



**INSTITUT WOHNEN
UND UMWELT GmbH**

Annastraße 15
64285 Darmstadt

Fon: (0049) 06151/2904-0

Fax: (0049) 06151/2904-97

eMail: info@iwu.de

Internet: <http://www.iwu.de>

Wiesbaden – Welschstraße 10-26

Energetische Modernisierung von Geschosswohnungsbauten der fünfziger Jahre

**Eine Untersuchung im Auftrag der Stadt Wiesbaden
in Kooperation mit der Klimaschutz-Agentur Wiesbaden e.V.**

Darmstadt, den 13.11.2003

**Autoren: Marc Großklos
 Rainer Feldmann
 Tobias Loga
 Rolf Born**

Wiesbaden – Welschstraße 10 - 26

Energetische Modernisierung von Geschosswohnungsbauten der fünfziger Jahre

Angaben zum Objekt

Eigentümer / Bauherr: GWW Wiesbadener Wohnbaugesellschaft mbH
Kronprinzenstraße 28
65185 Wiesbaden

Angaben zur vorliegenden Dokumentation

Autoren: Marc Großklos
Rainer Feldmann
Tobias Loga
Rolf Born

Reprotechnik: Reda Hatteh

1. Auflage

Darmstadt, den 13.11.2003

ISBN-Nr.:

IWU-Bestellnummer: 09/03

INSTITUT WOHNEN UND UMWELT GMBH

Annastraße 15

64285 Darmstadt

Fon: 06151/2904-0 / Fax: -97

Internet: www.iwu.de

Inhalt

1	Übersicht über die Gebäude	1
2	Energetische Modernisierungsmaßnahmen	2
2.1	Dämmung der Kellerdecke	2
2.2	Dämmung der obersten Geschossdecke	2
2.3	Installation einer Zentralheizung mit Niedertemperaturkessel.....	2
2.4	Dämmung der Außenwände.....	3
2.5	Austausch der Fenster	3
2.6	Dämmung des Treppenhauses im Keller und im Dachgeschoss.....	3
3	Energiekennwerte und berechnete Energieeinsparung	3
3.1	Wärmeschutz-Varianten	3
3.2	U-Werte und Einfluss der Wärmebrücken	4
3.3	Reduktion der Transmissionswärmeverluste.....	10
3.4	Anlagentechnik	13
3.5	Randbedingungen der Berechnung.....	13
3.6	Ergebnisse: Einsparung von Heizwärme, End- und Primärenergie	14
3.7	Aufteilung der Energieeinsparung auf die Maßnahmen	15
3.8	Auswirkung einer Vernachlässigung der Wärmebrücken auf den berechneten Energiebedarf	16
4	Kosten	18
5	Wirtschaftlichkeit	19
6	Zusammenfassung	21
7	Literatur	21
Anhang A: Dokumentation der Energiebilanzberechnungen für die verschiedenen Varianten		22
Anhang B: Ermittlung der Flächen und Rohrleitungslängen		30
Anhang C: Ermittlung der Wärmebrückenverlustkoeffizienten		32

1 Übersicht über die Gebäude

Die vier Gebäude in der Welschstraße 10/12 und 16-26 in Wiesbaden wurden um 1959 errichtet. Den Grundriss zeigt Bild 1, Ansichten sind in Bild 2 zu finden.

Bild 1: Grundriss der Gebäude

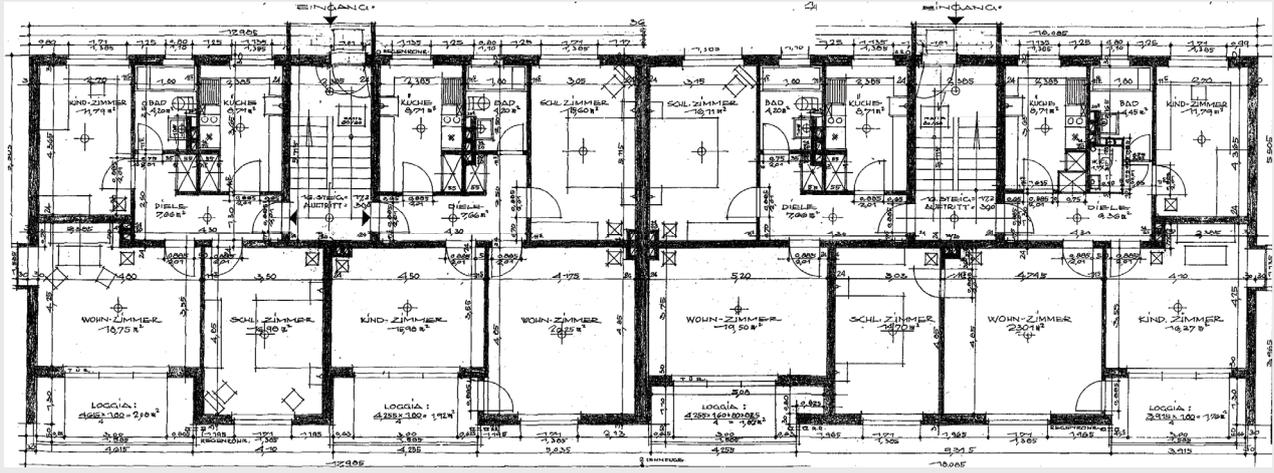


Bild 2: Süd- und Nordansicht eines der Gebäude



Jedes Gebäude verfügt über 12 Wohneinheiten, die auf drei Etagen verteilt sind. Das Dachgeschoss ist nicht ausgebaut und wird von den Mietern teilweise als Abstell- und Trockenraum verwendet.

Die bei der Errichtung der Gebäude vorhanden Fensterflügel mit Einfachverglasungen wurden bereits gegen Holzflügel mit Isolierverglasung ausgetauscht. Bei allen anderen Komponenten der Gebäudehülle war noch der unveränderte Urzustand vorhanden.

2 Energetische Modernisierungsmaßnahmen

In den Jahren 1998/99 wurden die Gebäude teilweise energetisch modernisiert. Die durchgeführten Modernisierungsmaßnahmen sind im Folgenden dokumentiert. Darüber hinaus werden eine Reihe von energetischen Verbesserungen beschrieben, die an den Häusern noch nicht durchgeführt wurden, aber ein sinnvolles Gesamtpaket für die energetische Verbesserung der Häuser ergeben würden und zukünftig auch umgesetzt werden sollen. Eine energetische Optimierung, um z. B. den Niedrigenergiehaus-Standard im Bestand zu erreichen, wurde nicht durchgeführt, da dies mit den untersuchten Gebäuden nicht vorgesehen ist.

Bei der Bilanzierung wird immer von einem Doppelhaus mit 12 Wohneinheiten ausgegangen. Zur Bestimmung des Heizenenergiebedarfs alle vier Gebäude sind die Ergebnisse dieses Berichts entsprechend zu interpretieren.

Bisher durchgeführte Maßnahmen:

2.1 Dämmung der Kellerdecke

Die Kellerdecken wurde in den Gebäuden mit 60 mm starken Rockfon Facett RH-95 Platten (Wärmeleitgruppe 040) isoliert (Bild 3). Diese wurden von unten an die Kellerdecke gedübelt. Da die Platten eine harte und glatte Oberfläche besitzen, waren keine weiteren Arbeiten zur Verkleidung notwendig.

Bild 3: Dämmung der Kellerdecke



2.2 Dämmung der obersten Geschossdecke

Auf der oberste Geschossdecke wurden Polystyrolämmplatten mit Nut- und Feder in 50 mm Dicke (Wärmeleitgruppe 040) auf eine PE-Folie verlegt und mit begehbaren V 100 Spanplatten abgedeckt.

2.3 Installation einer Zentralheizung mit Niedertemperaturkessel

An Stelle der bisher in den einzelnen Wohnungen vorhandenen Gasetagenheizungen wurde für jedes Gebäude (zwei Aufgänge) eine gemeinsame Erdgas-Zentralheizung mit Niedertemperaturkessel zur Beheizung und für die Warmwasserbereitung installiert.

Folgende energetischen Maßnahmen wurden bisher noch nicht durchgeführt:

2.4 Dämmung der Außenwände

Für die Energiebilanzberechnungen wurde angenommen, dass bei einer Komplettmodernisierung die Außenwände mit einem Wärmedämmverbundsystem (WDVS) der Wärmeleitgruppe WLG 035 in 120 mm Dicke gedämmt werden. In den Loggien werden wegen des Raumverlustes nur 80 mm WDVS montiert. Im Bereich des oberirdisch sichtbaren Kellers wird bis zur Oberkante des Erdreiches eine Perimeterdämmung (WLG 035) mit 80 mm Stärke angebracht. Die Einfassung der Hauseingangstüren wird abgeschnitten.

2.5 Austausch der Fenster

Es ist geplant, die alten Holzfenster mit nachträglich eingesetzter Isolierverglasung gegen neue Fenster mit einem wärmedämmenden Fensterrahmen und Wärmeschutzverglasung auszutauschen. Werden der Austausch der Fenster und das Anbringen des WDVS gleichzeitig durchgeführt, können die Fenster vor die Fassade montiert werden, wodurch die Wärmebrückenwirkung der Einbausituation stark vermindert wird.

2.6 Dämmung des Treppenhauses im Keller und im Dachgeschoss

Da beim Anbringen eines WDVS die Treppenhäuser in den beheizten Bereich aufgenommen werden, sollten sowohl im Keller als auch im Dachgeschoss der Treppen Ab- bzw. Aufgang von außen, also im Keller bzw. im Dachgeschoss mit 60 mm gedämmt werden. Dabei ist darauf zu achten, dass die zusätzliche Dämmung nahtlos an diejenige der Kellerdecke bzw. die Dämmung der obersten Geschossdecke stößt.

