäudehülle. Wegen zwei unterschiedlichen Temperaturrandbedingungen (außen und unbeheizt) werden für diese Wärmebrücke zwei längenbezogene Wärmedurchgangskoeffizienten angegeben – einer für die Aussenwand, welche an die Außenluft grenzt und einer für die Kellerdecke, welche an den unbeheizten Keller grenzt.

Dieser Knotenpunkt ist ein typisches Beispiel dafür, dass bei einem mehrgeschossigen Gebäude aufgrund der statischen Gegebenheiten (vertikale Lastabtragung, Erdbeben,...) gewisse Wärmebrücken nicht vermeidbar sind und daher kompensiert werden müssen.

#### **Konstruktion:**

Ist die regelmäßige Ausbildung von Höckern aus statischen Gründen nicht möglich und ist die reine Ausbildung einer Kellerdeckendämmung an der Deckenunterseite nicht wirtschaftlich, kann die Aufteilung der Dämmebenen ein sinnvoller Kompromiss sein. Dabei wird sinnvollerweise die untere Dämmebene verhältnismäßig gering gehalten, da dicke Dämmschichten an Untersichten stets teurer als Dämmungen an der Deckenoberseite sind. Das hängt sowohl mit der Art des Materials als auch mit den unterschiedlichen Verlegebedingungen zusammen. Überkopparbeiten sind naturgemäß teurer als Auflegearbeiten. Hinzu kommt, dass der Dämmstoff an der Kellerdeckenunterseite höhere Anforderungen an den Brandschutz aufweisen muss und daher teurer als die aufgelegte Dämmung in der Fußbodenkonstruktion ist. Ein weiterer Grund, der für eine möglichst geringe Dämmdicke an der Untersicht spricht, ist Verdübelung und die damit verbundene Wärmebrückenwirkung. Einlagige Dämmsysteme wie beispielsweise vliesummantelte Kellerdämmplatten müssen nur vereinzelt verdübelt werden. Vollwärmeschutzdämmungen könnten sogar vollkommen dübellos ausgeführt werden, müssen dafür aber mit einer Deckschicht (Putz) verkleidet werden.

Die Ausbildung der Höcker erfolgt dabei meist nur in der Ebene der oberen Dämmung, die wärmebrückenarme Ausführung an der Kellerdeckenuntersicht erfolgt mittels „Kragendämmungen“ (Tiefzug der Dämmung). Im gegenständlichen Fall wurde eine Kragendämmung von 50 cm ab Unterkante der Dämmung angesetzt.

Vom gänzlichen Entfall der Höcker, nur mit Ausbildung von Kragendämmungen, wird nach Möglichkeit abgeraten! Die Wärmeverluste wären sehr hoch und würden aufwendige Kompensationsmaßnahmen nach sich ziehen!

Zwischen den Höckern wird aufgrund der Unempfindlichkeit gegen Feuchtigkeit und der geringen Wärmeleitfähigkeit XPS-G eingelegt. Bei Wänden mit besonderen Brandschutzanforderungen (z.B. Feuermauern) empfiehlt sich der Einsatz von Porenbeton als „Dämmung“ zwischen den Höckern.

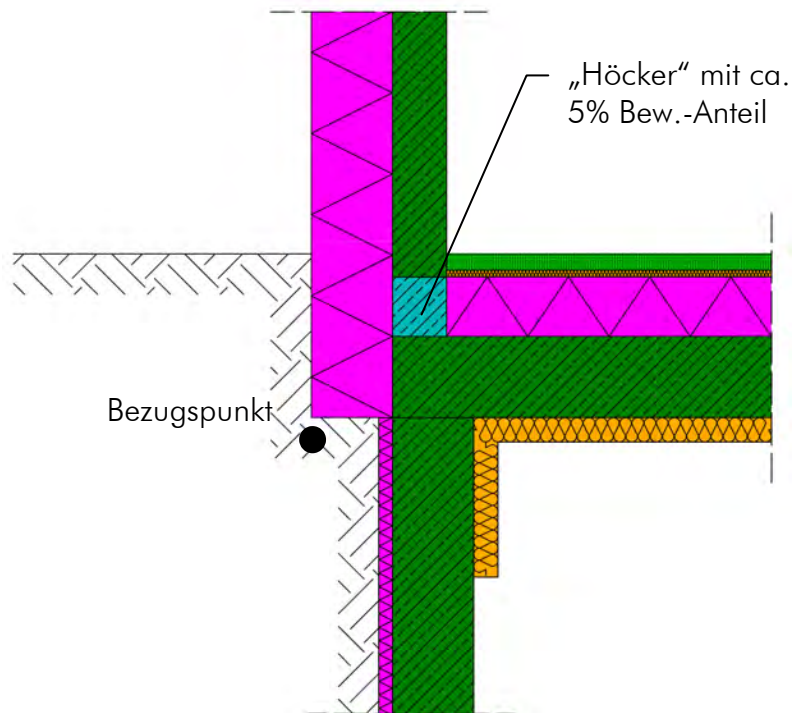


Kellerdecke beidseitig gedämmt									
Wärmeübergangswiderstand [m²K/W]							innen R <sub>si</sub> :	0,17	
							außen R <sub>se</sub> :	0,17	
Teilfläche 1	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Dichte ρ [kg/(m³)]	Flächeng. [kg/(m²)]	dyn. Steifigk. [MN/(m²)]	Teilfläche 2 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1. Fußbodenbelag	0,000								0
2. Zementestrich E 225	1,400								60
3. PE-Folie	0,000								0
4. Trittschalldämmung EPS-T 28/25	0,044								25
5. Dampfsperre, sd ≥ 200m, Stöße verklebt oder verschweißt (z.B. 2xPE-Folie 0,20mm)	0,000								0
6. EPS-W20 (Installationsebene für wärmeführende Leitungen)	0,038								220
7. STB-Decke (lt. statischem Erfordernis)	2,300								300
8. MW-W Kellerdämm- platte	0,033								90
9.									
					Flächenanteil Teilfläche 2		Flächenanteil Teilfläche 3		Summe
									<b>69,5</b> cm
								U-Wert:	<b>0,104</b> W/(m²K)

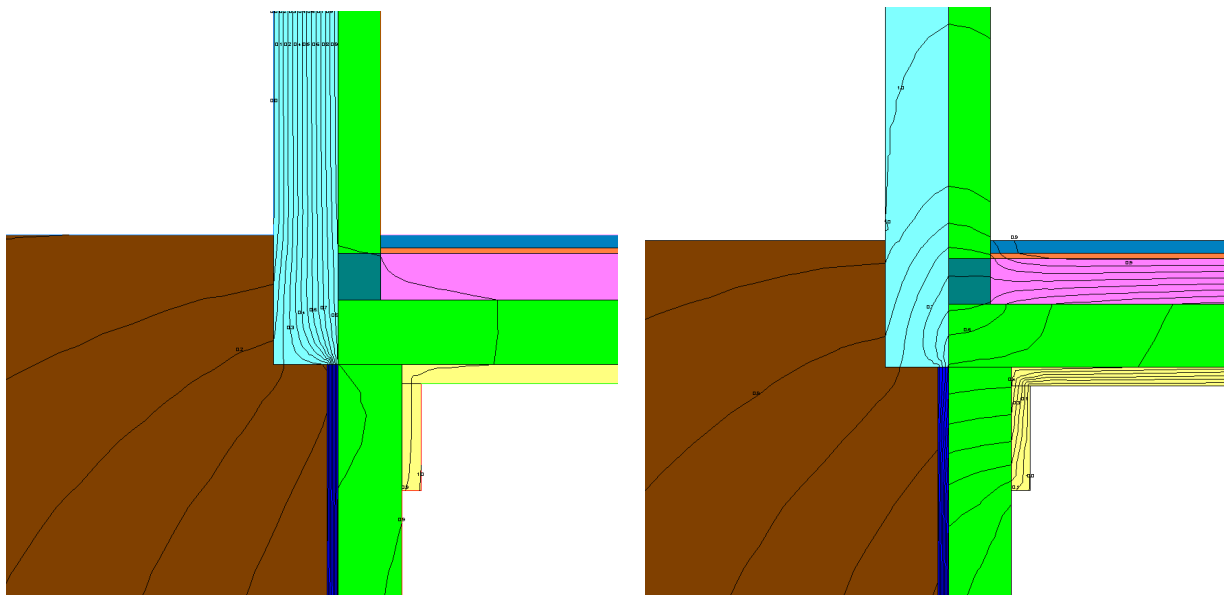
Erdreich: Wärmeleitfähigkeit  $\lambda = 2,0 \text{ W/(m.K)}$



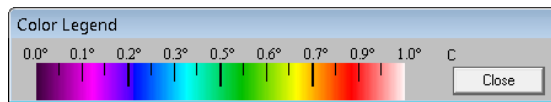
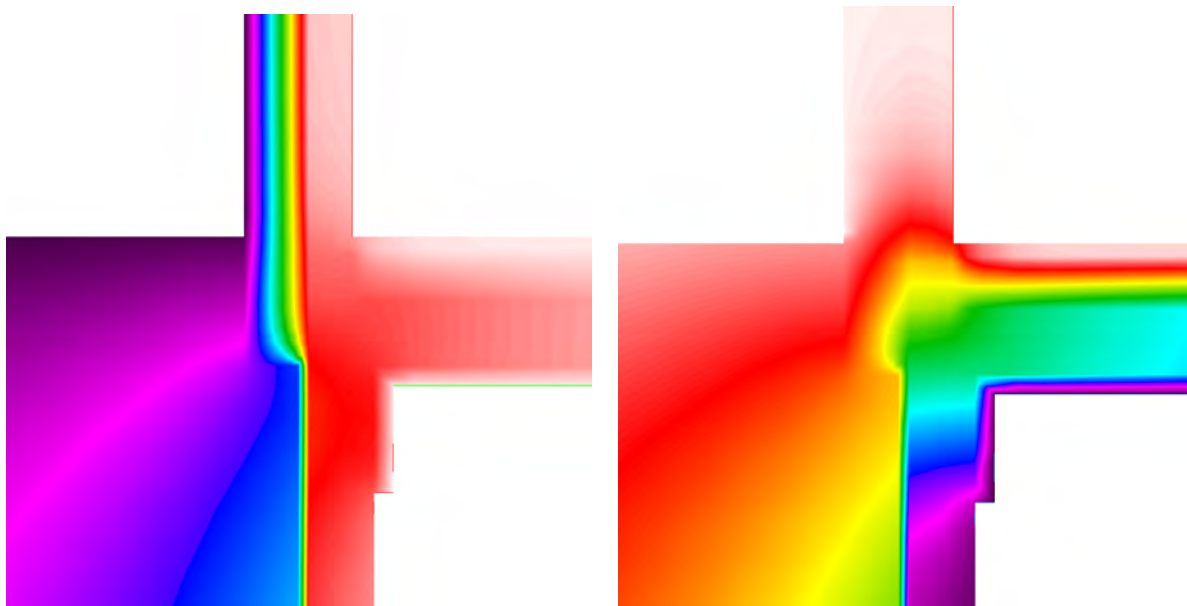
Darstellungen:



Systematischer Vertikalschnitt

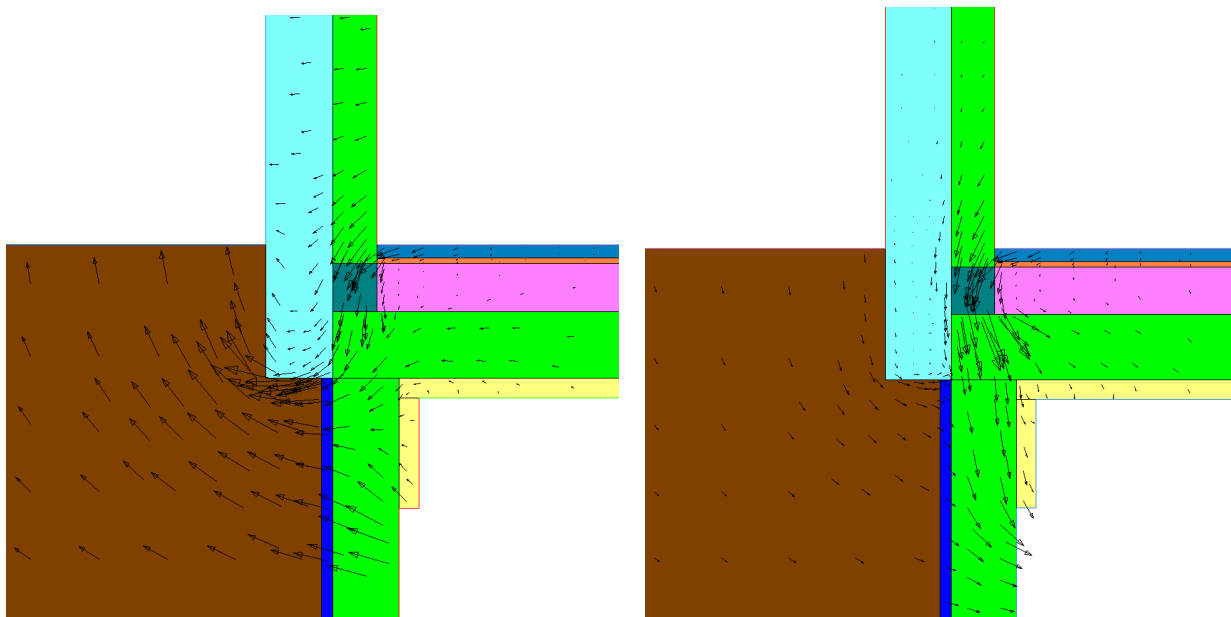


Isothermen-Darstellung  
(links Wärmetransport nur nach Außen, rechts Wärmetransport nur zum unbeheizten Keller)



Falschfarben-Infrarot-Darstellung

(links Wärmetransport nur nach Außen, rechts Wärmetransport nur zum unbeheizten Keller)



Wärmestrom-Darstellung

(links Wärmetransport nur nach Außen, rechts Wärmetransport nur zum unbeheizten Keller)

Ergebnis der Wärmebrückenberechnung:

Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient für die Aussenwand

$$\Psi = +0,048 \text{ W/(m.K)}$$

Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient für die Kellerdecke

$$\Psi = +0,336 \text{ W/(m.K)}$$

### 3.3.14 tragende Innenwand / Kellerdecke - Dämmung beidseitig (Massivbauweise)

#### Beschreibung:

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen den Schnittpunkt der tragenden Innenwand mit der Kellerdecke eines unterkellerten mehrgeschossigen Gebäudes. Der Keller befindet sich nicht innerhalb der thermischen Gebäudehülle. Das Erdreich wurde nicht mitmodelliert. Eine Modellierung der Wärmebrücke gegen Außenluft liegt auf der sicheren Seite. Diese Vorgangsweise wird auch im PHPP-Handbuch [FEI07] empfohlen, wegen geringerem Modellierungsaufwand. Der Einfluss des Erdreiches (auf die Kellertemperatur) wird über die Temperaturkorrekturfaktoren hinreichend genug berücksichtigt.

