

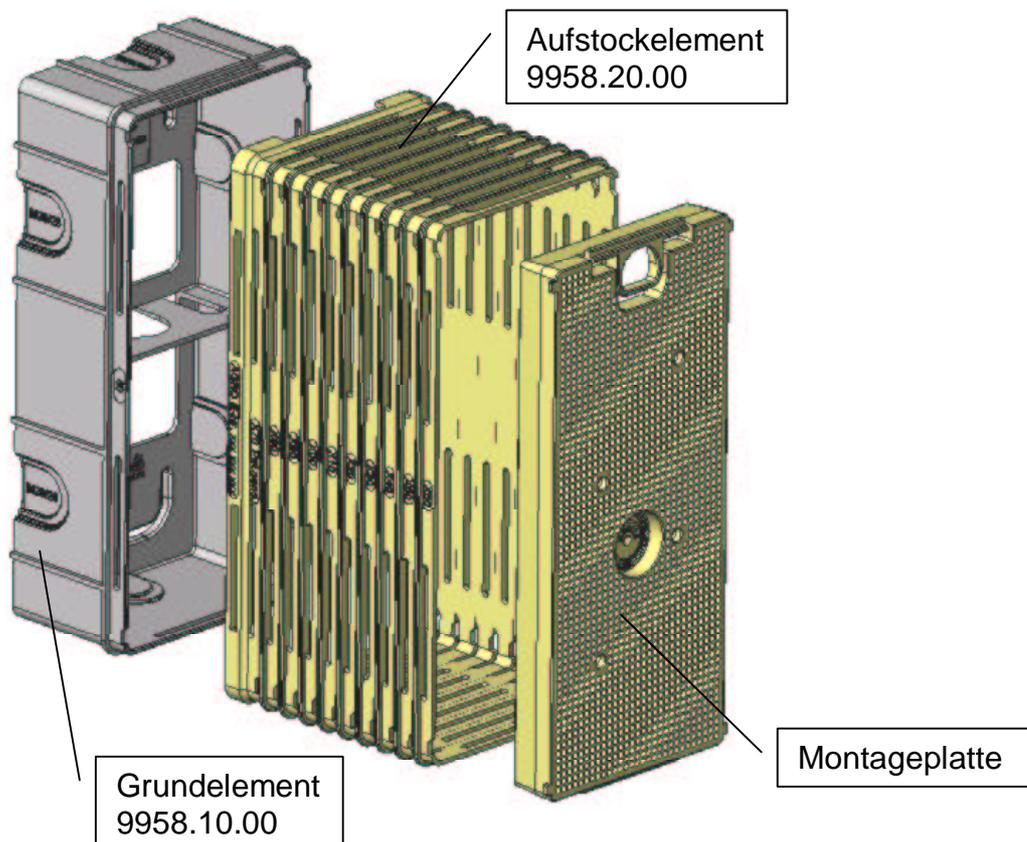
3D-Wärmebrückenberechnung für einen Geräteträger

im Auftrag der Firma AGRO AG, Hunzenschwil

Bearbeitung: Jürgen Schnieders

1 Aufgabenstellung

Zur Befestigung von Lichtschaltern, Leuchten, Steckdosen u.ä. auf der Außenseite von gedämmten Wänden hat die Firma AGRO einen Geräteträger entwickelt. Wie in der Abbildung zu erkennen, besteht er im Wesentlichen aus drei Teilen: Einem Grundelement, das auf das Mauerwerk aufgeschraubt wird, einem oder mehreren Aufstockelementen und einer Montageplatte oder einem Einlasskasten.



Alle Teile bestehen aus HDPE. Das Grundelement ist 100 mm breit, 220 mm hoch und 60 mm tief. Die Aufstockelemente sind jeweils 100 mm tief. Nach der Montage wird der Hohlraum im Innern des Aufstockelements mit Steinwolle (Flumroc) ausgestopft, um die Wärmebrückenwirkung so weit wie möglich zu reduzieren.

Für diese Konstruktion war der dreidimensionale Wärmebrückenverlustkoeffizient χ zu ermitteln. Dieser Wert gibt den zusätzlichen Wärmeverlust pro Kelvin Temperaturdifferenz an, der durch den Geräteträger im Vergleich mit einer Wand ohne Durchdringung der Dämmung entsteht.