3 Energiekennwerte und berechnete Energieeinsparung

3.1 Wärmeschutz-Varianten

Im Folgenden wird der wärmetechnische Zustand vor und nach Modernisierung bewertet. Neben den tatsächlich ausgeführten Maßnahmen wurde auch eine Variante mit einer Komplettmodernisierung berechnet. Die Wärmeschutz-Varianten sind wie folgt definiert:

- Var. 1: Urzustand nach Errichtung des Gebäudes mit einfachverglasten Fenstern (wird im Bericht nicht weiter erläutert)
- Var. 2: Zustand vor Modernisierung
- Var. 3: Zustand Maßnahmen teilweise durchgeführt (wie bis 2003 realisiert – siehe Abschnitt 1)
- Var. 4: Zustand nach Komplettmodernisierung (siehe Abschnitt 1)

3.2 U-Werte und Einfluss der Wärmebrücken

Für den Zustand vor der Modernisierung und die verschiedenen Maßnahmenvarianten wurden jeweils die U-Werte ermittelt. Tab. 1 zeigt die Schichtfolge und die Berechnung der U-Werte für die Regelquerschnitte.

Üblicherweise werden diese Daten für die Abschätzung der Energieeinsparung von Wärmeschutzmaßnahmen verwendet. Im Rahmen des hier durchgeführten Projekts soll allerdings auch der Einfluss der Wärmebrücken auf das Ergebnis untersucht werden. Die Berechnung der Wärmebrückenverlustkoeffizienten ist in Abschnitt 0 dokumentiert.

Tab. 2 gibt einen Überblick über die Flächen und U-Werte sowie die Längen und Verlustkoeffizienten der vorhandenen linearen Wärmebrücken. Die Auswirkungen der Wärmebrücken werden in Kapitel 3.8 diskutiert.

Tab. 1: Berechnung der U-Werte

Lfd.Nr.	Bauteil Kürzel	Bauteil-Bezeichnung
1	w1eg	Hohlblocksteine Erdgeschoss 30 cm ungedämmt
Wärmeübergangswiderstand innen R_{si} : 0,13 m^2KW		
Dicke d in mm		
Wärmeleitfähigkeit λ in $W/(mK)$		
Bereich 1	Bereich 2*	Bereich 3*
Bereich 1	Bereich 2*	Bereich 3*
Bereich 1	Bereich 2*	Bereich 3*
1. Gipsmörtel		
2. Hohlblocksteine 50 (DIN 18151)		
3. Kalkzementmörtel		
4.		
5.		
6.		
7.		
8.		
9.		
10.		
Wärmedurchlasswiderstand unbeheizter Räume (z.B. Dachraum) R_{U} :		
Wärmeübergangswiderstand außen R_{sa} : 0,04 m^2KW		
Flächenanteile:		
100%		
U-Wert:		1,394 $W/(m^2K)$

*) λ für Bereich 2 oder 3 nur eintragen, wenn abweichend von Bereich 1

Lfd.Nr.	Bauteil Kürzel	Bauteil-Bezeichnung
2	w2eg	Hohlblocksteine Erdgeschoss 24 cm ungedämmt (Kellerabgang)
Wärmeübergangswiderstand innen R_{si} : 0,13 m^2KW		
Dicke d in mm		
Wärmeleitfähigkeit λ in $W/(mK)$		
Bereich 1	Bereich 2*	Bereich 3*
Bereich 1	Bereich 2*	Bereich 3*
Bereich 1	Bereich 2*	Bereich 3*
1. Gipsmörtel		
2. Hohlblocksteine 50 (DIN 18151)		
3. Kalkzementmörtel		
4.		
5.		
6.		
7.		
8.		
9.		
10.		
Wärmedurchlasswiderstand unbeheizter Räume (z.B. Dachraum) R_{U} :		
Wärmeübergangswiderstand außen R_{sa} : 0,04 m^2KW		
Flächenanteile:		
100%		
U-Wert:		1,617 $W/(m^2K)$

*) λ für Bereich 2 oder 3 nur eintragen, wenn abweichend von Bereich 1

Lfd.Nr.	Bauteil Kürzel	Bauteil-Bezeichnung
3	w3og	Hohlblocksteine Obergeschoss 30 cm ungedämmt
Wärmeübergangswiderstand innen R_{si} : 0,13 m^2KW		
Dicke d in mm		
Wärmeleitfähigkeit λ in $W/(mK)$		
Bereich 1	Bereich 2*	Bereich 3*
Bereich 1	Bereich 2*	Bereich 3*
Bereich 1	Bereich 2*	Bereich 3*
1. Gipsmörtel		
2. Hohlblocksteine 25 (DIN 18151)		
3. Kalkzementmörtel		
4.		
5.		
6.		
7.		
8.		
9.		
10.		
Wärmedurchlasswiderstand unbeheizter Räume (z.B. Dachraum) R_{U} :		
Wärmeübergangswiderstand außen R_{sa} : 0,04 m^2KW		
Flächenanteile:		
100%		
U-Wert:		1,198 $W/(m^2K)$

*) λ für Bereich 2 oder 3 nur eintragen, wenn abweichend von Bereich 1

Tab. 1 (Fortsetzung)

Lfd.Nr. Bauteil Kürzel Bauteil-Bezeichnung
 4 **w4og** **Hohlblocksteine Obergeschoss 24 cm ungedämmt gegen Dachraum**

Wärmeübergangswiderstand innen R_{si} : 0,13 m^2KW				Dicke d in mm	Wärmeleitfähigkeit λ in $W/(mK)$		
Bereich 1	Bereich 2*	Bereich 3*	Bereich 1		Bereich 2*	Bereich 3*	
1. Gipsmörtel				20	0,700		
2. Hohlblocksteine 25 (DIN 18151)				240	0,489		
3. Kalkzementmörtel				20	0,870		
4.							
5.							
6.							
7.							
8.							
9.							
10.							

Wärmedurchlasswiderstand unbeheizter Räume (z.B. Dachraum) R_{U} : **0,3** m^2KW Flächen-
 anteile: **100%** **U-Wert: 0,988** $W/(m^2K)$

Wärmeübergangswiderstand außen R_{sa} : **0,04** m^2KW

*) λ für Bereich 2 oder 3 nur eintragen,
 wenn abweichend von Bereich 1

Lfd.Nr. Bauteil Kürzel Bauteil-Bezeichnung
 5 **w1ega** **Hohlblocksteine Erdgeschoss 30 cm mit 12 cm WDVS**

Wärmeübergangswiderstand innen R_{si} : 0,13 m^2KW				Dicke d in mm	Wärmeleitfähigkeit λ in $W/(mK)$		
Bereich 1	Bereich 2*	Bereich 3*	Bereich 1		Bereich 2*	Bereich 3*	
1. Gipsmörtel				20	0,700		
2. Hohlblocksteine 50 (DIN 18151)				300	0,605		
3. Kalkzementmörtel				20	0,870		
4. Polystyrol				120	0,035		
5. Kunstharzputz				10	0,870		
6.							
7.							
8.							
9.							
10.							

Wärmedurchlasswiderstand unbeheizter Räume (z.B. Dachraum) R_{U} : **0,3** m^2KW Flächen-
 anteile: **100%** **U-Wert: 0,241** $W/(m^2K)$

Wärmeübergangswiderstand außen R_{sa} : **0,04** m^2KW

*) λ für Bereich 2 oder 3 nur eintragen,
 wenn abweichend von Bereich 1

Lfd.Nr. Bauteil Kürzel Bauteil-Bezeichnung
 6 **w2ega** **Hohlblocksteine Erdgeschoss 24 cm (Kellerabgang) mit 6 cm Innendämmung**

Wärmeübergangswiderstand innen R_{si} : 0,13 m^2KW				Dicke d in mm	Wärmeleitfähigkeit λ in $W/(mK)$		
Bereich 1	Bereich 2*	Bereich 3*	Bereich 1		Bereich 2*	Bereich 3*	
1. Gipsmörtel				20	0,700		
2. Hohlblocksteine 50 (DIN 18151)				240	0,605		
3. Gipsmörtel				20	0,700		
4. Polystyrol				60	0,035		
5. Kunstharzputz				10	0,870		
6.							
7.							
8.							
9.							
10.							