Dieser Knotenpunkt ist ein typisches Beispiel dafür, dass bei einem mehrgeschossigen Gebäude aufgrund der statischen Gegebenheiten (vertikale Lastabtragung, Erdbeben,...) gewisse Wärmebrücken nicht vermeidbar sind und daher kompensiert werden müssen.

#### **Konstruktion:**

Ist die regelmäßige Ausbildung von Höckern aus statischen Gründen nicht möglich und ist die reine Ausbildung einer Kellerdeckendämmung an der Deckenunterseite nicht wirtschaftlich, kann die Aufteilung der Dämmebenen ein sinnvoller Kompromiss sein. Dabei wird sinnvollerweise die untere Dämmebene verhältnismäßig gering gehalten, da dicke Dämmschichten an Untersichten stets teurer als Dämmungen an der Deckenoberseite sind. Das hängt sowohl mit der Art des Materials als auch mit den unterschiedlichen Verlegebedingungen zusammen. Überkopparbeiten sind naturgemäß teurer als Auflegearbeiten. Hinzu kommt, dass der Dämmstoff an der Kellerdeckenunterseite höhere Anforderungen an den Brandschutz aufweisen muss und daher teurer als die aufgelegte Dämmung in der Fußbodenkonstruktion ist. Ein weiterer Grund, der für eine möglichst geringe Dämmdicke an der Untersicht spricht, ist Verdübelung und die damit verbundene Wärmebrückenwirkung. Einlagige Dämmsysteme wie beispielsweise vliesummantelte Kellerdämmplatten müssen nur vereinzelt verdübelt werden. Vollwärmeschutzdämmungen könnten sogar vollkommen dübellos ausgeführt werden, müssen dafür aber mit einer Deckschicht (Putz) verkleidet werden.

Die Ausbildung der Höcker erfolgt dabei meist nur in der Ebene der oberen Dämmung, die wärmebrückenarme Ausführung an der Kellerdeckenuntersicht erfolgt mittels „Kragendämmungen“ (Tiefzug der Dämmung). Im gegenständlichen Fall wurde eine Kragendämmung von 50 cm ab Unterkante der Dämmung angesetzt.

Vom gänzlichen Entfall der Höcker, nur mit Ausbildung von Kragendämmungen, wird nach Möglichkeit abgeraten! Die Wärmeverluste wären sehr hoch und würden aufwendige Kompensationsmaßnahmen nach sich ziehen!

Zwischen den Höckern wird aufgrund der Unempfindlichkeit gegen Feuchtigkeit und der geringen Wärmeleitfähigkeit XPS-G eingelegt. Bei Wänden mit besonderen Brandschutzanforderungen (z.B. Brandmauern) empfiehlt sich der Einsatz von Porenbeton als „Dämmung“ zwischen den Höckern.

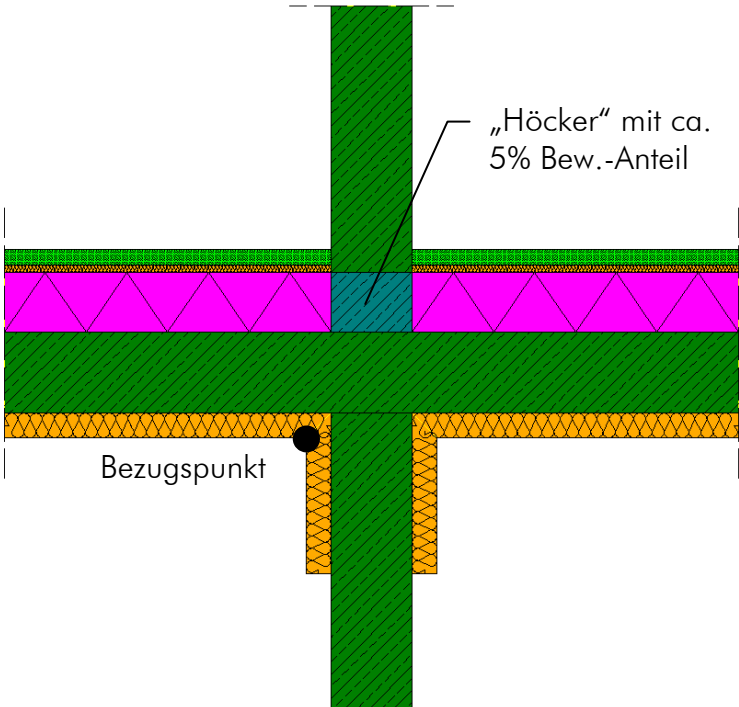
Bei der Berechnung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten ist zu berücksichtigen, dass der Höcker deutlich höher als gewöhnlicher Stahlbeton bewehrt ist und daher auch die Wärmeleitfähigkeit ( $\lambda$ ) dementsprechend höher ist.

## Aufbauten:

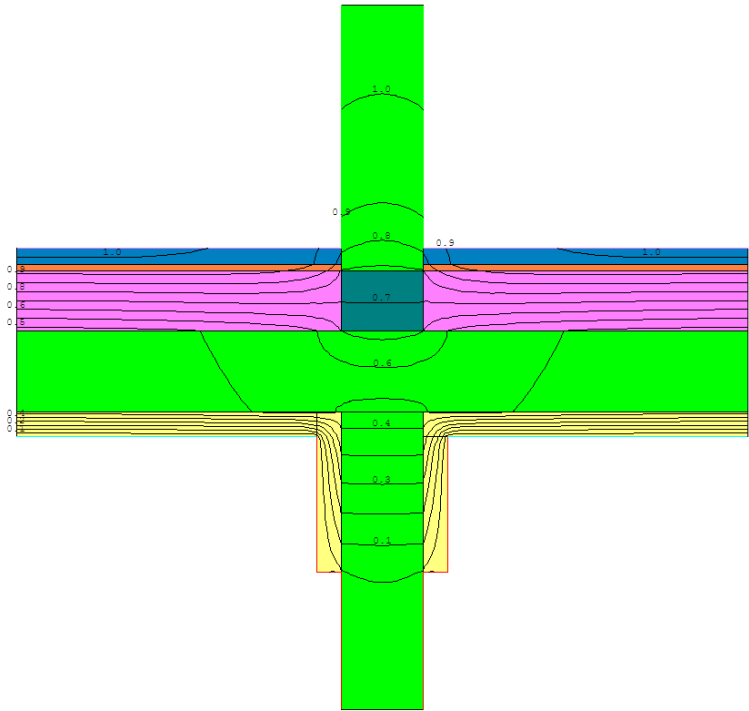
Innenwand tragend									
Wärmeübergangswiderstand [m <sup>2</sup> K/W]					innen R <sub>si</sub> :	0,13			
					außen R <sub>se</sub> :	0,13			
Teilfläche 1	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Dichte ρ [kg/(m <sup>3</sup> )]	Flächeng. dyn. [kg/(m <sup>2</sup> )]	Steifigk. [MN/(m <sup>2</sup> )]	Teilfläche 2 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1. Spachtelung	0,000								0
2. STB-Wand (lt. statischem Erfordernis)	2,300								300
3. Spachtelung	0,000								0
4.									
					Flächenanteil Teilfläche 2		Flächenanteil Teilfläche 3		Summe
									<b>30,0</b> cm
									<b>U-Wert: 2,561</b> W/(m <sup>2</sup> K)

Kellerdecke beidseitig gedämmt									
Wärmeübergangswiderstand [m <sup>2</sup> K/W]					innen R <sub>si</sub> :	0,17			
					außen R <sub>se</sub> :	0,17			
Teilfläche 1	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Dichte ρ [kg/(m <sup>3</sup> )]	Flächeng. dyn. [kg/(m <sup>2</sup> )]	Steifigk. [MN/(m <sup>2</sup> )]	Teilfläche 2 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1. Fußbodenbelag	0,000								0
2. Zementestrich E 225	1,400								60
3. PE-Folie	0,000								0
4. Trittschalldämmung EPS-T 28/25	0,044								25
5. Dampfsperre, sd ≥ 200m, Stöße verklebt oder verschweißt (z.B. 2xPE-Folie 0,20mm)	0,000								0
6. EPS-W20 (Installationsebene für wärmeführende Leitungen)	0,038								220
7. STB-Decke (lt. statischem Erfordernis)	2,300								300
8. MW-W Kellerdämmplatte	0,033								90
9.									
					Flächenanteil Teilfläche 2		Flächenanteil Teilfläche 3		Summe
									<b>69,5</b> cm
									<b>U-Wert: 0,104</b> W/(m <sup>2</sup> K)

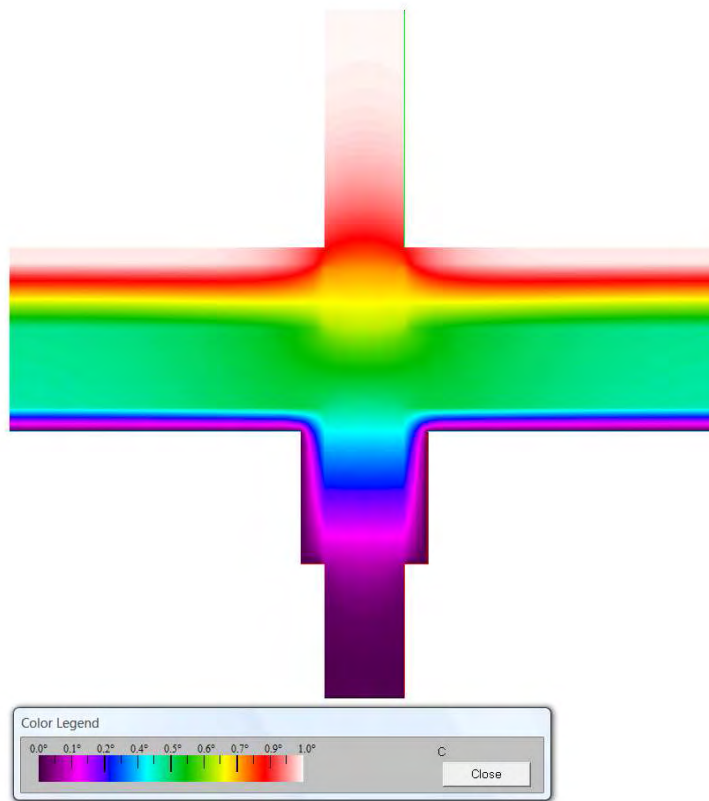
Darstellungen:



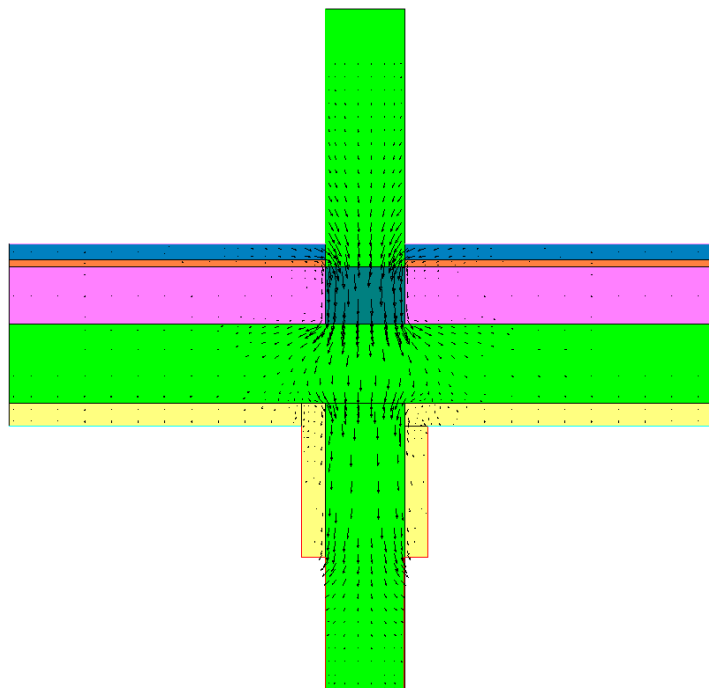
Systematischer Vertikalschnitt



Isothermen-Darstellung



Falschfarben-Infrarot-Darstellung



Wärmestrom-Darstellung

Ergebnis der Wärmebrückenberechnung:

Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient  
 $\Psi = +0,606 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$

### 3.3.15 Außenwand-Außenkante (Leichtbauweise)

#### Beschreibung:

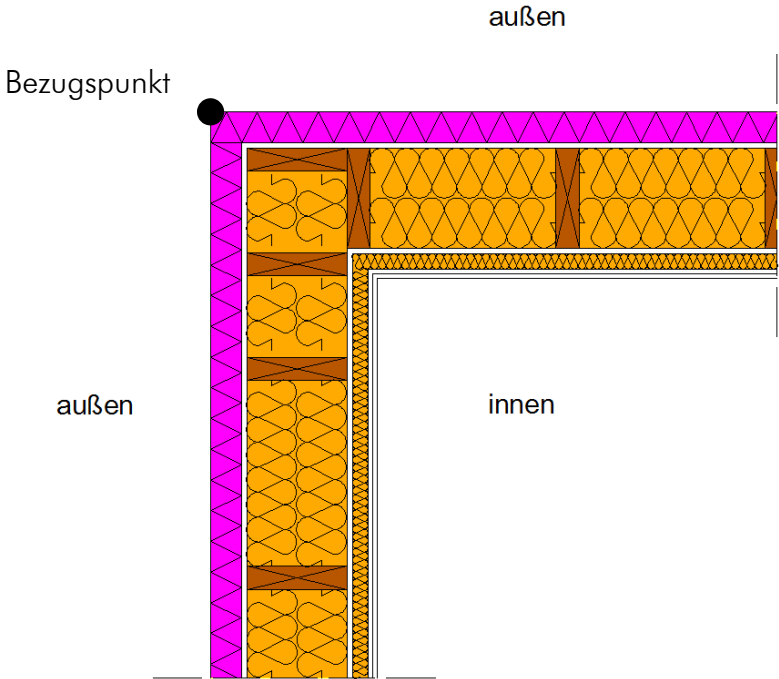
Die Außenwand-Außenkante ist bei Außenmaßbezug eine klassische negative Wärmebrücke. Da bei der Ermittlung des Wärmeverlustes der homogenen Fläche die wärmeabgebende Fläche des Eckbereichs doppelt berücksichtigt wird, wird der systematisch überbewertete Wärmeverlust durch Ansatz der negativen Wärmebrücke korrigiert.