Die Berechnung wurde für zwei verschiedene Stärken (160 und 360 mm, entsprechend einem bzw. drei Aufstockelementen) durchgeführt. Untersucht wurde je eine Variante mit ausgestopftem und mit nicht ausgestopftem Hohlraum. Die Berechnung erfolgte mit dem Wärmestromprogramm HEAT3 der Firma Blocon.

2 Materialkennwerte

Die folgenden Materialkennwerte wurden in der Berechnung angesetzt:

Material	Wärmeleitfähigkeit [W/(mK)]	Quelle
Kalksandstein-Mauerwerk, 1800 kg/m ³	0,99	DIN 4108-4
Polystyrolschaum	0,035	DIN 4108-4
HDPE	0,42	Herstellerangabe
Flumroc	0,036	Herstellerangabe
Kupfer	380	DIN 4108-4
Kunstharz-Außenputz	0,7	DIN 4108-4

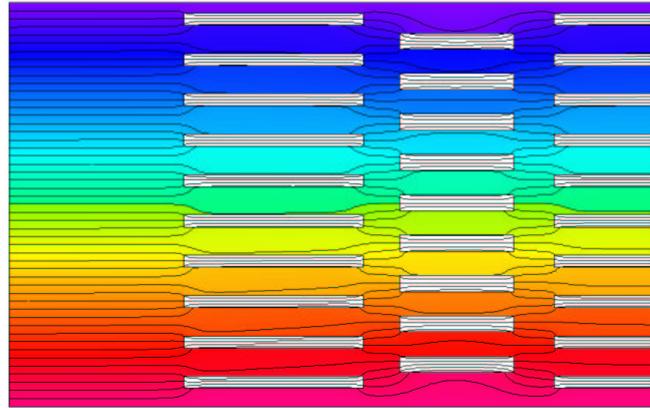
Randbedingungen:

Bezeichnung	Temperatur	Wärmeübergangswiderstand [m ² K/W]
außen	-10 °C	0,04
innen	20 °C	0,13

3 2D-Berechnung zur Ermittlung einer äquivalenten Wärmeleitfähigkeit für die geschlitzten Seitenteile

Die Aufstockelemente besitzen im Abstand von 10 mm Schlitz, durch die Sollbruchstellen definiert werden. Dies erlaubt eine einfache Höheneinstellung auf der Baustelle. Eine unmittelbare Abbildung der Schlitz im dreidimensionalen Wärmestromprogramm wäre prinzipiell zwar möglich, würde aber aufgrund der dann begrenzten Anzahl numerischer Zellen die Rechengenauigkeit stark einschränken.

Daher wurde zunächst für eine Abwicklung der Aufstockelemente eine äquivalente Wärmeleitfähigkeit bestimmt. Die Schlitzte wurden dabei als luftgefüllte Hohlräume gemäß EN 10077-2 modelliert. Die äquivalenten Wärmeleitfähigkeiten der Hohlräume ergaben sich zu ca. $0,036 \text{ W/(mK)}$. Die folgende Grafik stellt die Isothermen in der untersuchten Abwicklung dar.



Die Seitenwände der Aufstockelemente können der Berechnung zufolge als Massivmaterial mit einer äquivalenten Wärmeleitfähigkeit von **$0,23 \text{ W/(mK)}$** modelliert werden. Dieser Wert wurde für die 3D-Berechnungen verwendet.