Wärmedurchlasswiderstand unbeheizter Räume (z.B. Dachraum) R_{U} : **0,3** m^2KW Flächen-
 anteile: **100%** **U-Wert: 0,426** $W/(m^2K)$

Wärmeübergangswiderstand außen R_{sa} : **0,04** m^2KW

*) λ für Bereich 2 oder 3 nur eintragen,
 wenn abweichend von Bereich 1

Tab. 1 (Fortsetzung)

Lfd.Nr.	Bauteil Kürzel	Bauteil-Bezeichnung
7	w3oga	Hohlblocksteine Obergeschosse 30 cm mit 12 cm WDVS

Wärmeübergangswiderstand innen R_{si} :			0,13	m^2KW	Dicke d in mm	Wärmeleitfähigkeit λ in $W/(mK)$		
Bereich 1	Bereich 2*	Bereich 3*				Bereich 1	Bereich 2*	Bereich 3*
1. Gipsmörtel			20		0,700			
2. Hohlblocksteine 25 (DIN 18151)			300		0,489			
3. Kalkzementmörtel			20		0,870			
4. Polystyrol			120		0,035			
5. Kunstharzputz			10		0,870			
6.								
7.								
8.								
9.								
10.								
Wärmedurchlasswiderstand unbeheizter Räume (z.B. Dachraum) R_{U} :				m^2KW	Flächenanteile:	100%		
Wärmeübergangswiderstand außen R_{sa} :			0,04	m^2KW	U-Wert:	0,234	$W/(m^2K)$	

*) λ für Bereich 2 oder 3 nur eintragen, wenn abweichend von Bereich 1

Lfd.Nr.	Bauteil Kürzel	Bauteil-Bezeichnung
8	w4oga	Hohlblocksteine Obergeschosse 24 cm mit 6 cm Innendämmung

Wärmeübergangswiderstand innen R_{si} :			0,13	m^2KW	Dicke d in mm	Wärmeleitfähigkeit λ in $W/(mK)$		
Bereich 1	Bereich 2*	Bereich 3*				Bereich 1	Bereich 2*	Bereich 3*
1. Kunstharzputz			10		0,870			
2. Polystyrol			60		0,035			
3. Gipsmörtel			20		0,700			
4. Hohlblocksteine 25 (DIN 18151)			240		0,489			
5. Kalkzementmörtel			20		0,870			
6.								
7.								
8.								
9.								
10.								
Wärmedurchlasswiderstand unbeheizter Räume (z.B. Dachraum) R_{U} :				m^2KW	Flächenanteile:	100%		
Wärmeübergangswiderstand außen R_{sa} :			0,04	m^2KW	U-Wert:	0,410	$W/(m^2K)$	

*) λ für Bereich 2 oder 3 nur eintragen, wenn abweichend von Bereich 1

Lfd.Nr.	Bauteil Kürzel	Bauteil-Bezeichnung
9	og1	Oberste Geschossdecke im Urzustand

Wärmeübergangswiderstand innen R_{si} :			0,1	m^2KW	Dicke d in mm	Wärmeleitfähigkeit λ in $W/(mK)$		
Bereich 1	Bereich 2*	Bereich 3*				Bereich 1	Bereich 2*	Bereich 3*
1. Kalkinnenputz			15		0,600			
2. Stahlbeton			170		1,750			
3. Trittschalldämmung			20		0,035			
4. Zementestrich			50		1,200			
5.								
6.								
7.								
8.								
9.								
10.								
Wärmedurchlasswiderstand unbeheizter Räume (z.B. Dachraum) R_{U} :			0,3	m^2KW	Flächenanteile:	100%		
Wärmeübergangswiderstand außen R_{sa} :			0,04	m^2KW	U-Wert:	0,851	$W/(m^2K)$	

*) λ für Bereich 2 oder 3 nur eintragen, wenn abweichend von Bereich 1

Tab. 1 (Fortsetzung)

Lfd.Nr.	Bauteil Kürzel	Bauteil-Bezeichnung	
10	og1a	Oberste Geschossdecke gedämmt	
Wärmeübergangswiderstand innen R_{si} : 0,1 m^2KW			
Dicke d in mm			
Wärmeleitfähigkeit λ in $W/(mK)$			
	Bereich 1	Bereich 2*	Bereich 3*
1.	Kalkinnenputz		
2.	Stahlbeton		
3.	Trittschalldämmung		
4.	Zementestrich		
5.	Wämedämmung		
6.	Hartfaserplatte		
7.			
8.			
9.			
10.			
Wärmedurchlasswiderstand unbeheizter Räume (z.B. Dachraum) R_u : 0,3 m^2KW			
Wärmeübergangswiderstand außen R_{sa} : 0,04 m^2KW			
Flächenanteile: 100%			
U-Wert: 0,398 $W/(m^2K)$			

*) λ für Bereich 2 oder 3 nur eintragen, wenn abweichend von Bereich 1

Lfd.Nr.	Bauteil Kürzel	Bauteil-Bezeichnung	
11	kd1	Kellerdecke im Urzustand	
Wärmeübergangswiderstand innen R_{si} : 0,17 m^2KW			
Dicke d in mm			
Wärmeleitfähigkeit λ in $W/(mK)$			
	Bereich 1	Bereich 2*	Bereich 3*
1.	Linoleum		
2.	Estrich		
3.	Trittschalldämmung		
4.	Stahlbeton		
5.	Kalkputz		
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			
Wärmedurchlasswiderstand unbeheizter Räume (z.B. Dachraum) R_u : 0,3 m^2KW			
Wärmeübergangswiderstand außen R_{sa} : 0,17 m^2KW			
Flächenanteile: 100%			
U-Wert: 1,018 $W/(m^2K)$			

*) λ für Bereich 2 oder 3 nur eintragen, wenn abweichend von Bereich 1

Lfd.Nr.	Bauteil Kürzel	Bauteil-Bezeichnung	
12	kd1a	Kellerdecke gedämmt	
Wärmeübergangswiderstand innen R_{si} : 0,17 m^2KW			
Dicke d in mm			
Wärmeleitfähigkeit λ in $W/(mK)$			
	Bereich 1	Bereich 2*	Bereich 3*
1.	Linoleum		
2.	Estrich		
3.	Trittschalldämmung		
4.	Stahlbeton		
5.	Kalkputz		
6.	Dämmplatten		
7.			
8.			
9.			
10.			
Wärmedurchlasswiderstand unbeheizter Räume (z.B. Dachraum) R_u : 0,3 m^2KW			
Wärmeübergangswiderstand außen R_{sa} : 0,17 m^2KW			
Flächenanteile: 100%			
U-Wert: 0,403 $W/(m^2K)$			

*) λ für Bereich 2 oder 3 nur eintragen, wenn abweichend von Bereich 1

Tab. 1 (Fortsetzung)

Lfd.Nr. **Bauteil Kürzel** **Bauteil-Bezeichnung**
 13 **Tr_D** **Dachschräge Treppenhaus**

Wärmeübergangswiderstand innen R_{si} : **0,1** m^2KW Dicke d in mm

	Bereich 1	Bereich 2*	Bereich 3*
1. Kalkinnenputz			
2. Heraklithplatte			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			

Wärmeleitfähigkeit λ in $W/(mK)$

	Bereich 1	Bereich 2*	Bereich 3*
	0,600		
	0,080		

Wärmedurchlasswiderstand unbeheizter Räume (z.B. Dachraum) R_{U} : **0,06** m^2KW Flächen-anteile: **100%**

Wärmeübergangswiderstand außen R_{sa} : **0,04** m^2KW **U-Wert: 1,667** $W/(m^2K)$

*) λ für Bereich 2 oder 3 nur eintragen, wenn abweichend von Bereich 1

Lfd.Nr. **Bauteil Kürzel** **Bauteil-Bezeichnung**
 14 **Tr_Sp** **Treppenhaus gegen Spitzboden**

Wärmeübergangswiderstand innen R_{si} : **0,1** m^2KW Dicke d in mm

	Bereich 1	Bereich 2*	Bereich 3*
1. Kalkinnenputz			
2. Heraklithplatte			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			

Wärmeleitfähigkeit λ in $W/(mK)$

	Bereich 1	Bereich 2*	Bereich 3*
	0,600		
	0,080		

Wärmedurchlasswiderstand unbeheizter Räume (z.B. Dachraum) R_{U} : **0,06** m^2KW Flächen-anteile: **100%**

Wärmeübergangswiderstand außen R_{sa} : **0,04** m^2KW **U-Wert: 1,379** $W/(m^2K)$

*) λ für Bereich 2 oder 3 nur eintragen, wenn abweichend von Bereich 1

Lfd.Nr. **Bauteil Kürzel** **Bauteil-Bezeichnung**
 15 **w4loggia** **Loggiaaußenwand Obergeschosse 30 cm mit 8 cm WDVS**

Wärmeübergangswiderstand innen R_{si} : **0,13** m^2KW Dicke d in mm

	Bereich 1	Bereich 2*	Bereich 3*
1. Gipsmörtel			
2. Hohlblocksteine 25 (DIN 18151)			
3. Kalkzementmörtel			
4. Polystyrol			
5. Kunstharzputz			
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			

Wärmeleitfähigkeit λ in $W/(mK)$

	Bereich 1	Bereich 2*	Bereich 3*
	0,700		
	0,489		
	0,870		
	0,035		
	0,870		

Wärmedurchlasswiderstand unbeheizter Räume (z.B. Dachraum) R_{U} : \quad m^2KW Flächen-anteile: **100%**

Wärmeübergangswiderstand außen R_{sa} : **0,04** m^2KW **U-Wert: 0,319** $W/(m^2K)$

*) λ für Bereich 2 oder 3 nur eintragen, wenn abweichend von Bereich 1

Tab. 2: Zusammenfassung der Bauteilflächen und Wärmebrückenlängen zugehörige Wärmedurchgangskoeffizienten der verschiedenen Varianten