#### Aufbauten:

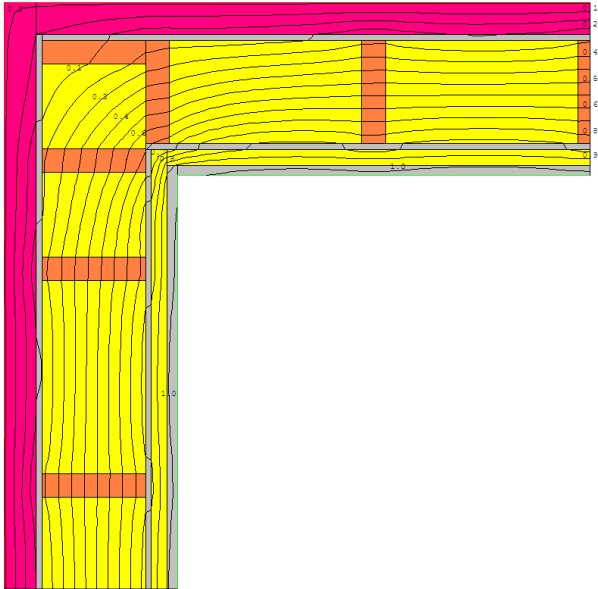
Außenwand Leichtbau									
Wärmeübergangswiderstand [m <sup>2</sup> K/W]					innen R <sub>si</sub> : 0,13				
					außen R <sub>se</sub> : 0,04				
Teilfläche 1	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Dichte ρ [kg/(m <sup>3</sup> )]	Flächeng. dyn. Steifigk. [kg/(m <sup>2</sup> )]	Teilfläche 2 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]	
1. 2xGKF	0,210							25	
MW-WL zw.									
2. Unterkonstruktion	0,035			Holz	0,130			40	
Dampfbremse, Stöße verklebt	0,000							0	
3. Gipsfaserplatte	0,360							15	
MW-WL zw.									
5. Holzriegeln	0,035					Holz	0,130	260	
6. Gipsfaserplatte	0,360							15	
7. MW-PT	0,036							80	
8. Deckschicht	0,000							0	
9.									
					Flächenanteil Teilfläche 2	Flächenanteil Teilfläche 3	Summe		
					6,5%	11,0%	43,5	cm	
							U-Wert:	0,103	W/(m <sup>2</sup> K)



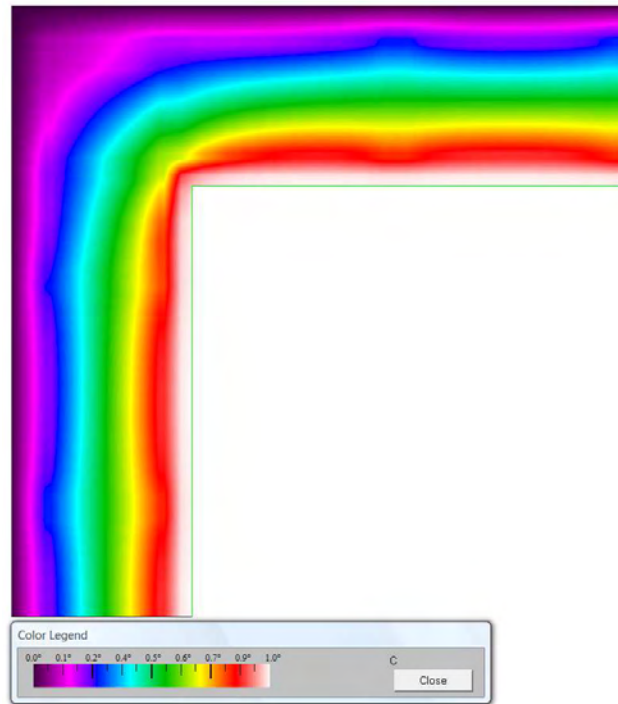
Darstellungen:



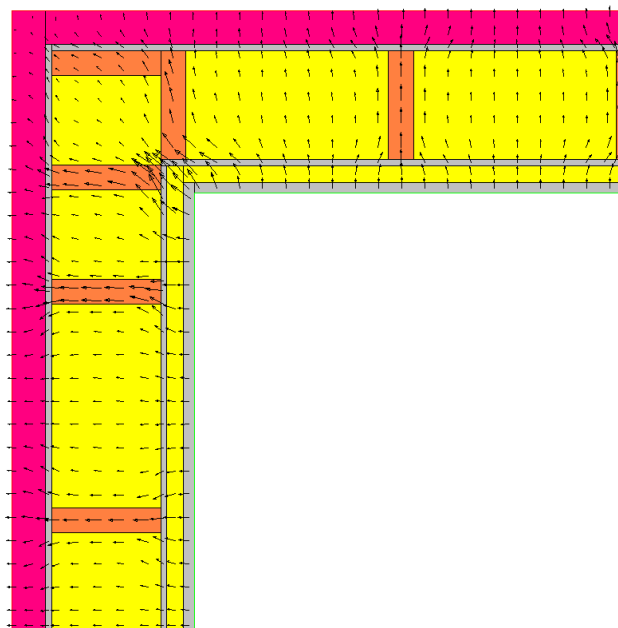
Systematischer Horizontalschnitt



Isothermen-Darstellung



Falschfarben-Infrarot-Darstellung



Wärmestrom-Darstellung

Ergebnis der Wärmebrückenberechnung:

Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient  
 $\Psi = -0,053 \text{ W}/(\text{m.K})$

### 3.3.16 Außenwand-Innenkante (Leichtbauweise)

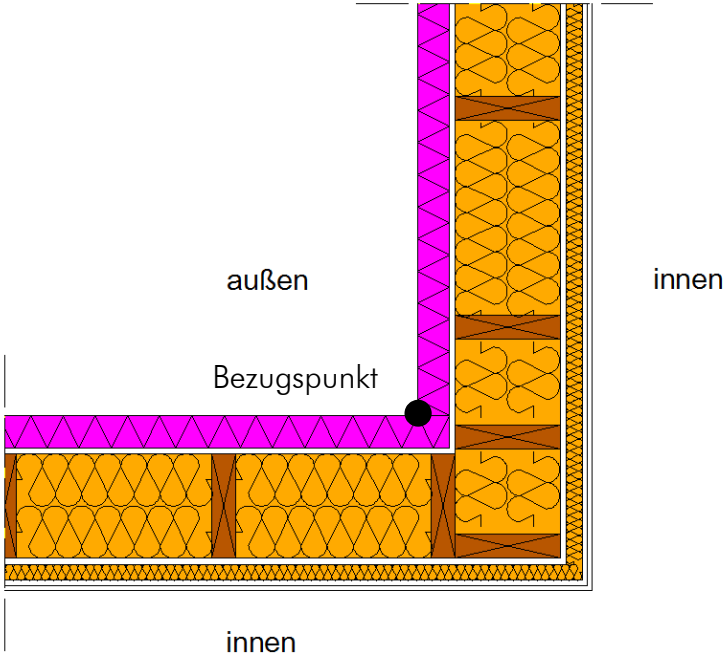
#### Beschreibung:

Die Außenwand-Innenkante ist bei Außenmaßbezug eine klassische positive Wärmebrücke. Da bei der Ermittlung des Wärmeverlustes der homogenen Fläche die wärmeabgebende Fläche des Eckbereichs nicht vollständig berücksichtigt wird, wird der systematisch unterbewertete Wärmeverlust durch Ansatz der positiven Wärmebrücke korrigiert.

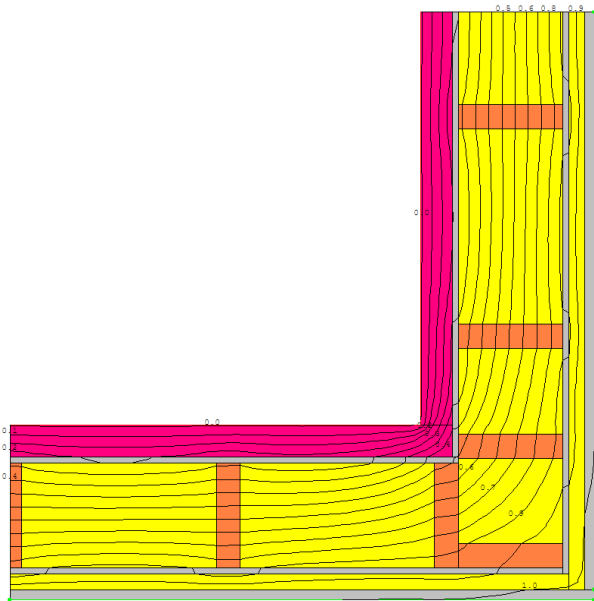
#### Aufbauten:

Außenwand Leichtbau										
Wärmeübergangswiderstand [m²K/W]					innen R <sub>si</sub> :		0,13			
					außen R <sub>se</sub> :		0,04			
Teilfläche 1	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Dichte ρ [kg/(m³)]	Flächeng. dyn. [kg/(m²)]	Steifigk. [MN/(m²)]	Teilfläche 2 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]	
1. 2xGKF	0,210								25	
MW-WL zw. Unterkonstruktion	0,035				Holz	0,130			40	
2. Dampfbremse, Stöße verklebt	0,000								0	
3. Gipsfaserplatte	0,360								15	
MW-WL zw. Holzriegeln	0,035						Holz	0,130	260	
4. Gipsfaserplatte	0,360								15	
5. MW-PT	0,036								80	
6. Deckschicht	0,000								0	
7.										
8.										
9.										
					Flächenanteil Teilfläche 2	6,5%	Flächenanteil Teilfläche 3	11,0%	Summe	43,5 cm
									U-Wert:	0,103 W/(m²K)

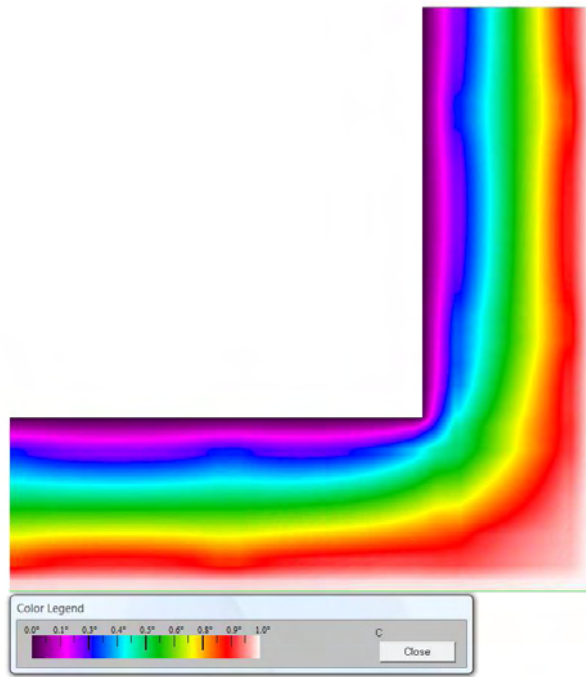
Darstellungen:



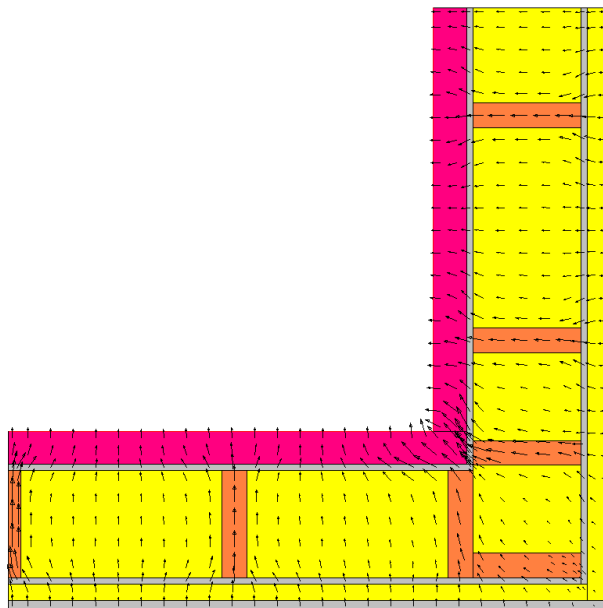
Systematischer Horizontalschnitt



Isothermen-Darstellung



Falschfarben-Infrarot-Darstellung



Wärmestrom-Darstellung

Ergebnis der Wärmebrückenberechnung:

Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient  
 $\Psi = +0,031 \text{ W/(m.K)}$

### 3.3.17 Leichtbau-Außenwand / Kellerdecke - Dämmung beidseitig (Leichtbauweise)

#### Beschreibung:

Bei Leichtbauweise ist das Wärmebrückenverhalten grundsätzlich deutlich weniger kritisch als im Massivbau. Da der reine Leichtbau aber aus Gründen der Tragfähigkeit und v.a. des Baurechtes nicht mit beliebiger Höhe ausgeführt werden kann, wird bei mehrgeschossigen Gebäuden meist nur die Fassade in Leichtbauweise hergestellt, während die innenliegende Tragstruktur massiv ausgeführt wird (Mischbauweise).

Wie bereits anhand der systematischen Darstellung augenscheinlich zu erkennen ist, sind die Dämmebenen der Außenwand und jene der Kellerdecke direkt verbunden. Das Detail ist also hinsichtlich Wärmebrückenwirkung als unkritisch einzustufen.