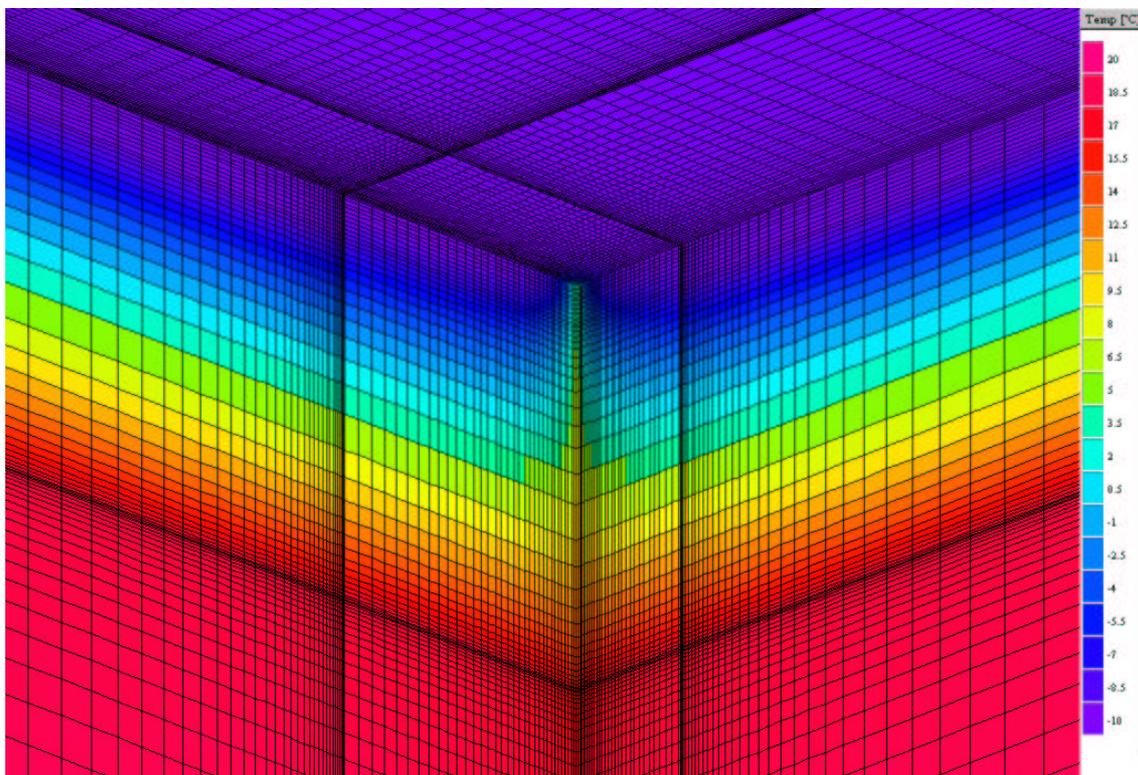
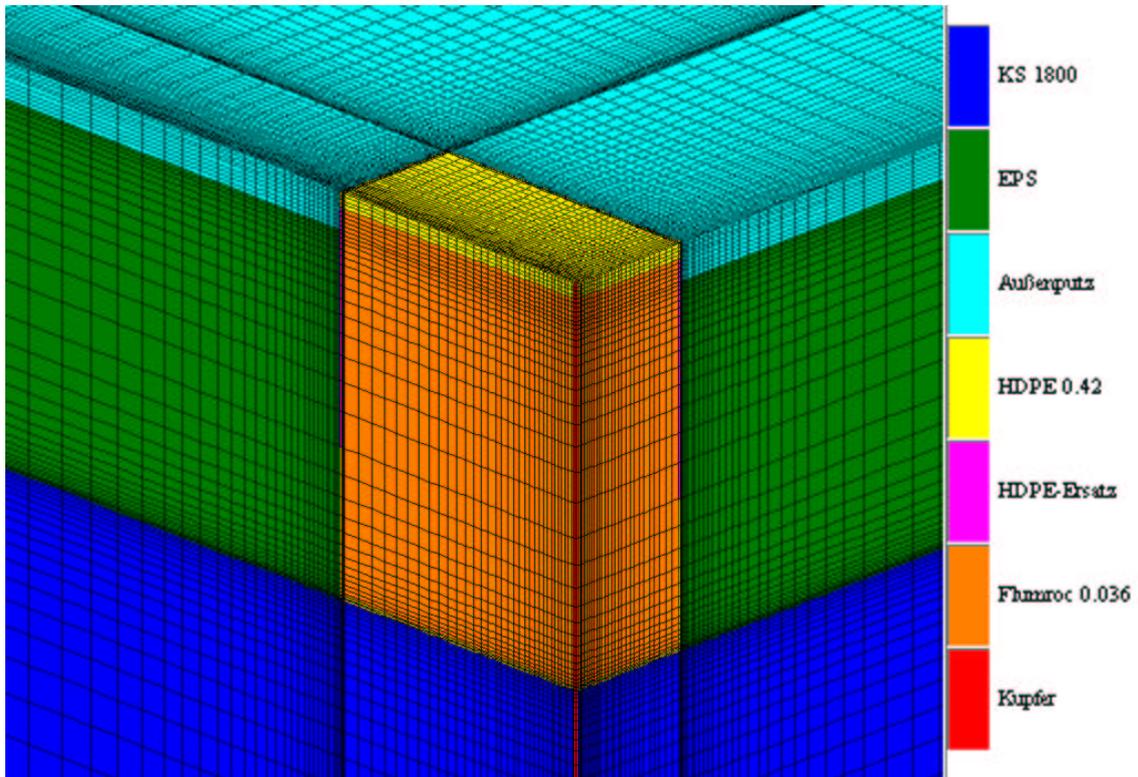
4 3D-Berechnung