Bauteil-Kürzel (s.o.)	Bezeichnung (freier Eintrag)	Red.-faktor	Ges.-fläche [m ²]	Urzustand	Vor Modernisierung	Wie ausgeführt	Komplettmodernisierung
				U-Werte in W/(m ² K)			
1. KD	Kellerdecke	0,6	342,4	1,018	1,018	0,403	0,403
2. OG	OG-Decke	1,0	342,4	0,851	0,851	0,398	0,398
3. AW	Außenwand	1,0	538,7	1,394	1,394	1,394	0,241
4. FE	Fenster	1,0	174,4	4,830	3,057	3,057	1,311
5. Tue	Eingangstür	1,0	4,7	4,160	2,760	2,760	2,000
6. W_T_K	Wand Treppe geg Keller	0,6	25,2	1,617	1,617	1,617	0,426
7. W_T_D	Wand Treppe geg Dachraum	1,0	44,9	0,988	0,988	0,988	0,410
8. Tr_D	Dachschräge Treppenhaus	1,0	7,9	1,667	1,667	1,667	1,667
9. Tr_Sp	Treppenhaus geg Spitzboden	1,0	5,5	1,379	1,379	1,379	1,667
10. Tr	Boden Treppe geg Erdreich	0,6	24,4	1,253	1,253	1,253	1,253
11. AW_Lo	Außenwand in Loggia	1,0	144,1	1,394	1,394	1,394	0,319
12.			0,0				
13. WB_KW_Tr	Trennwände im Keller	0,6	125,4	0,191	0,191	0,259	0,259
14. WB_AW_K	AW_KD	1,0	98,3	-0,331	-0,331	-0,058	0,076
15. WB_Tre_Kel	Treppenhaus im Keller	0,6	54,4	0,412	0,412	0,274	0,248
16. WB_Ecke	Außenecke	1,0	17,0	-0,739	-0,739	-0,739	-0,028
17. WB_GD	Geschossdecken	1,0	166,5	0,256	0,256	0,256	0,006
18. WB_Gi	Giebel an OG-Decke	1,0	21,6	-0,069	-0,069	0,130	0,131
19. WB_Fen	Fenster	1,0	365,2	0,190	0,190	0,190	-0,003
20. WB_LO2/5	Loggia OG	1,0	34,1	0,332	0,332	0,332	0,518
21. WB_LO3	Loggia EG	1,0	11,7	-0,257	-0,257	0,023	0,271
22. WB_LO4	Loggia horizontal	1,0	102,0	-0,143	-0,143	-0,143	-0,077
23. WB_Kr_Wa	Kragwand Loggia	1,0	17,0	-0,637	-0,637	-0,637	-0,003
24. WB_OG_LO	Loggia an Dach	1,0	24,8	-0,187	-0,187	0,009	0,116
25. WB_Kn	Kniestock	1,0	54,5	-0,086	-0,086	0,130	0,142
26. WB_Tr_Dach	Treppenhaus im Dach	1,0	56,1	-0,137	-0,137	-0,153	-0,129

3.3 Reduktion der Transmissionswärmeverluste

Vor der Modernisierung (siehe Bild 4) liegen die Transmissionswärmeverluste eines Doppelhauses (12 Wohneinheiten) bei 195 kWh/(m²a). Den größten Anteil haben die Verluste über die Außenwände (86 kWh/(m²a)) und die Fenster (48 kWh/(m²a)). Die oberste Geschossdecke (26 kWh/(m²a)) und die Kellerdecke (19 kWh/(m²a)) tragen in geringerem Umfang zu den Verlusten bei. Alle anderen Bauteile und die Wärmebrücken (5,3 kWh/(m²a)) spielen bei der Bilanzierung der Transmissionswärmeverluste nur eine untergeordnete Rolle.

Der Zustand des Gebäudes, wie er bisher tatsächlich realisiert wurde, unterscheidet sich nur wenig vom unsanierten Fall (177 kWh/(m²a)) (Bild 5). Durch die Dämmung an Keller- und oberster Geschossdecke reduzieren sich die zugehörigen Wärmeverluste auf 8 bzw. 12 kWh/(m²a), alle anderen Transmissionsverluste bleiben unverändert. Dagegen steigt der Anteil der Wärmebrücken auf 10 kWh/(m²a).

Erst durch eine Komplettmodernisierung (Bild 6) sinken die Transmissionsverluste aller Bauteile beträchtlich bis auf 77 kWh/(m²a). Über die Außenwände werden nur noch 18,1 kWh/(m²a) abge-

geben, die Fenster verlieren 23 kWh/(m²a). Die Wärmebrücken liegen mit 5,5 kWh/(m²a) in der gleichen Größenordnung wie in der nicht modernisierten Variante.

Eine genauere Übersicht über die Wärmebrücken ist in Abschnitt 0 zu finden.

Bild 4: Aufteilung der Transmissionswärmeverluste – Var. 2: vor Modernisierung

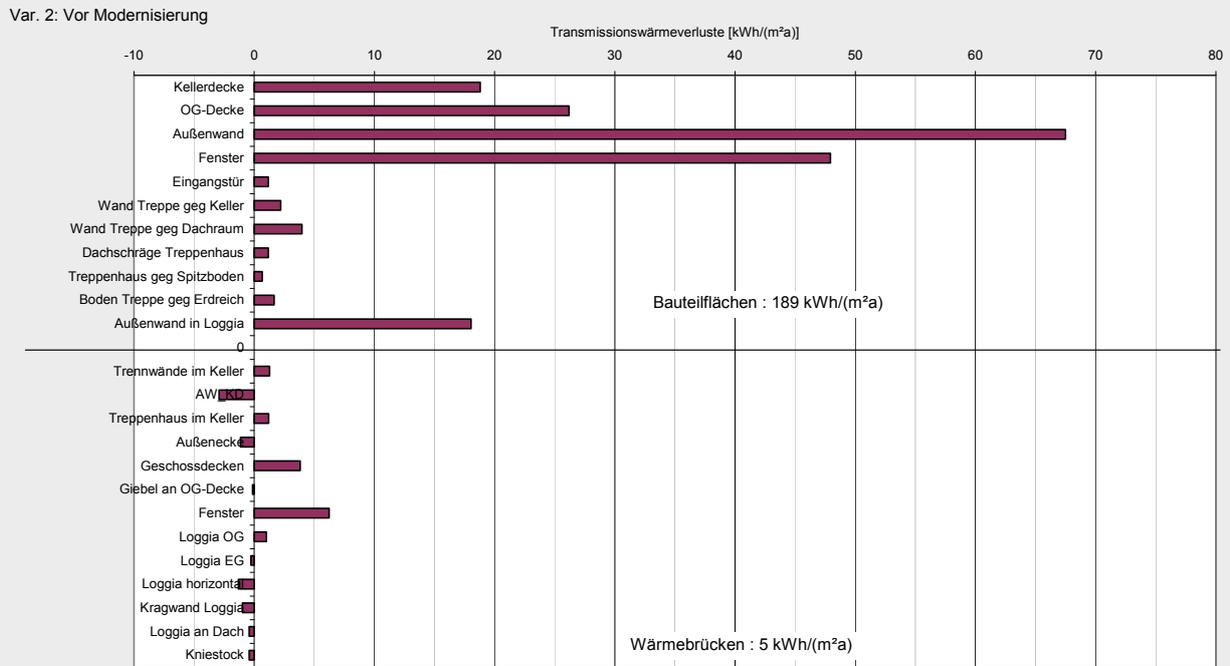


Bild 5: Aufteilung der Transmissionswärmeverluste – Var. 3: wie ausgeführt

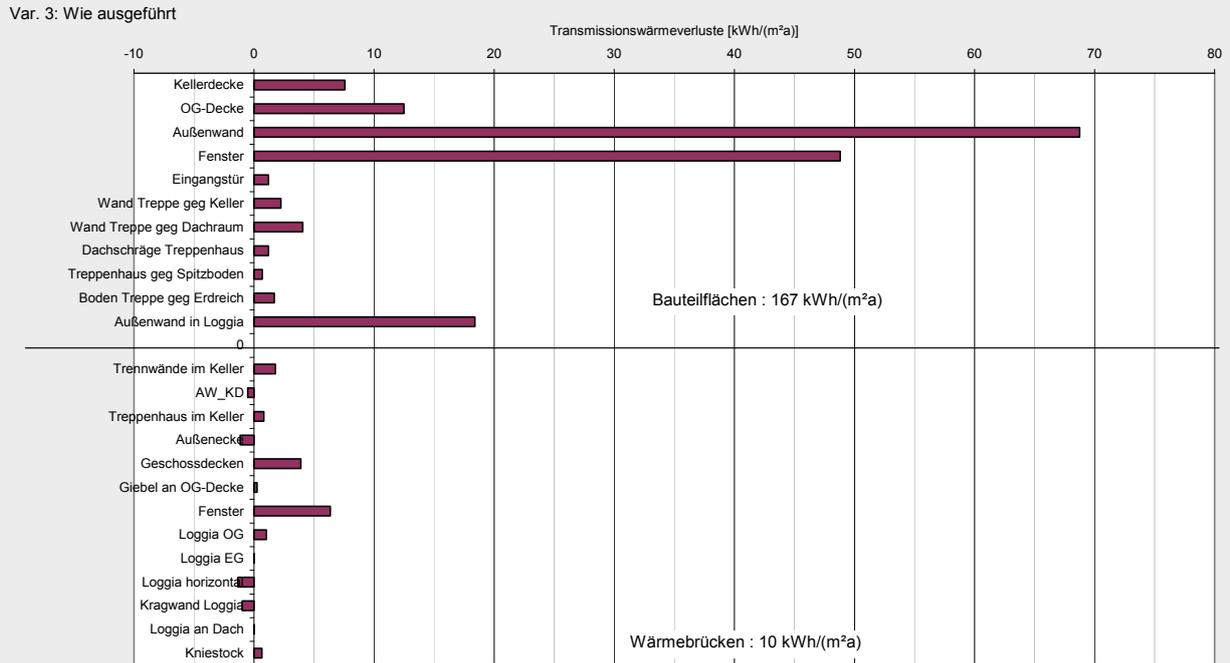
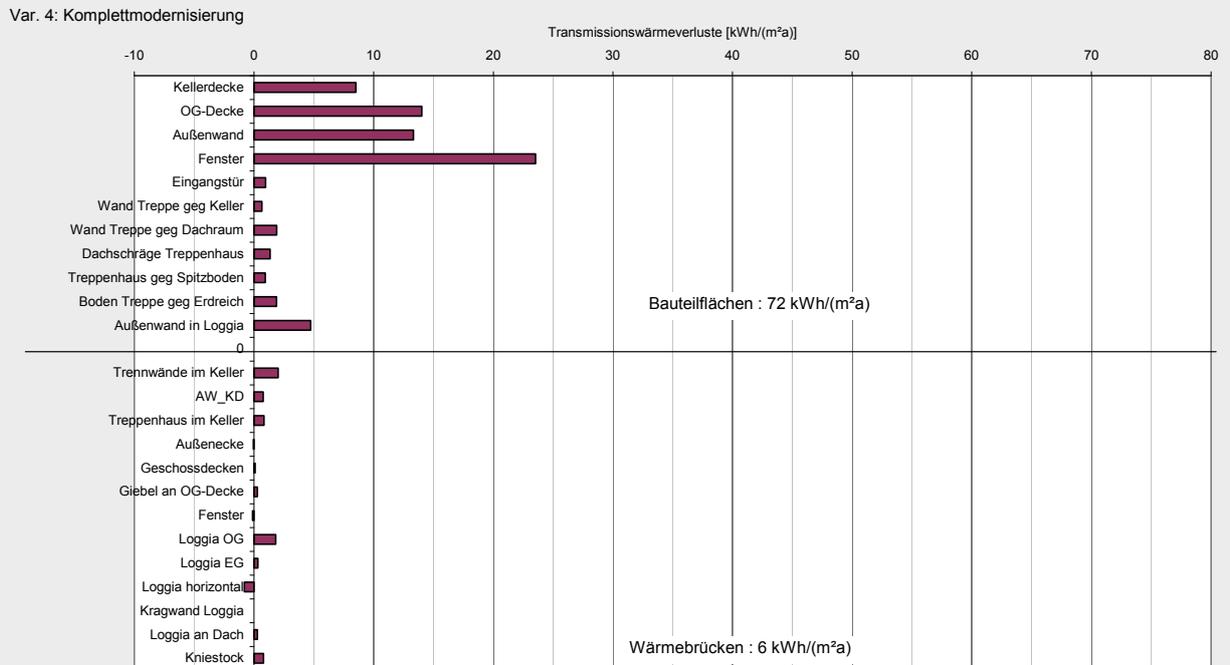