Wegen zwei unterschiedlichen Temperaturrandbedingungen (außen und unbeheizt) werden für diese Wärmebrücke zwei längenbezogene Wärmedurchgangskoeffizienten angegeben – einer für die Aussenwand, welche an die Außenluft grenzt und einer für die Kellerdecke, welche an den unbeheizten Keller grenzt.

#### Aufbauten:

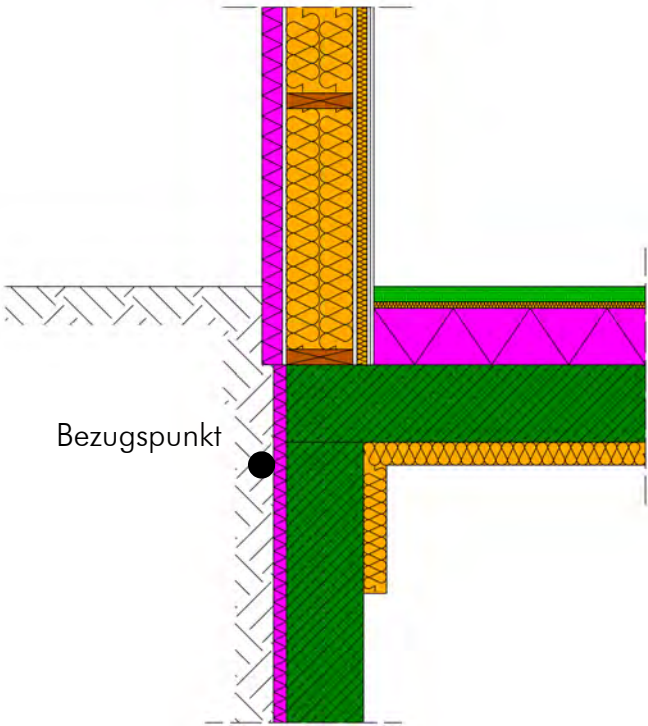
Außenwand Leichtbau									
Wärmeübergangswiderstand [m²K/W]					innen R <sub>si</sub> :		0,13		
					außen R <sub>se</sub> :		0,04		
Teilfläche 1	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Dichte ρ [kg/(m³)]	Flächeng. dyn. [kg/(m²)]	Steifigk. [MN/(m²)]	Teilfläche 2 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1. 2xGKF	0,210								25
MW-WL zw. Unterkonstruktion	0,035				Holz	0,130			40
Dampfbremse, Stöße verklebt	0,000								0
4. Gipsfaserplatte	0,360								15
MW-WL zw. Holzriegeln	0,035						Holz	0,130	260
6. Gipsfaserplatte	0,360								15
8. MW-PT	0,036								80
8. Deckschicht	0,000								0
9.									
					Flächenanteil Teilfläche 2		Flächenanteil Teilfläche 3		Summe
					6,5%		11,0%		43,5 cm
									U-Wert: 0,103 W/(m²K)

Kelleraußenwand									
Wärmeübergangswiderstand [m²K/W]					innen R <sub>si</sub> :		0,13		
					außen R <sub>se</sub> :		0,00		
Teilfläche 1	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Dichte ρ [kg/(m³)]	Flächeng. dyn. [kg/(m²)]	Steifigk. [MN/(m²)]	Teilfläche 2 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1. Erdreich	0,000								0
Noppenbahn mit integriertem Filtervlies (Gleitschicht)	0,000								0
2. XPS-G	0,035								50
Kleb mortel/ Bitumenkleber	0,000								0
5. STB-Wand B1/B2 ("WU-Beton"; lt. statischem Erfordernis)	2,300								300
6. Spachtelung	0,000								0
7.									
					Flächenanteil Teilfläche 2		Flächenanteil Teilfläche 3		Summe
									35,0 cm
									U-Wert: 0,592 W/(m²K)

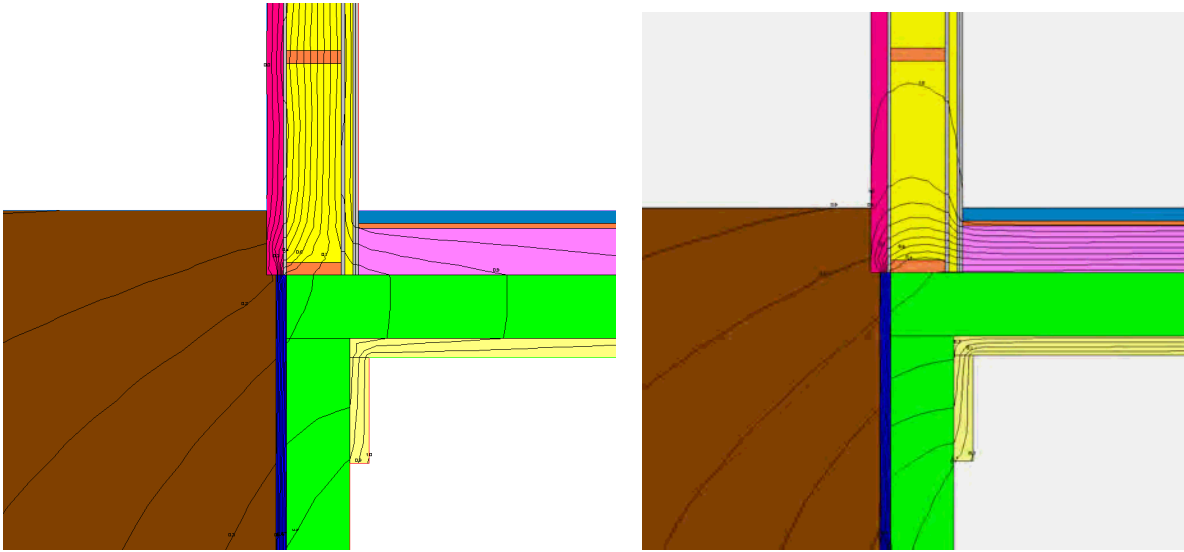
Kellerdecke beidseitig gedämmt									
Wärmeübergangswiderstand [m²K/W]								innen R <sub>si</sub> :	0,17
								außen R <sub>se</sub> :	0,17
Teilfläche 1	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Dichte ρ [kg/(m³)]	Flächeng. [kg/(m²)]	dyn. Steifigk. [MN/(m²)]	Teilfläche 2 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1. Fußbodenbelag	0,000								0
2. Zementestrich E 225	1,400								60
3. PE-Folie	0,000								0
4. Trittschalldämmung EPS-T 28/25	0,044								25
5. Dampfsperre, sd ≥ 200m, Stöße verklebt oder verschweißt (z.B. 2xPE-Folie 0,20mm)	0,000								0
6. EPS-W20 (Installationsebene für wärmeführende Leitungen)	0,038								220
7. STB-Decke (lt. statischem Erfordernis)	2,300								300
8. MW-W Kellerdämm- platte	0,033								90
9.									
					Flächenanteil Teilfläche 2		Flächenanteil Teilfläche 3		Summe
									69,5 cm
								U-Wert:	0,104 W/(m²K)

Erdreich: Wärmeleitfähigkeit  $\lambda = 2,0 \text{ W/(m.K)}$

Darstellungen:

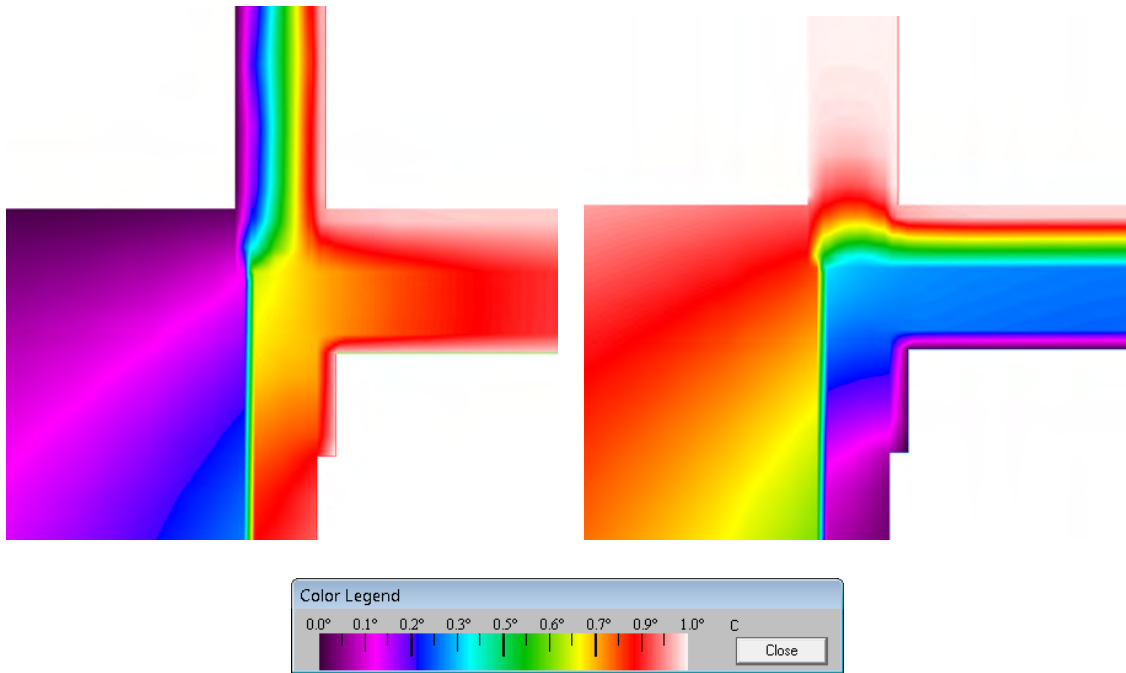


Systematischer Vertikalschnitt



Isothermen-Darstellung  
(links Wärmetransport nur nach Außen, rechts Wärmetransport nur zum unbeheizten Keller)





Falschfarben-Infrarot-Darstellung  
 (links Wärmetransport nur nach Außen, rechts Wärmetransport nur zum unbeheizten Keller)



Wärmestrom-Darstellung  
 (links Wärmetransport nur nach Außen, rechts Wärmetransport nur zum unbeheizten Keller)

Ergebnis der Wärmebrückenberechnung:

Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient für die Aussenwand  
 $\Psi = -0,029 \text{ W}/(\text{m.K})$

Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient für die Kellerdecke  
 $\Psi = -0,011 \text{ W}/(\text{m.K})$

### 3.3.18 Leichtbau-Außenwand / Wohnungstrennwand (Mischbauweise)

#### Beschreibung:

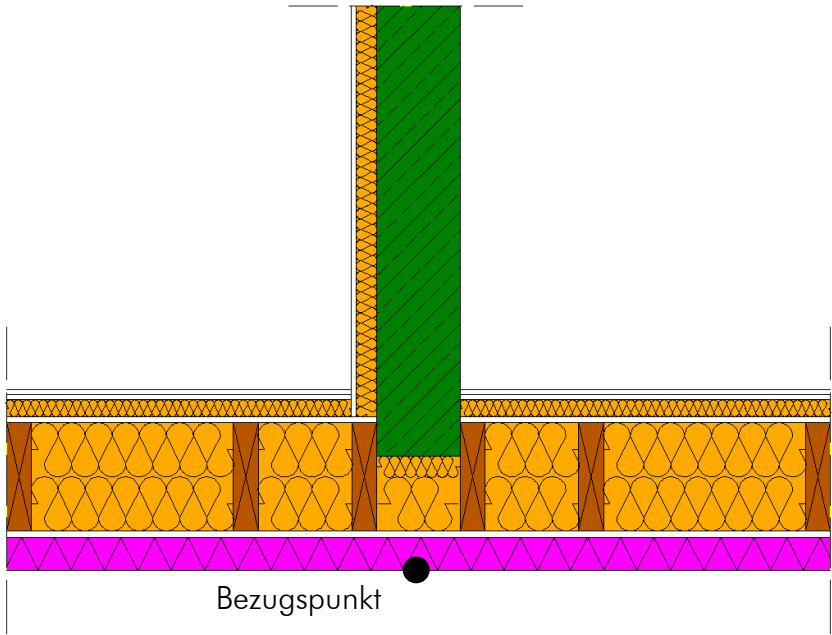
Da i.d.R. aufgrund von konstruktiven, bauphysikalischen und brandschutztechnischen Anforderungen die massiven Trennwände in die Dämmebene der Außenwand ragen und diese Wärmebrücke bei einem mehrgeschossigen Gebäude in Summe über eine beträchtliche Gesamtlänge auftreten kann, ist diesem Detail große Bedeutung beizumessen.