Der Wandaufbau, für den die Berechnungen durchgeführt wurden, besteht aus 175 mm Kalksandstein-Mauerwerk, einer Dämmschicht entsprechend der Stärke des Geräteträgers (145 bzw. 345 mm) und 15 mm Außenputz. Der U-Wert beträgt $0,222$ bzw. $0,098 \text{ W/(m}^2\text{K)}$.

Der Geräteträger wurde als Leuchtenhalter modelliert, d.h. mit flacher Montageplatte ohne Einsatz. Die Montageplatte liegt außenbündig im Außenputz, eine ggf. aufmontierte Leuchte wurde im Rechenmodell nicht berücksichtigt. Mittig durch den Geräteträger und geradeaus weiter durch die Wand läuft ein Kupfer-Kabel mit $4,5 \text{ mm}^2$ Querschnittsfläche.

Der Geräteträger kann in dem Detaillierungsgrad, in dem er für eine dreidimensionale Berechnung modelliert werden muss, als symmetrisch angesehen werden. Es reicht daher aus, lediglich ein Viertel des Geräteträgers im Modell abzubilden. Die Abbildungen in den folgenden Abschnitten zeigen jeweils eine Ansicht dieses Schnittes, die Schnittflächen befinden sich vorne im Bild.

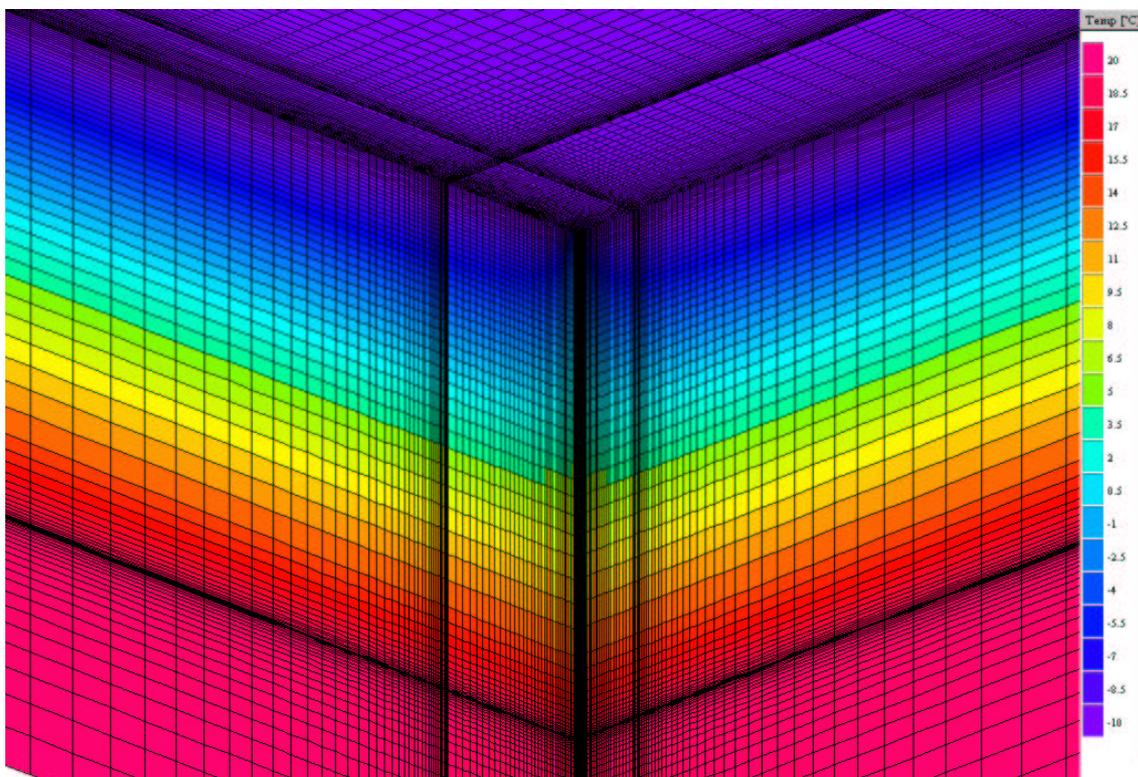
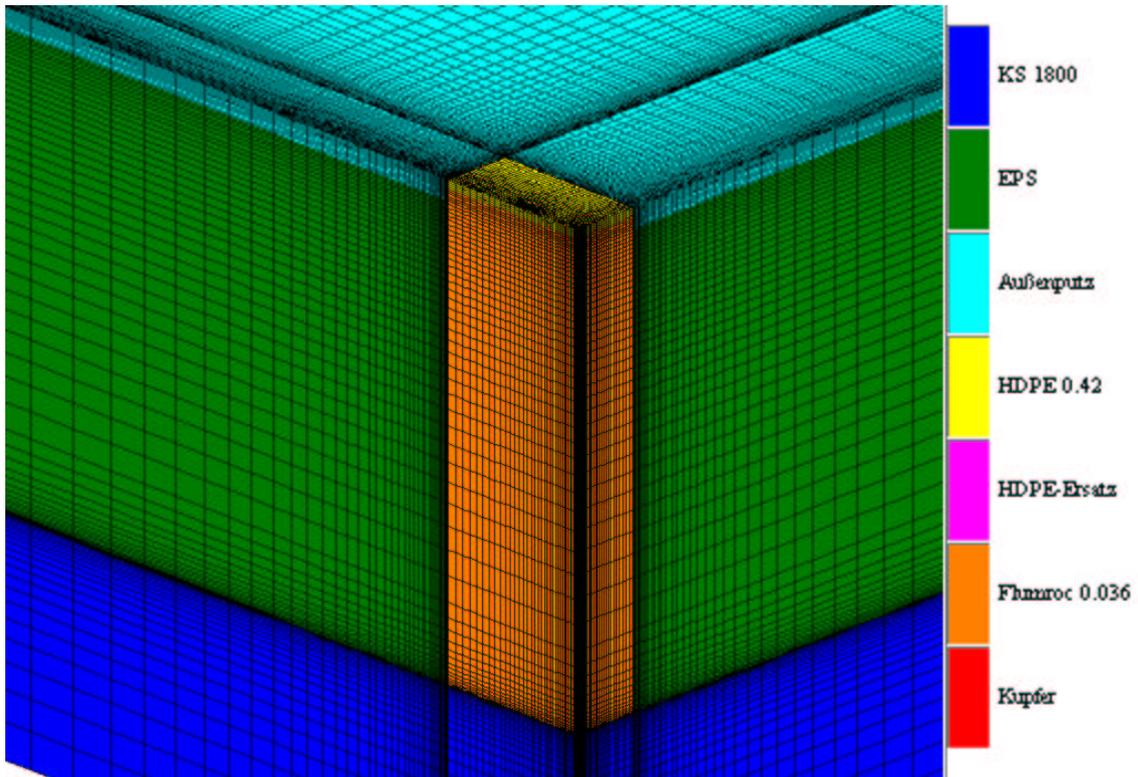
4.1 Dämmstoff-Füllung, 160 mm Stärke



$$\chi = 0,0059 \text{ W/K} .$$

Der zusätzliche Wärmeverlust entspricht einer Außenwandfläche von 0,027 m².