Bild 6: Aufteilung der Transmissionswärmeverluste – Var. 4: Komplettmodernisierung



3.4 Anlagentechnik

Vor Beginn der Arbeiten waren in dem Gebäude Gas-Etagenheizungen vorhanden. Diese sollten aufgrund der 1998 geltenden Kleinf Feuerungsanlagenverordnung entfernt und gegen eine Zentralheizung ausgetauscht werden. Der Einbau führt – trotz Verbesserung der Effizienz – in der Regel zu einer Anhebung des Energieverbrauchs, da zentral beheizte Wohnhäuser in der Regel im Mittel eine höhere Raumtemperatur aufweisen.

Da die Zentralheizung – unabhängig vom Energiekonzept – in jedem Fall eingebaut worden wäre, wird diese bei allen Varianten zu Grunde gelegt.

Für den Niedertemperaturkessel wurde nach Herstellerangaben eine Erzeugeraufwandszahl für die Warmwasserbereitung von 1,12 und für die Heizung von 1,08 verwendet.

Bild 7: Heizzentrale im Keller mit Erdgas-Brennwertkessel und Brauchwasserspeicher



Die Leitungslängen der Heizwärme- und Warmwasserverteilung wurden aus den Gebäudeplänen (1:50) abgeschätzt, die Längenermittlung ist in Abschnitt 0 dokumentiert. Vom Heizkeller aus wird die Wärme horizontal im Keller verteilt und anschließend Steigsträngen zu den einzelnen Wohneinheiten verlegt, wo in den Wohnungen neue Heizkörper montiert wurden. Die Dämmung der Leitungen erfolgte nach den Vorgaben der zum Ausführungszeitpunkt geltenden Heizungsanlagenverordnung.

3.5 Randbedingungen der Berechnung

Die Berechnung des Energiebedarfs für Heizung und Warmwasser erfolgt möglichst nahe an der Realität. Die Randbedingungen nach Energieeinsparverordnung (EnEV) sind hierfür ungeeignet.

Als Randbedingungen werden die Nutzungsbedingungen nach [EPHW 1997] und [Toolbox 2001] verwendet. Darin wird von einer Tag-Raumsolltemperatur von 21°C sowie der Durchführung einer Nachtabenkung ausgegangen. Für die hier vorliegende mittlere Wohnungsgröße liegt der nicht direkt beheizten Raumanteil gemäß [Toolbox 2001] bei 15%. Die mittlere Raumtemperatur liegt bei typischer Nutzung vor der Modernisierung bei 18,7 °C, bei der tatsächlich durchgeführten Modernisierung bei 18,9 °C und für den komplett modernisierten Zustand bei 20,3°C (siehe Kopfblock in den Energiebilanzen in Abschnitt 0).

Die Klimadaten entsprechen dem langjährigen Mittel der Klimaregion 9 nach DIN V 4108-6 (Standort Geisenheim) für eine Heizgrenztemperatur von 15°C. Die tatsächliche Heizgrenztemperatur liegt vor der Modernisierung bei 17,7 °C, nach einer Komplettmodernisierung bei 15,7 °C.

3.6 Ergebnisse: Einsparung von Heizwärme, End- und Primärenergie

Tab. 3 gibt einen Überblick über den Energiebedarf der Varianten und die Einsparung gegenüber dem Zustand vor der Modernisierung. Bei einer Komplettmodernisierung (Var. 4) reduziert sich der Heizwärmebedarf um 55 % von 196 auf 88 kWh/(m²a) (Bezugsfläche: beheizte Wohnfläche). Insgesamt wird der Bedarf an Endenergie für Heizung und Warmwasser (Brennstoff Erdgas) um 46 % reduziert. Gleiches gilt für den Primärenergiebedarf.

Dem stehen lediglich Heizenergieeinsparungen von 17 kWh/(m²a) oder 9 % bei der tatsächlich ausgeführten Modernisierung gegenüber. Entsprechend wird nur eine Endenergieeinsparung von 18 kWh/(m²a) bzw. eine Primärenergieeinsparung von 20 kWh/(m²a) erreicht.

Tab. 3: Überblick über den Energiebedarf und die Energieeinsparung

Variante		1	2	3	4
		Urzustand	Vor Modernisierung	Wie ausgeführt	Komplett- modernisierung
Heizwärmebedarf	kWh/(m²a)	215,4	195,7	178,9	88,2
	<i>Reduktion im Vergleich zu Var. 2</i>			-9%	-55%
Endenergiebedarf (Erdgas)	kWh/(m²a)	271,4	250,4	232,4	135,5
	<i>Reduktion im Vergleich zu Var. 2</i>			-7%	-46%
Primärenergiebedarf	kWh/(m²a)	305,3	281,5	261,3	152,0
	<i>Reduktion im Vergleich zu Var. 2</i>			-7%	-46%

alle Energiekennwerte bezogen auf Wohnfläche

3.7 Aufteilung der Energieeinsparung auf die Maßnahmen

Die durch die Maßnahmen erzielte Energieeinsparung wird wie folgt ermittelt:

- Für jede Maßnahme werden die Transmissionswärmeverluste vor und nach Modernisierung bestimmt.
- Bei den Bauteilen wurden die konstruktiven Wärmebrücken zu den zugehörigen Transmissionswärmeverluste hinzuaddiert (ohne Anschlüsse an Nachbarbauteile)
- Die so bestimmte Reduktion der Transmissionswärmeverluste jedes Bauteils wird auf die gesamte Reduktion bezogen (Prozentwerte in Tab. 4).
- Die erzielte Reduktion des Endenergiebedarfs wird entsprechend den Prozentwerten den Maßnahmen zugeordnet.

Die auf diese Weise bestimmte Einsparung von Endenergie (Erdgas) zeigt Tab. 4.