#### Aufbauten:

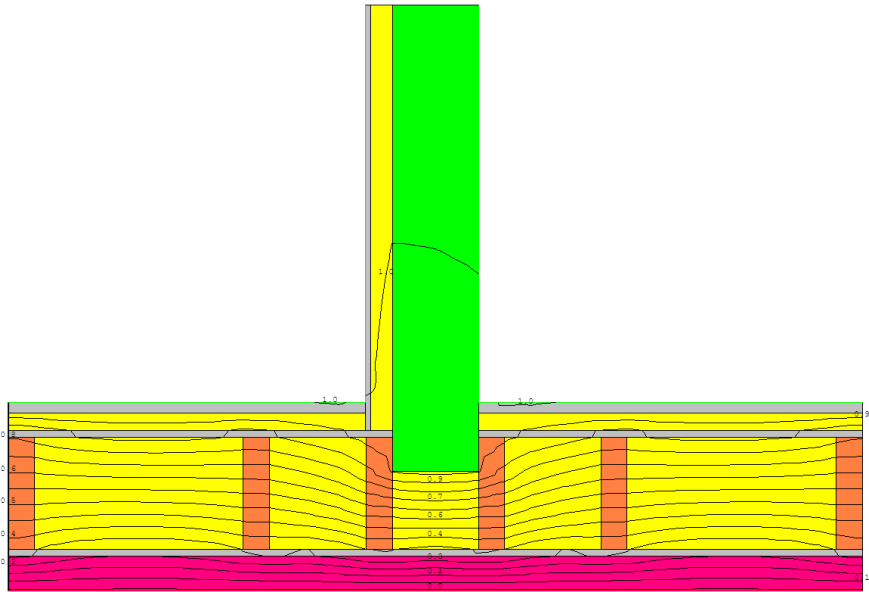
Außenwand Leichtbau									
Wärmeübergangswiderstand [m <sup>2</sup> K/W]					innen R <sub>si</sub> :		0,13		
					außen R <sub>se</sub> :		0,04		
Teilfläche 1	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Dichte ρ [kg/(m <sup>3</sup> )]	Flächeng. [kg/(m <sup>2</sup> )]	dyn. Steifigk. [MN/(m <sup>2</sup> )]	Teilfläche 2 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1. 2xGKF	0,210								25
MW-WL zw. Unterkonstruktion	0,035				Holz	0,130			40
2. Dampfbremse, Stöße verklebt	0,000								0
3. Gipsfaserplatte	0,360								15
MW-WL zw. Holzriegeln	0,035						Holz	0,130	260
4. Gipsfaserplatte	0,360								15
5. MW-PT	0,036								80
6. Deckschicht	0,000								0
7.									
8.									
9.									
					Flächenanteil Teilfläche 2	Flächenanteil Teilfläche 3		Summe	
					6,5%	11,0%		43,5	cm
								U-Wert:	0,103 W/(m <sup>2</sup> K)

Wohnungstrennwand									
Wärmeübergangswiderstand [m <sup>2</sup> K/W]					innen R <sub>si</sub> :		0,13		
					außen R <sub>se</sub> :		0,13		
Teilfläche 1	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Dichte ρ [kg/(m <sup>3</sup> )]	Flächeng. [kg/(m <sup>2</sup> )]	dyn. Steifigk. [MN/(m <sup>2</sup> )]	Teilfläche 2 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1. Spachtelung	0,000								0
2. STB-Wand (lt. statischem Erfordernis)	2,300								200
MW-WL zw. Unterkonstruktion	0,040				Stahl	60,000			50
3. GKB	0,210								13
4.									
5.									
					Flächenanteil Teilfläche 2	Flächenanteil Teilfläche 3		Summe	
					0,01%			26,3	cm
								U-Wert:	0,635 W/(m <sup>2</sup> K)

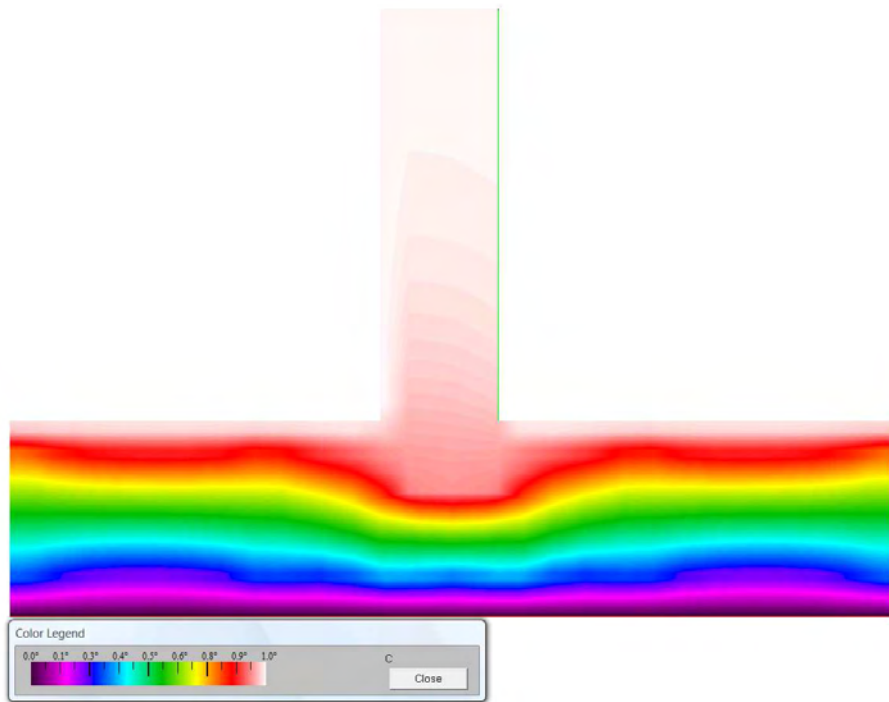
Darstellungen:



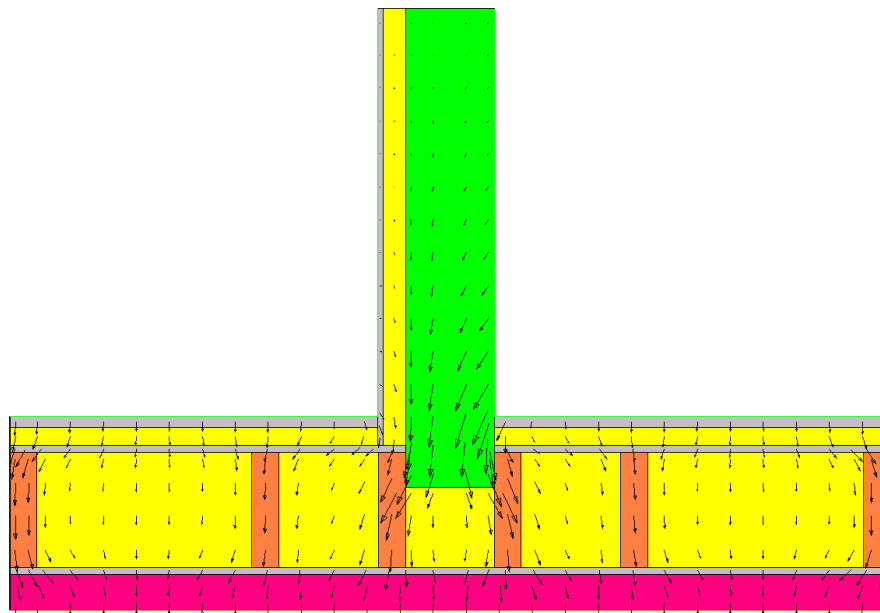
Systematischer Horizontalschnitt



Isothermen-Darstellung



Falschfarben-Infrarot-Darstellung



Wärmestrom-Darstellung

Ergebnis der Wärmebrückenberechnung:

Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient  
 $\Psi = +0,041 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$

### 3.3.19 Leichtbau-Außenwand / Geschossdecke (Mischbauweise)

#### Beschreibung:

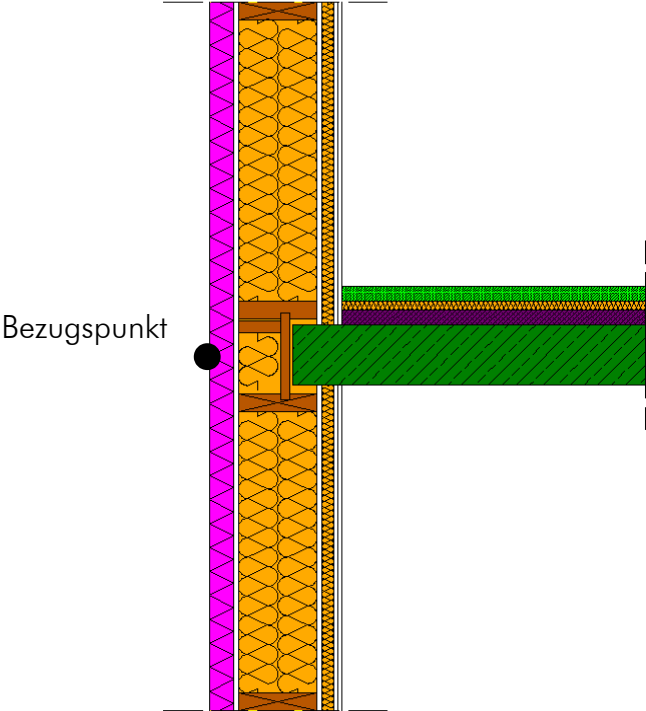
Analog dem Knotenpunkt „Außenwand / tragende Trennwand“ ragen auch die Trenndecken bei Mischbauweise i.d.R in die Dämmebene der Leichtbau-Außenwand. Auch diese Wärmebrücke darf aufgrund ihrer großen Längenausdehnung nicht vernachlässigt werden.

#### Aufbauten:

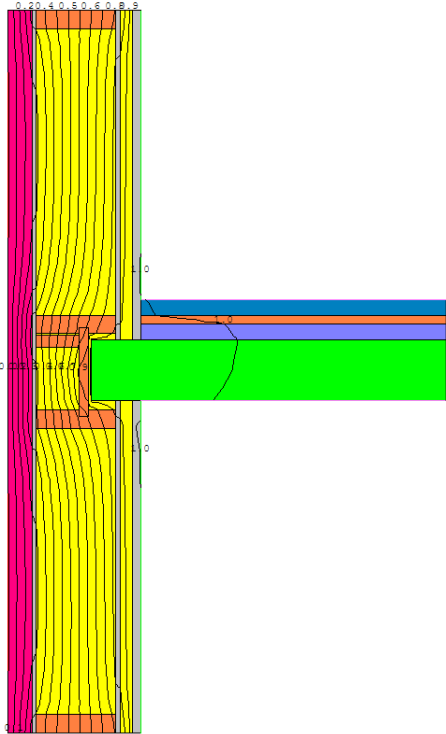
Außenwand Leichtbau									
Wärmeübergangswiderstand [m²K/W]					innen R <sub>si</sub> :		0,13		
					außen R <sub>se</sub> :		0,04		
Teilfläche 1	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Dichte ρ [kg/(m³)]	Flächeng. [kg/(m²)]	dyn. Steifigk. [MN/(m²)]	Teilfläche 2 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1. 2xGKF	0,210								25
MW-WL zw. Unterkonstruktion	0,035				Holz	0,130			40
Dampfbremse, Stöße verklebt	0,000								0
4. Gipsfaserplatte	0,360								15
MW-WL zw. Holzriegeln	0,035						Holz	0,130	260
6. Gipsfaserplatte	0,360								15
7. MW-PT	0,036								80
8. Deckschicht	0,000								0
9.									
					Flächenanteil Teilfläche 2		Flächenanteil Teilfläche 3		Summe
					6,5%		11,0%		43,5 cm
<b>U-Wert:</b>									<b>0,103</b> W/(m²K)

Geschossdecke									
Wärmeübergangswiderstand [m²K/W]					innen R <sub>si</sub> :		0,10		
					außen R <sub>se</sub> :		0,10		
Teilfläche 1	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Dichte ρ [kg/(m³)]	Flächeng. [kg/(m²)]	dyn. Steifigk. [MN/(m²)]	Teilfläche 2 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1. Fußbodenbelag	0,000								0
2. Zementestrich E 225	1,400								50
3. PE-Folie	0,000								0
4. Trittschalldämmung EPS-T 33/30	0,044								30
Dampfbremse, sd ≥ 120m, Stöße verklebt oder verschweißt (z.B. PE-Folie 0,25mm)	0,000								0
5. gebundene Ausgleichsschüttung (Ausgleichs- und Installationsebene)	0,200								50
6. STB-Decke (lt. statischem Erfordernis)	2,300								200
7. Spachtelung	0,000								0
9.									
					Flächenanteil Teilfläche 2		Flächenanteil Teilfläche 3		Summe
									33,0 cm
<b>U-Wert:</b>									<b>0,797</b> W/(m²K)

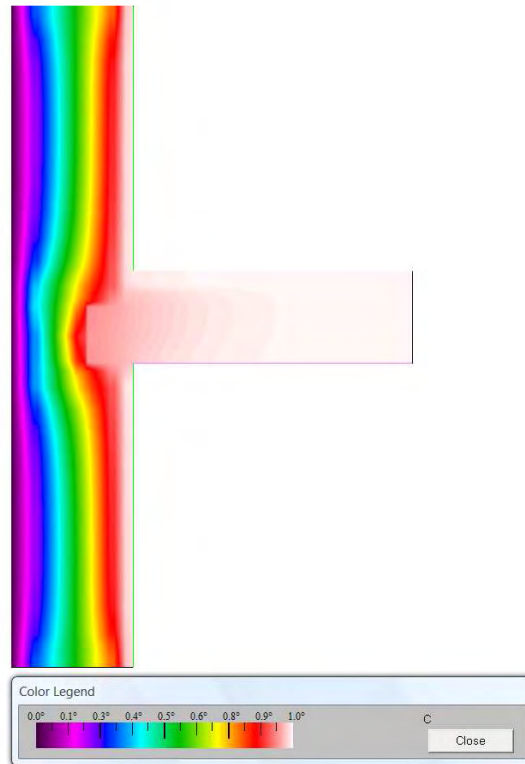
Darstellungen:



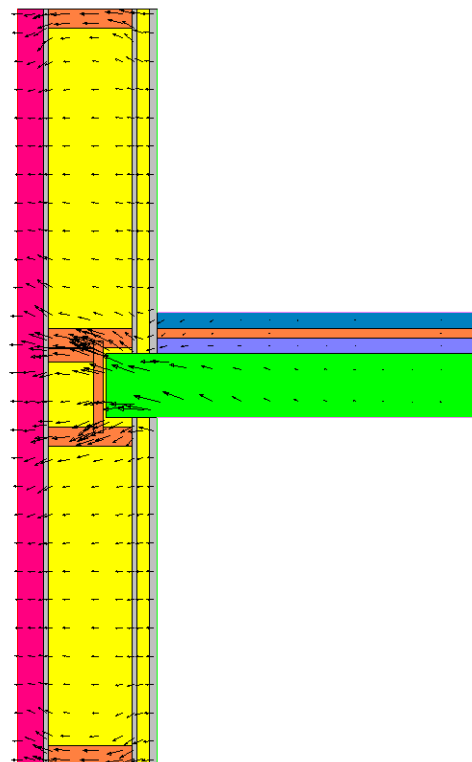
Systematischer Vertikalschnitt



Isothermen-Darstellung



Falschfarben-Infrarot-Darstellung



Wärmestrom-Darstellung

Ergebnis der Wärmebrückenberechnung:

Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient  
 $\Psi = +0,025 \text{ W}/(\text{m.K})$

### 3.3.20 Fenstereinbau – Anschluss seitlich, oben im Massivbau (Massivbauweise)

#### **Beschreibung:**

Zur Minimierung der Wärmeverluste werden die Fenster im Passivhausbau üblicherweise in der Dämmebene eingebaut. Da der Einbau der Fenster einen sehr entscheidenden Einfluss auf den Heizwärmebedarf und die Heizlast hat, ist dieser Wärmebrücke hohe Bedeutung beizumessen.