4.2 Dämmstoff-Füllung, 360 mm Stärke

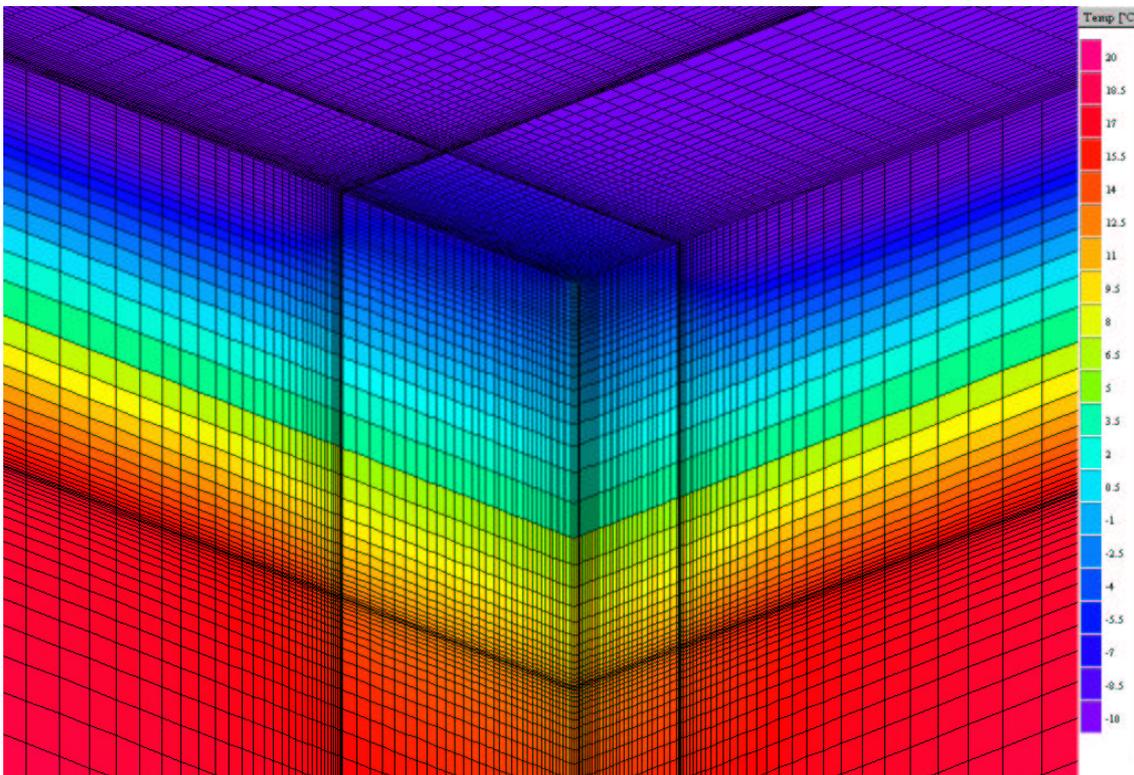


$$\chi = 0,0038 \text{ W/K .}$$

Der zusätzliche Wärmeverlust entspricht einer Außenwandfläche von 0,039 m².

4.3 Keine Dämmstoff-Füllung, 160 mm Stärke

Wird der Geräteträger bei der Montage nicht ausgestopft, befindet sich im Innern ein Hohlraum, in dem Wärmetransport durch Konvektion und Strahlung stattfindet. Um diese Vorgänge abzubilden, ist es üblich, den Hohlraum durch ein Material mit einer äquivalenten Wärmeleitfähigkeit zu ersetzen, die aufgrund von Korrelationsformeln ermittelt wird. Im vorliegenden Fall besitzt der Hohlraum in Richtung des Wärmestroms eine Ausdehnung von 152 mm, er ist 216 mm hoch und 106 mm breit. Für die Berechnung wurden die Korrelationsformeln aus EN 10077-2 verwendet. Erfahrungsgemäß werden durch diese Näherung die Wärmeverluste eher überschätzt, die Berechnung liegt also auf der sicheren Seite. Für den Hohlraum ergab sich eine äquivalente Wärmeleitfähigkeit von 0,81 W/(mK).