Tab. 4: Reduktion der Transmissionswärmeverluste nach Maßnahmen und Zuordnung der berechneten Endenergieeinsparung

	Transmissionswärmeverluste				zugeordnete Endenergieeinsparung	
	Var. 2	Var. 4	Differenz	relativ	insgesamt kWh/(m ² a)	gegenüber "Ohnehin"- Maßnahmen kWh/(m ² a)
	vor Moderni- sierung kWh/(m ² a)	Komplettmo- dernisierung kWh/(m ² a)	kWh/(m ² a)			
Bauteile						
Kellerdecke*	20,1	10,5	9,6	8%	9,4	9,4
Oberste Geschossdecke*	25,7	14,6	11,0	9%	10,8	10,8
Fenster*, **	54,1	23,4	30,7	26%	30,1	15,0
Außenwände*	88,2	18,1	70,1	60%	68,7	68,7
sonstige Flächen*	6,5	10,7	-4,2	-4%	-4,1	-4,1
Summe	194,6	77,4	117,2	100%	114,8	99,8
Endenergiebedarf	250,4	135,5	114,8			

alle Energiekennwerte bezogen auf Wohnfläche

*) inkl. der zugehörigen Wärmebrücken

**) "Ohnehin-Maßnahme": Fenster-U-Wert $U_w = 2,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

(entspricht gleichartigem Holzfenster mit energetisch schlechterer Verglasung: $U_g = 1,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$)

3.8 Auswirkung einer Vernachlässigung der Wärmebrücken auf den berechneten Energiebedarf

Tab. 5 zeigt, welche Bedeutung die Wärmebrücken für die Energiebilanz besitzen. Im Urzustand und vor der Modernisierung liefert die Berücksichtigung der Wärmebrücken nur um 2% höhere Werte für den Heizwärmebedarf. Bei diesem Gebäude fallen die Wärmebrücken an den Loggien besonders ins Gewicht, so dass hier vor der Modernisierung durch eine genauere Berechnung der Heizwärmebedarf leicht ansteigt. Grundsätzlich liegt bei energetisch nicht modernisierten Bestandsgebäuden der Zuschlag durch Wärmebrücken sehr niedrig. Dieser Effekt beruht auf der Tatsache, dass die Berechnung ohne explizite Berücksichtigung von Wärmebrücken auf der Basis von Außenmaßen erfolgt. Damit werden die Wärmeverluste an den Gebäudekanten – zumindest solange keine bedeutsamen konstruktiven Wärmebrücken vorliegen – überschätzt. Werden die Wärmebrücken berechnet, so liegen sie in der Regel nahe Null oder sind negativ. Dies ist für die gedämmten Konstruktionen nicht mehr der Fall: Liegen konstruktive Wärmebrücken vor, so machen sich die zusätzlichen Wärmeverluste in der Energiebilanz deutlicher bemerkbar. Daher wurden sie auch in Abschnitt 3.6 in der Energiebilanz berücksichtigt.

Bei Vernachlässigung der Wärmebrücken läge der Heizwärmebedarf des komplett modernisierten Gebäudes (Var. 4) um $5 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ niedriger. Der Bedarf wäre also um 5% unterschätzt worden. Bezogen auf die gesamte thermische Hülle machen sich die Wärmebrücken in einer Erhöhung der Transmissionswärmeverluste von $0,04 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ bemerkbar. Wird dieser Wert mit dem in der EnEV eingeführten Wärmebrückenzuschlägen von $0,1$ bzw. $0,05 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ verglichen, so kann festgestellt werden, dass auch in modernisierten Altbauten ein Zuschlag wie bei neu errichteten Gebäuden mit einer Ausführung gemäß DIN 4108 Beiblatt 2 möglich ist.

Tab. 5: Auswirkung der Vernachlässigung der Wärmebrücken auf den Heizwärmebedarf

Variante		1	2	3	4
		Urzustand	Vor Modernisierung	Wie ausgeführt	Komplett- modernisierung
Heizwärmebedarf					
mit Berücksichtigung Wärmebrücken	kWh/(m²a)	215,4	195,7	178,9	88,2
ohne Berücksichtigung Wärmebrücken	kWh/(m²a)	211,3	191,4	170,7	83,4
<i>Auswirkung der Vernachlässigung der Wärmebrücken auf den Heizwärmebedarf</i>	<i>kWh/(m²a)</i>	<i>-4,1</i>	<i>-4,3</i>	<i>-8,2</i>	<i>-4,8</i>
<i>relativ</i>		<i>-2%</i>	<i>-2%</i>	<i>-5%</i>	<i>-5%</i>
Wärmebrückenzuschlag (bezogen auf die thermische Hülle)	W/(m²K)	+0,04	+0,04	+0,07	+0,04

alle Energiekennwerte bezogen auf Wohnfläche

Vor der Modernisierung wird ebenfalls ein Zuschlag von 0,04 W/(m²K) erreicht. Berücksichtigt man die ungünstigen Ausgangs-U-Werte, so fallen hier die Wärmebrücken – obwohl durch die Loggien erhöht – mit 2 % des Heizwärmebedarfs kaum ins Gewicht.

Bei der Bestandserneuerung sollte besonders bei ehrgeizigen Zielwerten, wie z. B. dem Niedrigenergiehaus-Standard, in Zukunft auch verstärkt der Einfluss der Wärmebrücken beachtet werden. Durch optimierte Lösungen können dabei nicht nur die Wärmeverluste minimiert sondern auch die inneren Oberflächentemperaturen auf ein feuchtetechnisch unkritisches Niveau angehoben werden.

4 Kosten

In diesem Kapitel können nur diejenigen Kosten dargestellt werden, die für die tatsächlich durchgeführten Maßnahmen bis 2003 angefallen sind. In Tab. 6 sind die abgerechneten Kosten für Keller- und oberste Geschosdecke zusammengestellt, die die Montage bereits enthalten. Der Umbau von Gas-Etagenheizung auf Zentralheizung wird nicht untersucht, da der Umbau nicht energetisch motiviert war und auch keine Endenergieeinsparung zu erwarten ist.

Tab. 6: Kosten der energetisch relevanten Maßnahmen

KOSTENAUSWERTUNG Welschstraße																	
Nr. Positionstitel	nach LV			Bauteilbezogen			Hüllflächenbezogen			Sanierungskosten							
	Menge	Einheit	EP	Menge	Einheit	Grundpreis	Menge	Einheit	Grundpreis	Abweichung: HF/BT	Gesamtpreis netto	Gesamtpreis brutto	Anteil am Gesamtpreis	energierelevanter Anteil	Energiebedingte Kosten	Instandhaltungskosten	
		[DM/Einheit]	[€/Einheit]			[€/m² Bauteil]			[€/m² Bauteil]	[%]	[€]	[€]	[%]	[%]	[€]	[€]	
1 Kellerdecke																	
nach LV: 952,7 m² für 3 Gebäude																	
	317,6	m²															
1.001 Dämmung einbauen	317,6	m²	72,00	36,81	317,6	m²	36,81	342,4	m²	34,15	-7,24	11.691,81	13.562,50	96,5	100	13.562,50	0,00
1.002 Umräumarbeiten	12,0	Std	70,00	35,79	317,6	m²	1,35	342,4	m²	1,25		429,49	498,20	3,5	100	498,20	0,00
SUMME:							38,17					12.121,30	14.060,71	100,00		14.060,71	0,00
2 Oberste Geschosdecke																	
nach LV: 973,47 m² für 3 Gebäude																	
	324,5	m²															
2.001 PE-Folie auf Rohdecke	324,5	m²	1,00	0,51	324,5	m²	0,51	366,8	m²	0,45	-11,53	165,91	192,46	1,2	100	192,46	0,00
2.002 Verbundplatte als Dämmung	324,5	m²	52,00	26,59	324,5	m²	26,59	366,8	m²	23,52		8.627,54	10.007,95	62,1	100	10.007,95	0,00
2.003 Oberflächenversiegelung	324,5	m²	22,90	11,71	324,5	m²	11,71	366,8	m²	10,36		3.799,44	4.407,35	27,3	100	4.407,35	0,00
2.004 Eingangsschwellen anpassen	4,0	Stk	96,00	49,08	324,5	m²	0,61	366,8	m²	0,54		196,34	227,75	1,4	100	227,75	0,00
2.005 Lattenverschläge anpassen	59,3	lfm	14,50	7,41	324,5	m²	1,35	366,8	m²	1,20		439,63	509,98	3,2	100	509,98	0,00
2.006 Umräumarbeiten	12,0	Std	70,00	35,79	324,5	m²	1,32	366,8	m²	1,17		429,49	498,20	3,1	100	498,20	0,00
2.007 Sockelleisten anbringen	101,6	lfm	4,50	2,30	324,5	m²	0,72	366,8	m²	0,64		233,76	271,16	1,7	100	271,16	0,00
SUMME:							42,81					13.892,11	16.114,84	100,00		16.114,84	0,00

Für die Dämmung der Kellerdecke mit 6 cm PS-Hartschaumplatten sind inklusive Montage und sonstigen Arbeiten Kosten von 38,17 €/m² abgerechnet worden. 96 % der Kosten entfallen dabei auf die Platten und deren Montage.

Die energetische Verbesserung der obersten Geschosdecke war noch aufwendiger. Bei den Kosten 42,81 €/m² entfallen nur 62 % (inklusive Montage) auf die 5 cm dicken Dämmplatten und deren Montage. Die übrigen Kosten entstanden durch die begehbare Abdeckung und die Nebenarbeiten wie dem Anpassen der Mieterverschläge. Da diese Kosten nur zu einem geringen Teil von der tatsächlich verlegten Dämmstoffdicke abhängen, liegen die Gesamtkosten hoch, die Energieeinsparung fällt jedoch gering aus. Die Wirtschaftlichkeit der Dämmung der obersten Geschosdecke ist dadurch vergleichsweise schlecht (vgl. Kapitel 5).

5 Wirtschaftlichkeit

Zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit der Dämmung von Keller- und oberster Geschossdecke wurden Berechnungen mit der Kapitalwertmethode durchgeführt. Als Randbedingungen wurden die nominale Teuerungsrate allgemein mit 1 % und für Energie mit 4 % angesetzt, der Kalkulationszinsfuß beträgt 6 % und der aktuelle Preis des Energieträgers Erdgas liegt bei 4 Ct/kWh. Als Lebensdauer der Maßnahmen wurden 25 Jahre angesetzt. Förderungen oder sonstige Zuschüsse wurden bei den Berechnungen nicht berücksichtigt.