Neben der Lage des Fensters hat auch die Überdämmung des Fensterstockes einen großen Einfluss auf den Wärmebrückenzuschlag für den Fenstereinbau ( $\Psi_{\text{Einbau}}$ ). Es wird empfohlen, die Überdämmung so weit als möglich auszuführen. Die dadurch verursachte höhere Laibungs-Verschattung kann ggf. durch eine Abschrägung der Dämmung kompensiert werden.

Bei Holz-Alu-Fenstern hat auch die Ausbildung der Alu-Deckschale einen nicht zu vernachlässigenden Einfluss auf den Wärmebrückenzuschlag für den Fenstereinbau. Wird die Alu-Deckschale auch im überdämmten Bereich ausgeführt, bewirkt die sehr hohe Wärmeleitfähigkeit des Aluminiums eine deutliche Verschlechterung der Einbau-Wärmebrücke. Aus diesem Grund ist es anzustreben die Alu-Deckschale nicht länger als erforderlich, also nur bis knapp hinter die Putzkante, auszuführen. Leider kann diese Maßnahme, offenbar begründet durch den Fertigungsprozess, derzeit noch nicht von allen Fensterherstellern angeboten werden.

#### **Konstruktion:**

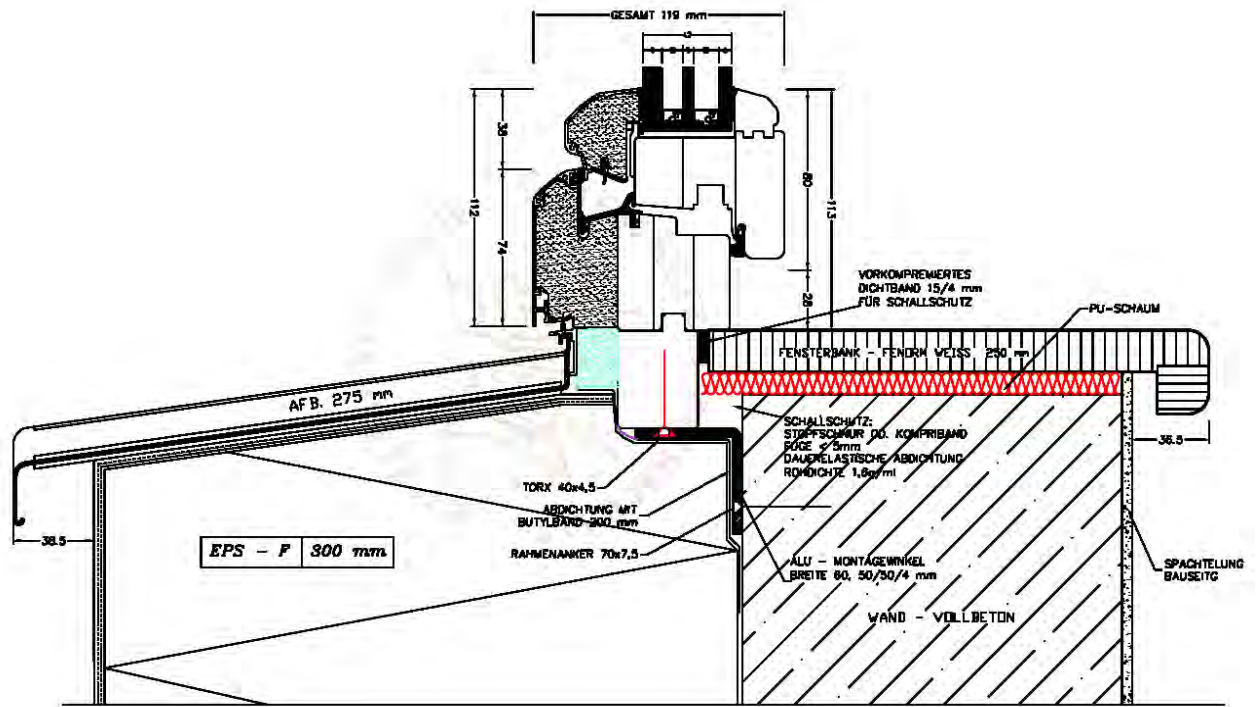
Um die Anforderung an den Schallschutz zu erfüllen, wird der Fensterstock geringfügig größer als die Rohbauöffnung hergestellt. Die Befestigung und Lastabtragung wird mittels Stahlwinkel im statisch erforderlichen Ausmaß sichergestellt.

Der luftdichte Anschluss des Fensters ist grundsätzlich auf den Wandbildner abzustimmen:

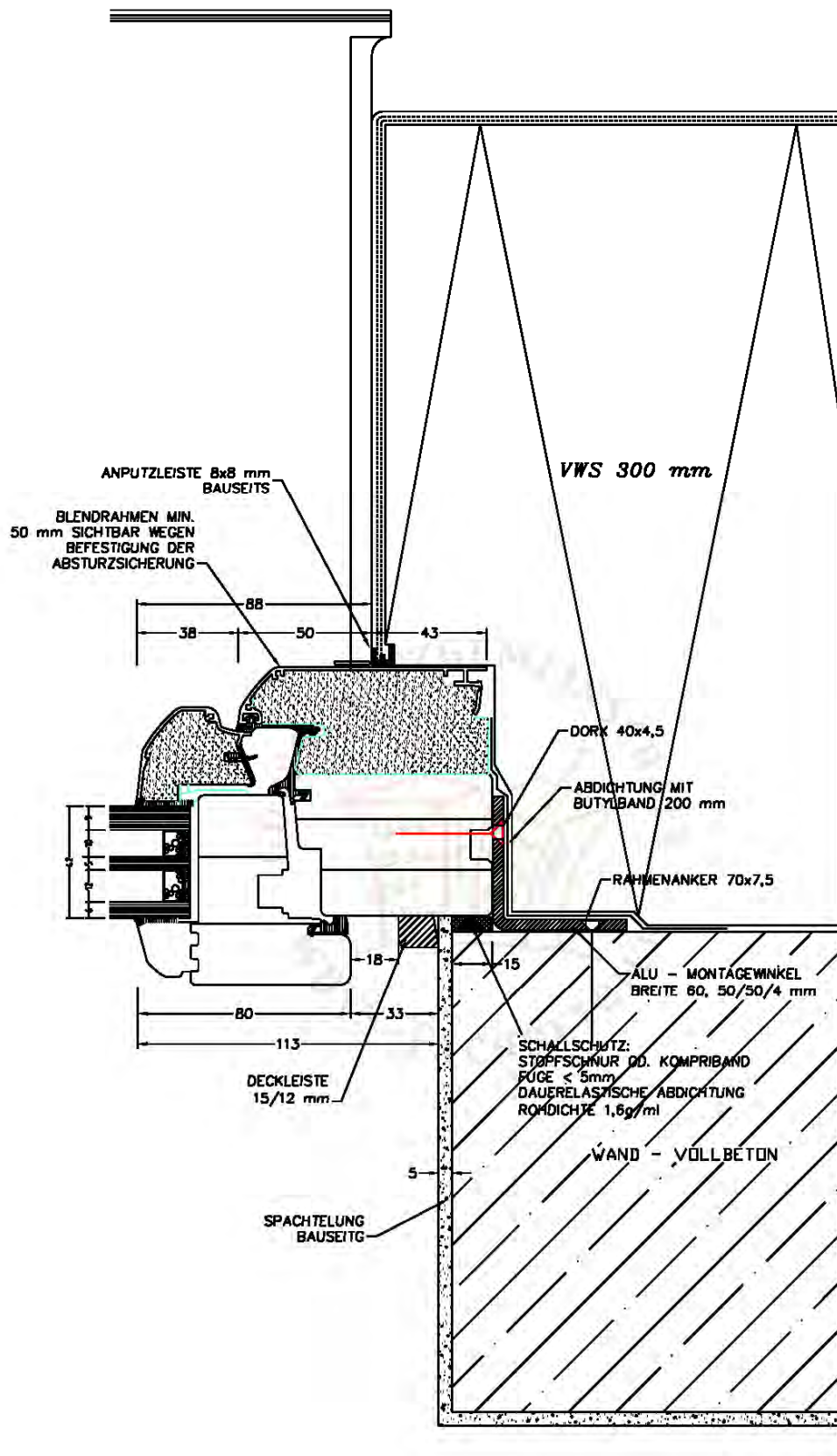
- Im Stahlbetonbau stellt der Stahlbeton selbst die luftdichte Ebene dar. Somit erfolgt die luftdichte Abklebung üblicherweise von außen. Das Fenster wird dabei mittels Flachstahlwinkeln am Stahlbeton befestigt. Es ist empfehlenswert Winkel ohne Steifen zu verwenden, da ansonsten die luftdichte Abklebung von außen nicht ordnungsgemäß möglich ist. Vor dem Abkleben ist ein Primer zur Vorbehandlung des Untergrundes (Staubbindung) aufzutragen. Nur so kann die Dauerhaftigkeit der Luftdichtheit sichergestellt werden.
- Da Mauerwerk aufgrund der notwendigen Fugen nicht als luftdicht angesehen werden kann, übernimmt in diesem Fall der Innenputz diese Funktion. Das bedeutet, es ist ein luftdichter Anschluss zwischen Fenster und Innenputz herzustellen. In diesem Fall werden üblicherweise spezielle luftdichte Klebebänder an der Stockaußenseite befestigt, die dann nach Einbau des Fensters an die innere Laibungsfläche geklebt und im Zuge der Innenputzarbeiten luftdicht eingeputzt werden.

Bei Wänden aus Mantelbeton und ähnlichen Systemen gelten dieselben Anforderungen wie beim Mauerwerksbau.





Passivhaus-Fensteranschluss Vertikalschnitt [Quelle: Schöberl & Pöll OEG, Internorm]



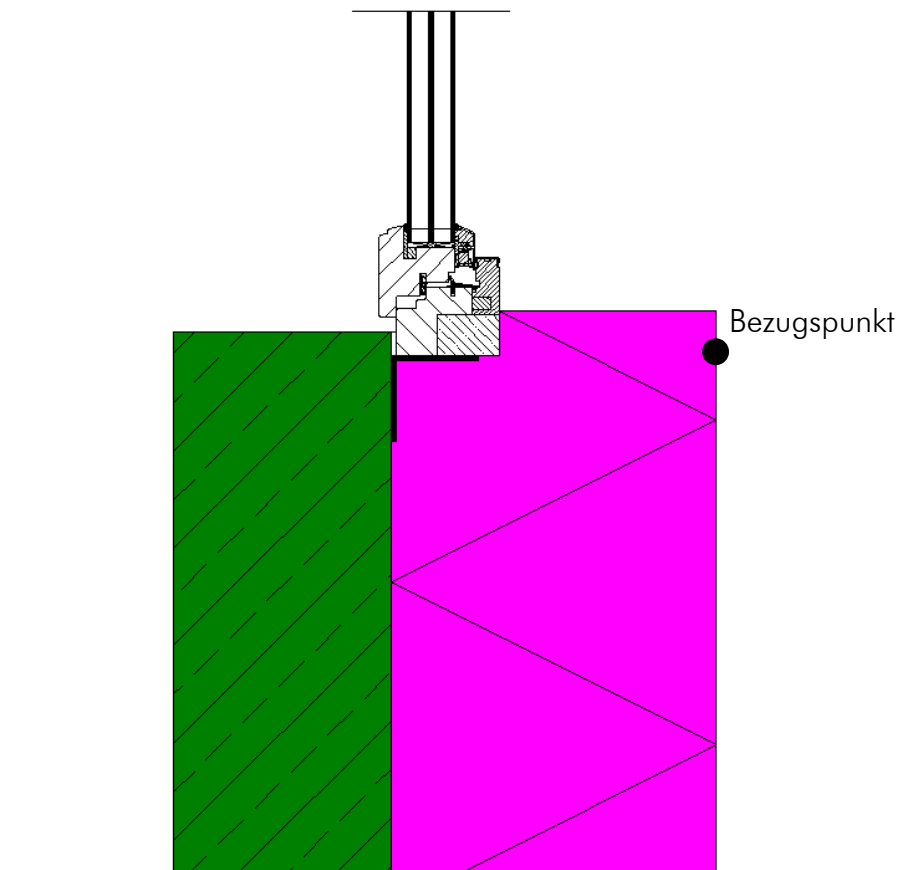
Passivhaus-Fensteranschluss Waagschnitt [Quelle: Schöberl & Pöll OEG, Internorm]

## Aufbauten:

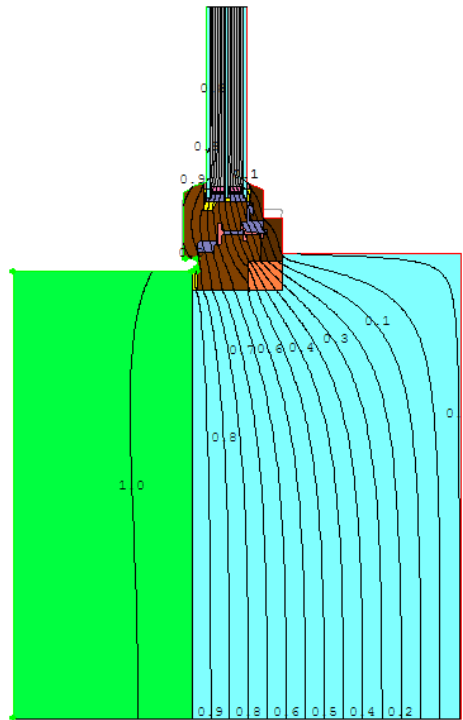
Außenwand									
Wärmeübergangswiderstand [m²K/W]					innen R <sub>si</sub> : <b>0,13</b>				
					außen R <sub>se</sub> : <b>0,04</b>				
Teilfläche 1	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Dichte ρ [kg/(m³)]	Flächeng. dyn. Steifigk. [kg/(m²)]	Flächeng. dyn. Steifigk. [MN/(m²)]	Teilfläche 2 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1. Deckschicht	0,000								0
2. EPS-F	0,032								300
3. Klebemörtel	0,000								0
4. STB-Wand (lt. statischem Erfordernis)	2,300								200
5. Spachtelung	0,000								0
6.									
					Flächenanteil Teilfläche 2		Flächenanteil Teilfläche 3		Summe
									<b>50,0</b> cm
									<b>U-Wert: 0,104</b> W/(m²K)