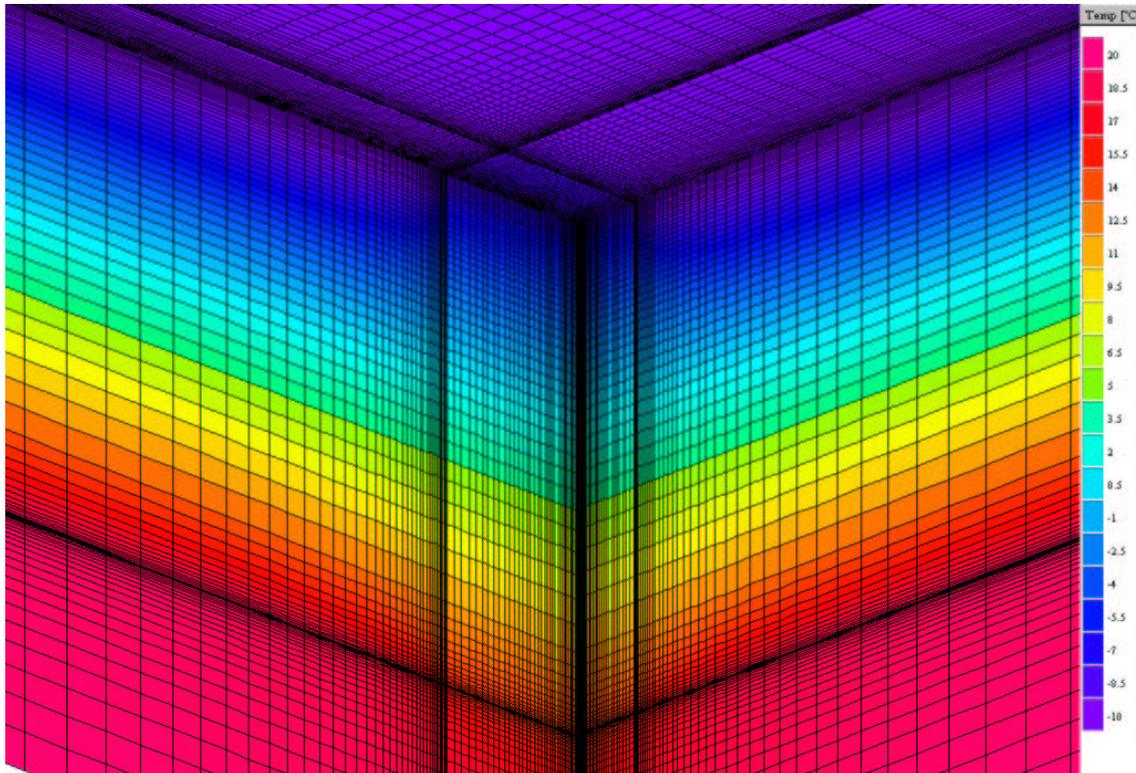


$$\chi = 0,065 \text{ W/K} .$$

Der zusätzliche Wärmeverlust entspricht einer Außenwandfläche von 0,30 m².

4.4 Keine Dämmstoff-Füllung, 360 mm Stärke

Für diesen Fall ergibt sich eine äquivalente Wärmeleitfähigkeit des Hohlraums von 1,12 W/(mK).



$$\chi = 0,049 \text{ W/K .}$$

Der zusätzliche Wärmeverlust entspricht einer Außenwandfläche von 0,51 m².

5 Zusammenfassende Bewertung

Der Wärmebrückeneffekt des Geräteträgers in der vorgesehenen Ausführung mit Steinwolle-Ausstopfung ist vernachlässigbar gering, er entspricht je nach Dämmstoffstärke dem Wärmeverlust von weniger als 0,05 m² zusätzlicher Außenwandfläche. Den wesentlichen Beitrag zum Wärmeverlust liefert dabei das – unvermeidliche – Stromkabel: Für 360 mm Stärke, mit Ausstopfung, aber ohne Kabel, beträgt χ nur noch 0,0008 W/K und damit nur 20 % des Wärmebrückenverlustkoeffizienten mit Kabel.

Für ein Einfamilienhaus im Neubau können typische jährliche Transmissionswärmeverluste in der Heizperiode von ca. 10 000 kWh angenommen werden. Sind drei Geräteträger des hier untersuchten Typs mit 160 mm Stärke vorhanden, würden diese einen Anteil von 0,015 % an den Transmissionswärmeverlusten ausmachen.

Wird der Geräteträger nicht mit Dämmstoff ausgestopft, so wirkt sich die Wärmebrücke wesentlich stärker aus, der Wärmebrückenverlustkoeffizient χ wächst um mehr als einen Faktor 10.