Für die Kellerdecke ergibt sich eine jährliche Energiekosteneinsparung von 450 € pro Haus und somit reale Kosten der eingesparten Kilowattstunde Endenergie (Erdgas) von 10,6 Ct/kWh. Gegenüber dem mittleren zukünftigen Energiepreis von 5,6 Ct/kWh stellt sich die Dämmung der Kellerdecke einzeln betrachtet ungünstig dar. Hier muss berücksichtigt werden, dass die Dämmung der Kellerdecke nicht nur der Energieeinsparung dient, sondern auch den Komfort in den Erdgeschosswohnungen erhöht und durch die Anhebung der Oberflächentemperatur auch das Tauwasserrisiko mindert. Auch in anderen Projekten ist festzustellen, dass die Dämmung der Kellerdecke am Schlechtesten abschneidet.

Durch die Dämmung der obersten Geschossdecke werden jährliche Energiekosten von 517 € pro Haus eingespart. Aufgrund der geringen Dämmdicke von 5 cm und dem hohen Anteil an Nebenarbeiten liegen die Kosten der eingesparten Endenergie bei 10,6 Ct/kWh.

Betrachtet man die beiden tatsächlich durchgeführten energetischen Maßnahmen ergibt sich keine Wirtschaftlichkeit. Hier sollte bei der Umsetzung der Komplettmodernisierung die Wirtschaftlichkeit für das gesamte Haus untersucht werden, da die bisher umgesetzten Maßnahmen zwar wichtig sind, aber erst bei der vollständigen Umsetzung aller energetischen Verbesserungen z. B. von der wirtschaftlich deutlich günstigeren Fenstererneuerung profitieren. Bei der obersten Geschossdecke ist, wie bereits erwähnt, die geringe Dämmstoffstärke nicht nur energetisch, sondern auch wirtschaftlich ungünstig.

Tab. 7: Berechnung der Wirtschaftlichkeit

Allgemeine Daten

Teuerungsrate allgemein (nominal)	p.a.	1,0%
Teuerungsrate Energie (nominal)	p.a.	4,0%
Kalkulationszins (nominal)	p.a.	6,0%
Energieträger		Erdgas
Energiepreis	Ct/kWh	4
Förderung Gesamtpaket	€	0
Betrachtungszeitraum	Jahre	25
Kalkulationszins real	p.a.	4,95%
Realzins bei realen Energiepreissteigerungen	p.a.	1,89%
Barwert der Einsparung einer kWh	€/kWh	79
Teuerungsrate Energie real	p.a.	3%
Mittlerer zukünftiger Energiepreis (berechnet)	Ct/kWh	5,6
Wohnfläche	m ²	856,7

Berechnung Maßnahmen

Bezeichnung Maßnahme		Keller- decke	oberste Geschoss- decke	Gesamt
Investition				
rechnerische Lebensdauer	a	25	25	25
Einheit		m ²	m ²	
Gesamtkosten pro Einheit	€/Einheit	38,17	42,81	
Ohnehinkosten pro Einheit	€/Einheit			
energiebedingte Mehrkosten pro Einheit	€/Einheit	38,17	42,81	
Anzahl Einheiten		318	325	
energiebedingte Mehrkosten gesamt	€	12.123	13.892	26.015
investitionsbezogene jährl. Wartungskosten	p.a.	0,0%	0,0%	
Förderung		0	0	0
Energieeinsparung				
jährl. Energieeinsparung	kWh/(m ² a)	9,4	10,8	20
absolut	kWh/a	8.053	9.253	17.306
jährl. Energiekosteneinsparung	€/a	450	517	966
Wirtschaftlichkeit				
Investition	€	12.123	13.892	26.015
Annuitätsfaktor (real)		0,071	0,071	0,071
Ersatzinvestitionsfaktor		1,00	1,00	
jährliche Kapitalkosten	€/a	856	981	1.837
Energiekosteneinsparung annuitätisch	€/a	450	517	966
Zusatzkosten annuitätisch	€/a	0	0	0
Förderung annuitätisch		0	0	0
Berechnungsergebnisse				
Annuitätischer Gewinn (real)	€/a	-406	-464	-870
Kosten der eingesparten Energie (real)	Ct/kWh	10,6	10,6	10,6

6 Zusammenfassung

Die Mehrfamilienhäuser Welschstraße 10/12 und 16 – 26 in Wiesbaden wurden in den Jahren 1998/99 teilweise energetisch modernisiert. Im vorliegenden Bericht wurden Bauteil-U-Werte, Wärmebrücken, Anlagentechnik, Transmissionswärmeverluste, die Energiebilanz der Gebäude sowie die Wirtschaftlichkeit einzelner Maßnahmen dokumentiert. Dabei zeigte sich, dass durch den tatsächlichen Modernisierungsumfang bis zum Jahr 2003 (nur Keller- und oberste Geschossdecke gedämmt) nur 9 % der Heizenergie gegenüber dem Zustand vor der Modernisierung eingespart werden kann. Werden alle beschriebenen Maßnahmen durchgeführt, so erhöht sich die Einsparung auf 55 %. Die Außenwanddämmung und der Fensteraustausch sollten aus diesem Grund schon aus Klimaschutzgründen durchgeführt werden.

Um bei den Gebäuden jedoch den Niedrigenergiehaus-Standard zu erreichen, ist eine veränderte Modernisierungsstrategie erforderlich, um wärmeabgebende Flächen und Wärmebrücken stärker zu reduzieren. Für eine Niedrigenergiehaus-Variante wäre es empfehlenswert die Loggien zu schließen und in den Wohnraum hineinzunehmen. Aufenthaltsflächen im Außenbereich könnten dann durch vor die Fassade gestellte Balkone bereit gestellt werden.

Die Wärmebrücken erhöhen den Heizwärmebedarf vor der Modernisierung um $4 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ (2 %), im tatsächlich ausgeführten Zustand um $8 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ (5 %) und nach einer Komplettmodernisierung um $5 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ (5 %). Im letzten Fall könnte durch den Einbau der Fenster vor die Außenwand sogar ein leicht negativer Wärmebrückenverlustkoeffizient erreicht werden, so dass die Verluste an den Loggien etwas kompensiert werden.

Die Wirtschaftlichkeit der energetischen Modernisierungen kann aufgrund des geringen bisher umgesetzten Umfangs nur teilweise bestimmt werden. Für eine energetische Komplettmodernisierung werden sich typischer Weise deutlich geringere Kosten für die eingesparte Endenergie ergeben.

7 Literatur

- [EPHW 1997] Loga, T.; Imkeller-Benjes, U.: „Energiepass Heizung/Warmwasser“, IWU, Darmstadt 1997
- [Toolbox 2001] Loga, T.; Born, R.; Großklos, M.; Bially, M.: “Energiebilanz-Toolbox”, IWU, Darmstadt 2001

Anhang A: Dokumentation der Energiebilanzberechnungen für die verschiedenen Varianten

Blatt HW

Energiepass Heizung/Warmwasser
Jahresheizwärmebedarf
 Berechnung nach DIN V 4108-6 Heizperiodenbilanz / Randbedingungen nach "Leitfaden Energiebewusste Gebäudeplanung"

Projekt **Wiesbaden Welschstraße 16-22**

Variante Nr. **2** Vor Modernisierung

Standort PLZ/Ort **Wiesbaden**
 Straße/Haus-Nr. **Welschstraße 16-22**

Gebäudeart / Nutzung **Mehrfamilienhaus**

Klima **Geisenheim (Region 8)**

Heizgrenztemperatur ϑ_{HG} **15** °C
 Länge der Heizperiode t_{HP} **289** d/a
 mittl. Außentemperatur ϑ_a **7,6** °C
 Nutzungsbedingungen **Standard**
 Raum-Solltemperatur $\vartheta_{i,Soll}$ **21,0** °C

Anzahl Geschosse n_G **3**

Anzahl Wohneinheiten n_{WE} **12**

beheizte Wohnfläche **856,7** m²
 beheizte Nettogrundfläche m²

➔ Energiebezugsfläche A_{EB} **856,7** m²

Nachabsenkung

keine
 Nachabsenkung
 Nacht- u. Wochenendabs.

Reduktionsfaktor f_{ze} **0,92**

Nutzungsfaktor

Teilbeheizung

keine
 Standard n_{re} **15%**
 individuell n_{re}

Reduktionsfaktor f_{re} **0,98**

nicht direkt beheizter Raumanteil

Reduktionsfaktor f_{re} **0,91**

effektive mittlere Raumtemp. in der Heizperiode $\vartheta_{i,eff}$ **18,7** °C

Transmission

Bauteilbezeichnung	Fläche m ²	U-Wert W/(m ² K)	Reduktionsfaktor f_T		W/K	jährliche Energieströme, flächen- bezogen kWh/(m ² a)
1. KD Kellerdecke	342,4	1,02	0,6	=	209	18,8
2. OG OG-Decke	342,4	0,85	1	=	291	26,2
3. AW Außenwand	538,7	1,39	1	=	751	67,5
4. FE Fenster	174,4	3,06	1	=	533	47,9
5. Tue Eingangstür	4,7	2,76	1	=	13	1,2
6. W T K Wand Treppe geg Keller	25,2	1,62	0,6	=	24	2,2
7. W T D Wand Treppe geg Dachraum	44,9	0,99	1	=	44	4,0
8. Tr D Dachschräge Treppenhaus	7,9	1,67	1	=	13	1,2
9. Tr Sp Treppenhaus geg Spitzboden	5,5	1,38	1	=	8	0,7
10. Tr Boden Treppe geg Erdreich	24,4	1,25	0,6	=	18	1,6
11. AW Lo Außenwand in Loggia	144,1	1,39	1	=	201	18,0
12.				=		
13. WB KW Trennwände im Keller	125,4	0,19	0,6	=	14	1,3
14. WB AW AW KD	98,3	-0,33	1	=	-33	-2,9
15. WB Tre I Treppenhaus im Keller	54,4	0,41	0,6	=	13	1,2
16. WB Ecke Außenecke	17,0	-0,74	1	=	-13	-1,1
17. WB GD Geschossdecken	166,5	0,26	1	=	43	3,8
18. WB Gi Giebel an OG-Decke	21,6	-0,07	1	=	-1	-0,1
19. WB Fen Fenster	365,2	0,19	1	=	69	6,2
20. WB LO2/ Loggia OG	34,1	0,33	1	=	11	1,0
21. WB LO3 Loggia EG	11,7	-0,26	1	=	-3	-0,3
22. WB LO4 Loggia horizontal	102,0	-0,14	1	=	-15	-1,3
23. WB Kr V Kragwand Loggia	17,0	-0,64	1	=	-11	-1,0
24. WB OG I Loggia an Dach	24,8	-0,19	1	=	-5	-0,4
25. WB Kn Kniestock	54,5	-0,09	1	=	-5	-0,4
26. WB Tr D Treppenhaus im Dach	56,1	-0,14	1	=	-8	-0,7
27.			1	=		
28.			1	=		
29.			1	=		
30.			1	=		
Summe					2165	194,6