Fenster U-Wert = 0,797 W/m².K

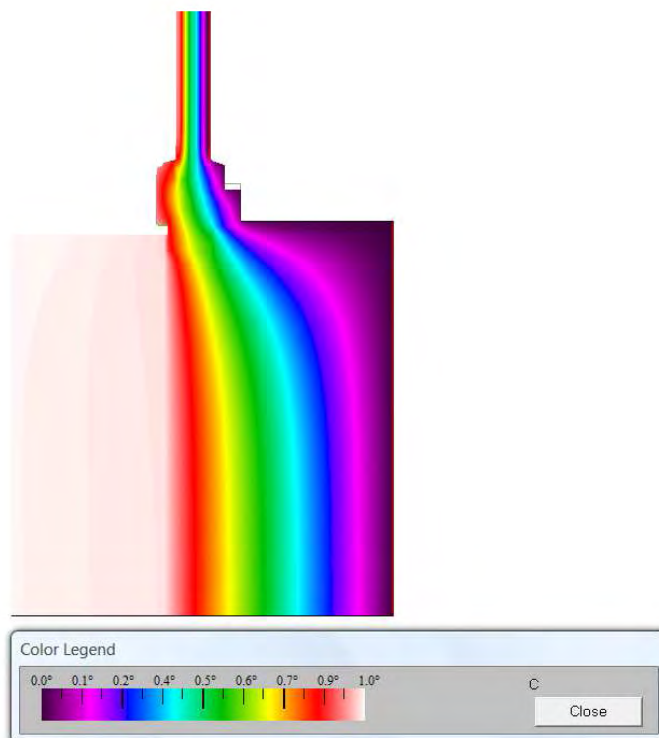
## Darstellungen:



Systematischer Vertikal-/Horizontalschnitt



Isothermen-Darstellung



Falschfarben-Infrarot-Darstellung

Ergebnis der Wärmebrückenberechnung:

Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient  
 $\Psi = +0,006 \text{ W/(m.K)}$

### 3.3.21 Fenstereinbau – Anschluss unten im Massivbau (Massivbauweise)

#### Beschreibung:

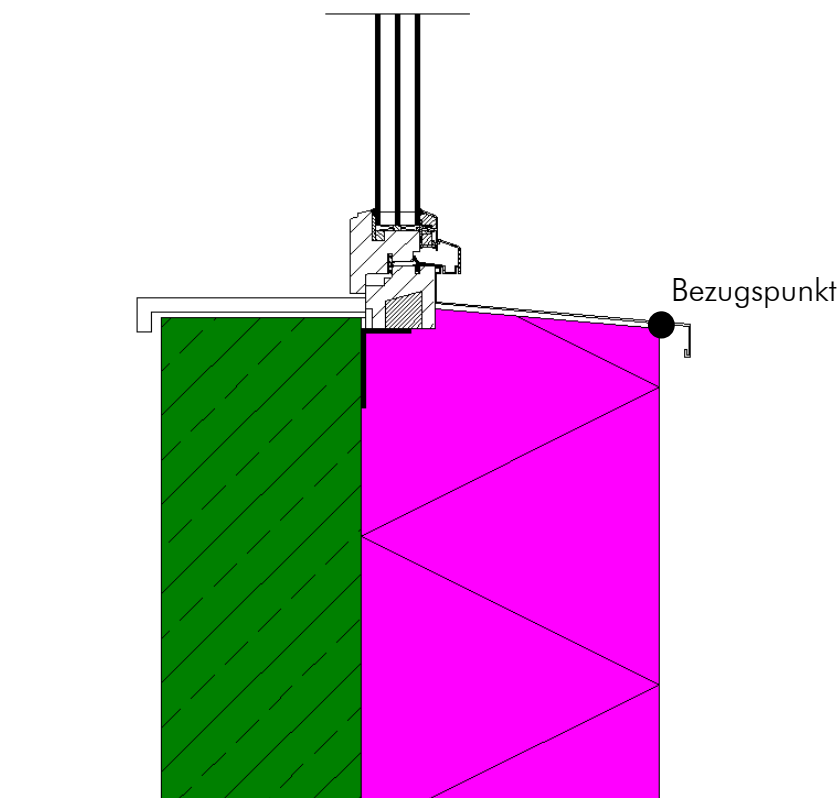
Beim unteren Fensteranschluss ist aufgrund der Notwendigkeit der Entwässerung des Profils nur eine begrenzte Überdämmung möglich, was zu einer höheren Einbauwärmebrücke führt. Ansonsten gelten dieselben Anmerkungen wie beim seitlichen und oberen Anschluss.

#### Aufbauten:

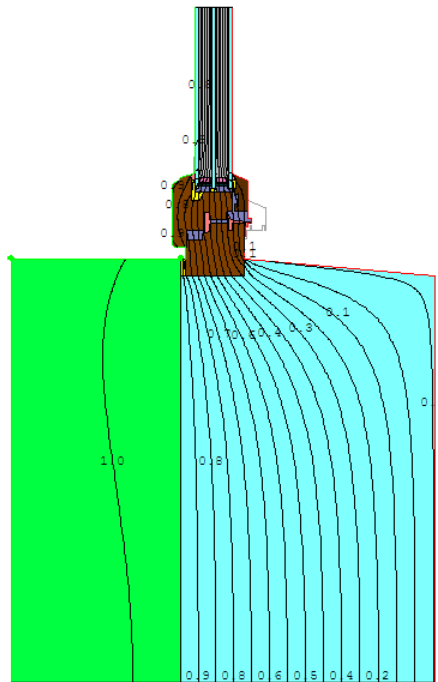
Außenwand							
Wärmeübergangswiderstand [m²K/W]						innen R <sub>si</sub> :	0,13
						außen R <sub>se</sub> :	0,04
Teilfläche 1	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Dichte ρ [kg/(m³)]	Flächeng. dyn. Steifigk. [kg/(m²)]	Teilfläche 2 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]
							Summe Breite Dicke [mm]
1. Deckschicht	0,000						0
2. EPS-F	0,032						300
3. Klebemörtel	0,000						0
4. STB-Wand (lt. statischem Erfordernis)	2,300						200
5. Spachtelung	0,000						0
6.							
				Flächenanteil Teilfläche 2		Flächenanteil Teilfläche 3	Summe
							50,0 cm
						U-Wert:	0,104 W/(m²K)

Fenster U-Wert = 0,886 W/m².K

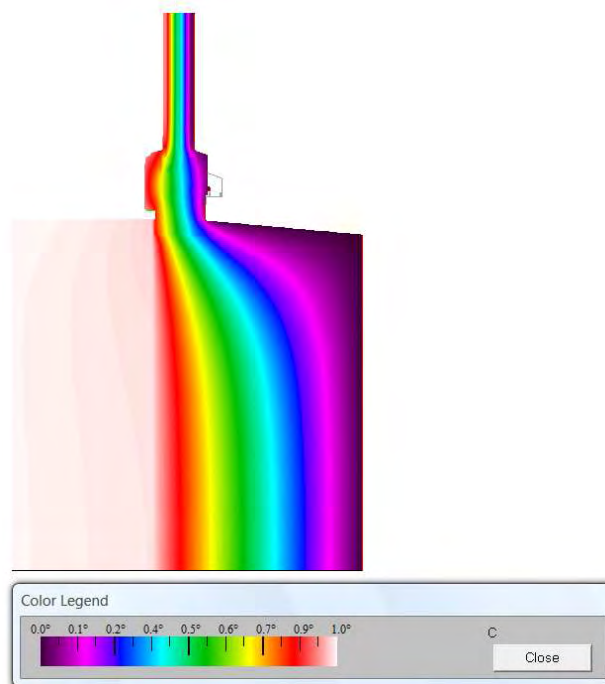
#### Darstellungen:



Systematischer Vertikalschnitt



Isothermen-Darstellung



Falschfarben-Infrarot-Darstellung

Ergebnis der Wärmebrückenberechnung:

Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient

$$\Psi = +0,010 \text{ W/(m.K)}$$

### 3.3.22 Fenstereinbau – Anschluss seitlich, oben im Leichtbau (Leichtbauweise)

#### Beschreibung:

Beim Leichtbau ist der Fenstereinbau grundsätzlich deutlich unkritischer als beim Massivbau. Hier ist weniger die Lage, als die Überdämmung von Bedeutung. Dennoch ist auch im Leichtbau die Mitte der Dämmebene der günstigste Einbau. Es wird empfohlen, die Überdämmung so weit als möglich auszuführen.

Bei Holz-Alu-Fenstern hat auch die Ausbildung der Alu-Deckschale einen nicht zu vernachlässigenden Einfluss auf den Wärmebrückenzuschlag für den Fenstereinbau. Wird die Alu-Deckschale auch im überdämmten Bereich ausgeführt, bewirkt die sehr hohe Wärmeleitfähigkeit des Aluminiums eine deutliche Verschlechterung der Einbau-Wärmebrücke. Aus diesem Grund ist es anzustreben die Alu-Deckschale nicht länger als erforderlich, also nur bis knapp hinter die Kante der Überdämmung, auszuführen. Leider kann diese Maßnahme, offenbar begründet durch den Fertigungsprozess, derzeit noch nicht von allen Fensterherstellern angeboten werden.

#### Konstruktion:

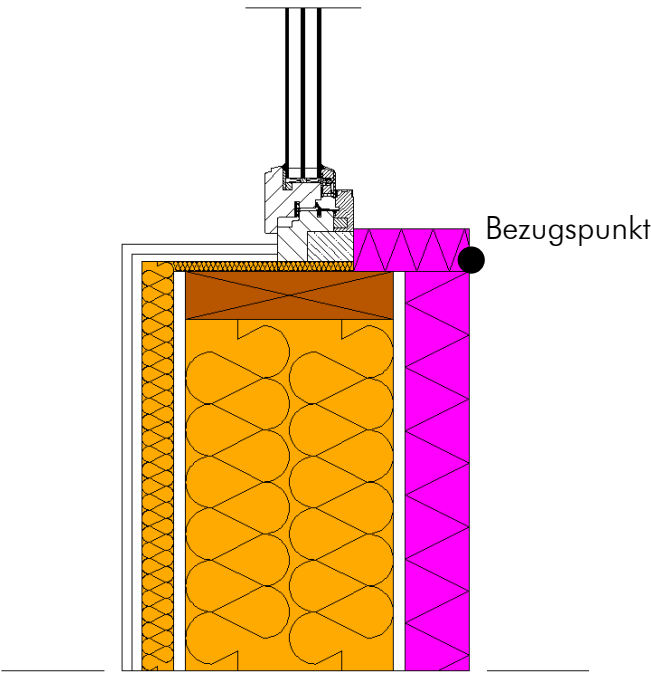
Hinsichtlich Schall- und Feuchtigkeitsschutz (inkl. Wasserdampfdiffusion) gelten dieselben Regeln wie bei konventionellen Gebäuden. Dabei ist aufgrund der hohen Luftdichtheitsanforderung im Passivhausbau besondere Rücksicht auf den fachgerechten Anschluss des Fensters an die luftdichte Ebene der Wandkonstruktion zu nehmen. Ebenso verhält es sich mit der außenseitigen winddichten Ebene bei hinterlüfteten Konstruktionen.

#### Aufbauten:

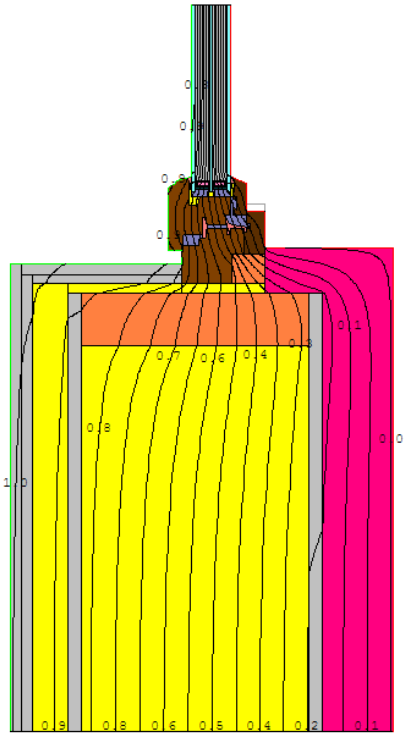
Außenwand Leichtbau								
Wärmeübergangswiderstand [m²K/W]					innen R <sub>si</sub> :		0,13	
					außen R <sub>se</sub> :		0,04	
Teilfläche 1	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Dichte ρ [kg/(m³)]	Flächeng. dyn. Steifigk. [kg/(m²)]	Teilfläche 2 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1. 2xGKF	0,210							25
MW-WL zw. Unterkonstruktion	0,035			Holz	0,130			40
2. Dampfbremse, Stöße verklebt	0,000							0
3. Gipsfaserplatte	0,360							15
MW-WL zw. Holzriegeln	0,035					Holz	0,130	260
4. Gipsfaserplatte	0,360							15
5. MW-PT	0,036							80
6. Deckschicht	0,000							0
7.								
8.								
9.								
					Flächenanteil Teilfläche 2	Flächenanteil Teilfläche 3	Summe	
					6,5%	11,0%	43,5	cm
							U-Wert:	0,103 W/(m²K)

Fenster U-Wert = 0,797 W/m².K

Darstellungen:

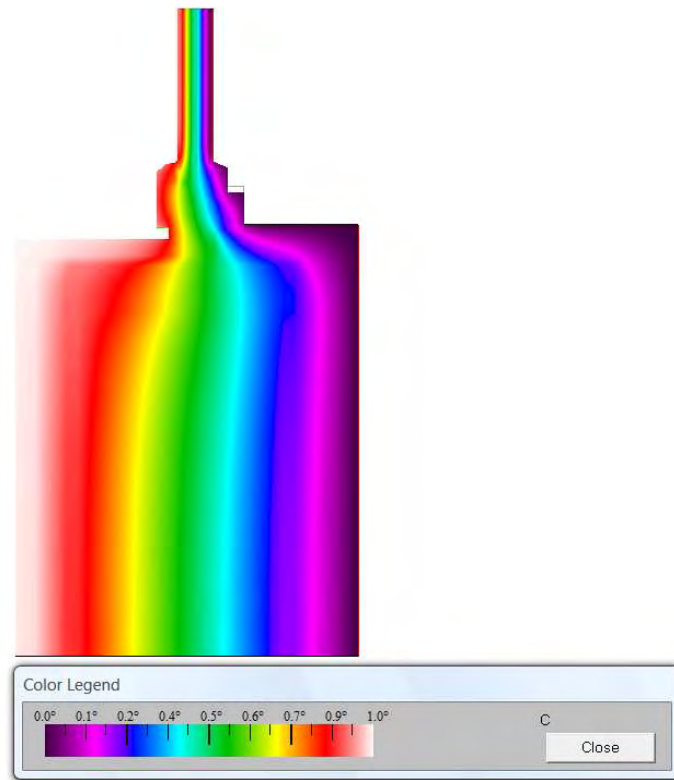


Systematischer Vertikal-/Horizontalschnitt



Isothermen-Darstellung





Falschfarben-Infrarot-Darstellung

Ergebnis der Wärmebrückenberechnung:

Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient  
 $\Psi = +0,011 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$

### 3.3.23 Fenstereinbau – Anschluss unten im Leichtbau (Leichtbauweise)

#### Beschreibung:

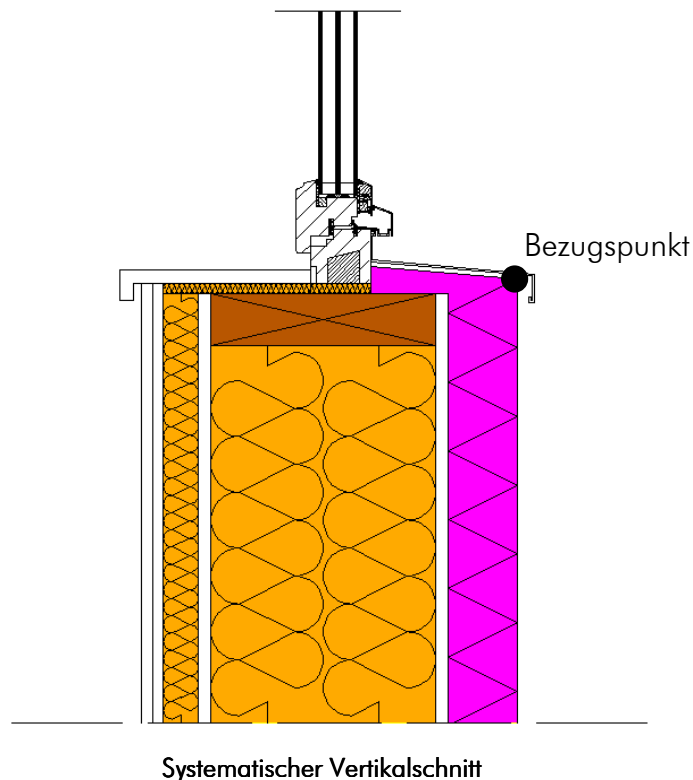
Beim unteren Fensteranschluss ist aufgrund der Notwendigkeit der Entwässerung des Profils nur eine begrenzte Überdämmung möglich, was zu einer höheren Einbauwärmebrücke führt. Ansonsten gelten dieselben Anmerkungen wie beim seitlichen und oberen Anschluss.

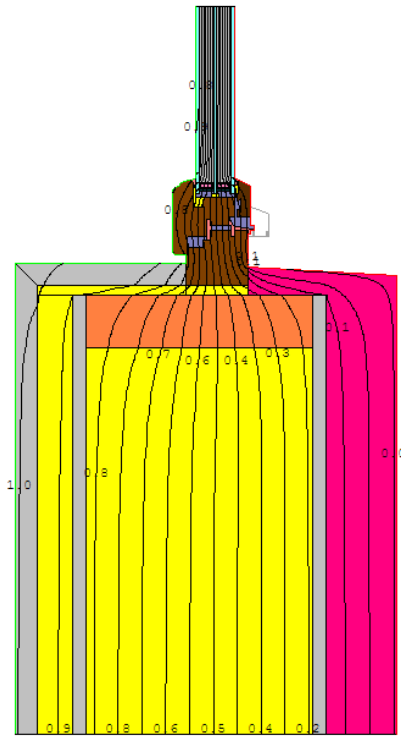
#### Aufbauten:

Außenwand Leichtbau									
Wärmeübergangswiderstand [m²K/W] innen R <sub>si</sub> : <b>0,13</b>									
außen R <sub>se</sub> : <b>0,04</b>									
Teilfläche 1	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Dichte ρ [kg/(m³)]	Flächeng. dyn. Steifigk. [MN/(m²)]	Teilfläche 2 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	Wärmeleitf. λ [W/(mK)]	Summe Breite	Dicke [mm]
1. 2xGKF	0,210							25	
MW-WL zw.									
2. Unterkonstruktion	0,035			Holz	0,130			40	
Dampfbremse, Stöße									
3. verklebt	0,000							0	
4. Gipsfaserplatte	0,360							15	
MW-WL zw.									
5. Holzriegeln	0,035					Holz	0,130	260	
6. Gipsfaserplatte	0,360							15	
7. MW-PT	0,036							80	
8. Deckschicht	0,000							0	
9.									
				Flächenanteil Teilfläche 2	6,5%	Flächenanteil Teilfläche 3	11,0%	Summe	<b>43,5</b> cm
								U-Wert:	<b>0,103</b> W/(m²K)

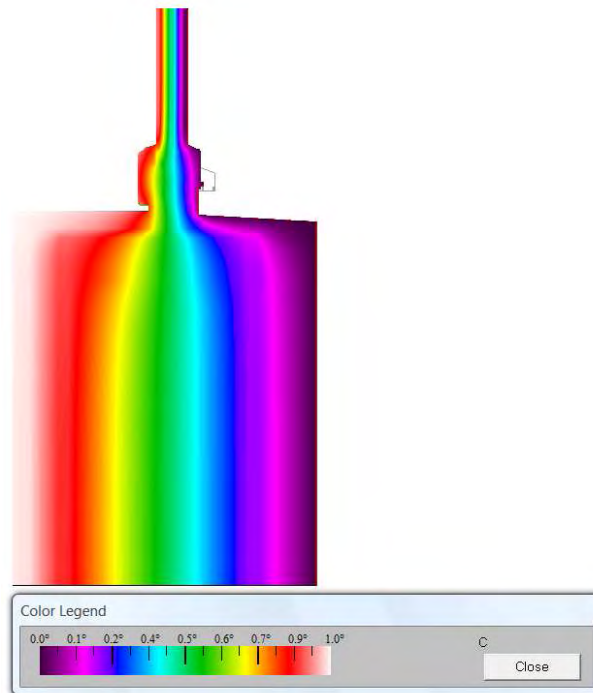
Fenster U-Wert = 0,886 W/m².K

#### Darstellungen:





Isothermen-Darstellung



Falschfarben-Infrarot-Darstellung

Ergebnis der Wärmebrückenberechnung:

Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient

$$\Psi = +0,012 \text{ W/(m.K)}$$

## 4 Ausblick/Empfehlungen

Dieses Forschungsvorhaben soll zu einem breiten Wissenstransfer beitragen und die Qualität der Bauplanung und -ausführung entsprechend den neuen Anforderungen für Niedrigstenergie- und Passivhäuser heben.

Die Bearbeitung der Problemstellung „Wärmebrücke“ war bisher in vielen Fällen den BauphysikerInnen allein überlassen. Mit pauschalen Zuschlägen konnten Wärmebrückeneffekte ausreichend berücksichtigt werden. Mit der zunehmenden Verbreitung von Bauweisen mit stark verbesserter Wärmedämmung verschieben sich aber die Relationen, bei größeren Dämmstärken können sich Wärmebrückeneffekte verstärken.

Es ist daher erforderlich, die Vermeidung von Wärmebrücken bereits im Entwurf zu berücksichtigen. Es soll dabei nicht darum gehen, architektonische Gestaltungselemente zu beschränken, sondern sie von Beginn an so zu konzipieren, dass Wärmebrückeneffekte möglichst nicht auftreten.

Bei der Auswahl der Details wurde, neben der bauphysikalisch richtigen und praxiserprobten Bauweise, auch auf die kostengünstige Umsetzbarkeit geachtet.

Aus diesen Gründen ist die aktive Verbreitung der Thematik durch Aus- und Weiterbildungsinstitutionen erforderlich, um möglichst vielen Personen, die an der Projektierung von Gebäuden beteiligt sind, die Problemstellung näher zu bringen und Lösungsansätze aufzuzeigen. Die Inhalte dieser Publikation sollen daher auch in der Aus- und Weiterbildung Verwendung finden, das betrifft einerseits Kurse der Arch+Ing Kammer, der WIFIs, Bauakademien, sowie an den Schulen, Fachhochschulen und Universitäten.

Neben der Anwendung im Passivhausbau sind die gezeigten passivhaustauglichen Anschlüsse selbstverständlich auch im konventionellen oder Niedrigenergiehausbereich empfehlenswert. Zwar ist die Wärmebrückenvermeidung gerade im zuluftbeheizbaren Passivhausbau von besonderer Bedeutung und somit auch in den meisten Fällen im Bewusstsein der PlanerInnen, dabei soll aber nicht vergessen werden, dass v.a. bei konventionellen Bauten eine beträchtliche Menge an Wärmeenergie über die Wärmebrücken verloren geht.

Eine genauere Berechnung der Wärmebrückenwirkung ist in jenen Fällen zu empfehlen, für die keine Standardlösungen vorliegen, bei denen aber auf Grund der Konstruktion mit Wärmeflüssen zu rechnen ist. Es sind zwar diverse, teilweise sogar kostenfreie, Berechnungsprogramme erhältlich, die Nutzung empfiehlt sich jedoch nur für Anwender mit entsprechendem Sachverstand und häufigem Bedarf. Das ist hauptsächlich dadurch zu begründen, dass die Programme teilweise sehr spezielles Wissen voraussetzen oder nicht nutzerfreundlich aufgebaut sind. Darüber hinaus müssen die Berechnungsergebnisse erst rechnerisch korrekt „interpretiert“ werden, um die gewünschten Kennwerte zu erhalten. Gerade bei komplizierteren zwei- und v.a. drei-dimensionalen Detailknoten empfiehlt sich daher die Beauftragung eines Bauphysikers.

Da seitens der Bauschaffenden großes Interesse an publizierten Lösungsvorschlägen festgestellt wurde, wäre nach Auswertung von Rückmeldungen aus der Zielgruppe eine Weiterführung des Passivhaus-Detailkataloges mit variierenden Aufbauten und Dämmdicken zu empfehlen. Mit derartigen Publikationen kann Österreich auch international seine gute Positionierung im Themenbereich energieeffizientes Bauen und Nachhaltigkeit verstärken.

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersicht Wärmebrücken [EnFK07] .....	10
Abbildung 2: Höckerausbildung [Schöberl & Pöll OEG] .....	38
Abbildung 3: Höckerausbildung [Schöberl & Pöll OEG] .....	39

## Quellenverzeichnis

- [BFE02] „Wärmebrückenkatalog“, herausgegeben durch das Bundesamt für Energie BFE, Schweiz, Stand 2002  
[http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de\\_382360937.pdf](http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de_382360937.pdf), abgerufen am 04. Juni 2009, 17:30
- [EnFK07] „Checkliste Wärmebrücken Version 6.0“, Konferenz Kantonaler Energiefachstellen – EnFK, Stand September 2007,  
[http://www.energie-zentralschweiz.ch/pdf/WB-Checkliste\\_Sep07.pdf](http://www.energie-zentralschweiz.ch/pdf/WB-Checkliste_Sep07.pdf),  
abgerufen am 25. Juni 2009, 11:15
- [FEI92] W. Feist, et al: „Wärmebrückenfreies Konstruieren“, Protokollband Nr. 16, Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser Phase II, Passivhaus Institut, Darmstadt, 1992
- [FEI99] W. Feist, et al: „Wärmebrückenfreies Konstruieren“, Protokollband Nr. 16, Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser Phase II, Passivhaus Institut, Darmstadt, 1999
- [FEI07] W. Feist, R. Pfluger, B. Kaufmann, J. Schnieders, O. Kah: „Passivhaus Projektierungs Paket 2007 – Anforderungen an qualitätsgeprüfte Passivhäuser“, Passivhaus Institut, Darmstadt, Juni 2007
- [GDI09] „Passivhaus-Details für Anwender“, herausgegeben von der GDI - Gemeinschaft Dämmstoff Industrie, Stand 2009  
[http://www.gdi.at/gdi\\_passivhaus\\_details.pdf](http://www.gdi.at/gdi_passivhaus_details.pdf), abgerufen am 09. Juni 2009, 17:00
- [KLI08] „Kriterienkatalog zum klima:aktiv Haus und zum klima:aktiv Passivhaus – Version 3.3.6“, im Auftrag von: Lebensministerium, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Energieinstitut Vorarlberg, Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie, 30. Oktober 2008
- [OEN03] ÖNORM B 8110-2: „Wärmeschutz im Hochbau - Teil 2: Wasserdampfdiffusion und Kondensationsschutz“, Ausgabe: 2003-07-01

- [OEN08] ÖNORM EN ISO 10211: „Wärmebrücken im Hochbau – Wärmeströme und Oberflächentemperaturen – Detaillierte Berechnungen“, Ausgabe: 2008-04-01
- [OEN08a] ÖNORM EN ISO 6946: „Bauteile - Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient - Berechnungsverfahren“, Ausgabe: 2008-04-01
- [ONV01] „Katalog für wärmetechnische Rechenwerte von Baustoffen und Bauteilen, ON V 31“, 1. Auflage, Ausgabe 1. Dezember 2001, herausgegeben durch ON Österreichisches Normungsinstitut, Wien
- [SCH09] H. Schöberl, C. Lang, J. Fechner, C. Pöhn: „Handbuch für Einfamilien-Passivhäuser in Massivbauweise“, Stand: März 2009, erstellt im Rahmen des „Energie der Zukunft“-Forschungsvorhabens „Das Passivhaus vom Baumeister – abgesicherte Planungsunterlagen – Handbuch und Seminare“, Antragsteller: Bundesinnung Bau; Projektpartner: BM Dinhobl, BM Buder & Trözmüller, Schöberl & Pöll OEG, 17&4 Organisationsberatung GmbH.