Transmissionswärmeverlust H_T

Lüftung

A_{EB} m² **856,7** x lichte Raumhöhe m **2,5** = V_L m³ **2142**

Luftvolumen V_L **856,7** x **2,5** = **2142**

Luftwechsel

n_{Anl} 1/h x (1 - η_{WRG}) = n_{equi} 1/h

Undichtigkeiten **0,20**

Fensteröffnung **0,40**

energetisch wirksam (äquivalenter Luftwechsel) Σ = **0,60**

$$n_{\text{aqui}} \frac{1}{\text{h}} \times V_L \text{ m}^3 \times c_{p,\text{Luft}} \text{ Wh/(m}^3\text{K)} + H_{V,\text{LK}} \text{ W/K} = 437 \text{ W/K}$$

Lüftungswärmeverlust H_V

39,3

Wärmeverlust Gesamt

$$\text{Gradtagszahlfaktor} \left(\vartheta_i \text{ } ^\circ\text{C} - \vartheta_e \text{ } ^\circ\text{C} \right) \times t_{\text{HP}} \text{ d/a} \times 0,024 \text{ kh/d} = 92,7 \text{ kWh/a}$$

$$H_T \text{ W/K} + H_V \text{ W/K} \times f_{\text{ze/re}} \text{ (= } f_{\text{ze}} \times f_{\text{re}} \times f_{\text{re}} \text{)} \times f_{\text{GT}} \text{ kWh/a} = Q_L \text{ kWh/a}$$

Wärmeverlust Q_L

233,9

Solare Wärmegewinne

Fenster	Ausrichtung	Reduktionsfaktor	g-Wert (senkr. Einstr.)	Fläche m ²	Globalstrahlung Heizperiode (Heizgrenze 15 °C)	
					kWh/(m ² a)	kWh/a
1. horizontal	H	0,359			697	
2. Ost	O	0,359			427	
3. Südost	SO	0,359	0,76	11,0	531	1591
4. Süd	S	0,359			572	
5. Südwest	SW	0,359	0,76	88,0	531	12755
6. West	W	0,359			427	
7. Nordwest	NW	0,359	0,76	11,0	319	956
8. Nord	N	0,359			276	
9. Nordost	NO	0,359	0,76	64,5	319	5623
10. Ost 45° Neigung	O 45	0,359			614	
11. Südost 45° Neigung	SO 45	0,359			742	
12. Süd 45° Neigung	S 45	0,359			795	
13. Südwest 45° Neigung	SW 45	0,359			742	
14. West 45° Neigung	W 45	0,359			614	
15. Nordwest 45° Neigung	NW 45	0,359			477	
16. Nord 45° Neigung	N 45	0,359			415	
17. Nordost 45° Neigung	NO 45	0,359			477	
18.		0,359				
19.		0,359				
20.		0,359				

Wärmeangebot Solarstrahlung Q_s Summe 20925

24,4

innere Wärmequellen

$$q_i \text{ W/m}^2 \times t_{\text{HP}} \text{ d/a} \times A_{\text{EB}} \text{ m}^2 = 14859 \text{ kWh/a}$$

innere Wärmequellen Q_i

17,3

nutzbare Wärmegewinne

$$\tau = 15 \text{ h} \quad a = 1,33 \quad \gamma = \frac{Q_s + Q_i}{Q_V} = 0,18 \quad \eta_G = \frac{1 - \gamma^a}{1 - \gamma^{a+F}} = 0,92$$

nutzbare Wärmegewinne Q_G $\eta_G \times (Q_s + Q_i) = 32752$

38,2

Heizwärmebedarf

$$Q_L - Q_G = 167645 \text{ kWh/a}$$

Heizwärmebedarf Q_H

195,7

flächenbezogener Heizwärmebedarf q_H

195,7	kWh/(m ² a)
Grenzwert	Zielwert
100	50
196%	391%

Anforderungen Niedrigenergiehaus
Verhältnis zu Anforderungen

Energiepass Heizung/Warmwasser
Jahresheizwärmebedarf
 Berechnung nach DIN V 4108-6 Heizperiodenbilanz / Randbedingungen nach "Leitfaden Energiebewusste Gebäudeplanung"

Projekt **Wiesbaden Welschstraße 16-22**
 Variante Nr. **3** Wie ausgeführt
 Standort **PLZ/Ort Wiesbaden**
 Straße/Haus-Nr. **Welschstraße 16-22**
 Gebäudeart / Nutzung **Mehrfamilienhaus**

Anzahl Geschosse n_G **3**
 Anzahl Wohneinheiten n_{WE} **12**
 beheizte Wohnfläche **856,7** m²
 beheizte Nettogrundfläche m²
 Energiebezugsfläche A_{EB} **856,7** m²

Klima **Geisenheim (Region 8)**
 Heizgrenztemperatur ϑ_{HG} **15** °C
 Länge der Heizperiode t_{HP} **289** d/a
 mittl. Außentemperatur ϑ_a **7,6** °C
 Nutzungsbedingungen **Standard**
 Raum-Solltemperatur $\vartheta_{i,Soll}$ **21,0** °C

Nachabsenkung
 keine
 Nachabsenkung
 Nacht- u. Wochenendabs.
 Reduktionsfaktor f_{ze} **0,93**

Teilbeheizung nicht direkt beheizter Raumanteil
 keine n_{re} **15%**
 Standard n_{re}
 individuell n_{re}
 Reduktionsfaktor f_{re} **0,98**

Nutzungsfaktor **0,93**
 effektive mittlere Raumtemp. in der Heizperiode $\vartheta_{i,eff}$ **18,9** °C

Transmission

Bauteilbezeichnung	Fläche m ²	U-Wert W/(m ² K)	Reduktions- faktor f_T	W/K	jährliche Energieströme, flächen- bezogen kWh/(m ² a)
1. KD Kellerdecke	342,4	0,40	0,6	83	7,6
2. OG OG-Decke	342,4	0,40	1	136	12,5
3. AW Außenwand	538,7	1,39	1	751	68,7
4. FE Fenster	174,4	3,06	1	533	48,8
5. Tue Eingangstür	4,7	2,76	1	13	1,2
6. W T K Wand Treppe geg Keller	25,2	1,62	0,6	24	2,2
7. W T D Wand Treppe geg Dachraum	44,9	0,99	1	44	4,1
8. Tr D Dachschräge Treppenhaus	7,9	1,67	1	13	1,2
9. Tr Sp Treppenhaus geg Spitzboden	5,5	1,38	1	8	0,7
10. Tr Boden Treppe geg Erdreich	24,4	1,25	0,6	18	1,7
11. AW Lo Außenwand in Loggia	144,1	1,39	1	201	18,4
12.					
13. WB KW Trennwände im Keller	125,4	0,26	0,6	20	1,8
14. WB AW AW KD	98,3	-0,06	1	-6	-0,5
15. WB Tre I Treppenhaus im Keller	54,4	0,27	0,6	9	0,8
16. WB Ecke Außenecke	17,0	-0,74	1	-13	-1,2
17. WB GD Geschossdecken	166,5	0,26	1	43	3,9
18. WB Gi Giebel an OG-Decke	21,6	0,13	1	3	0,3
19. WB Fen Fenster	365,2	0,19	1	69	6,4
20. WB LO2/ Loggia OG	34,1	0,33	1	11	1,0
21. WB LO3 Loggia EG	11,7	0,02	1	0	0,0
22. WB LO4 Loggia horizontal	102,0	-0,14	1	-15	-1,3
23. WB Kr V Kragwand Loggia	17,0	-0,64	1	-11	-1,0
24. WB OG I Loggia an Dach	24,8	0,01	1	0	0,0
25. WB Kn Kniestock	54,5	0,13	1	7	0,6
26. WB Tr D Treppenhaus im Dach	56,1	-0,15	1	-9	-0,8
27.					
28.					
29.					
30.					

Transmissionswärmeverlust H_T Summe **1935** **177,1**

Lüftung

A_{EB} **856,7** m² lichte Raumhöhe V_L **2,5** m V_L **2142** m³
 Luftvolumen V_L **856,7** x **2,5** = **2142**

Luftwechsel n_{Anl} 1/h η_{WRG} n_{aqui} 1/h
 Lüftungsanlage x (1 -) =
 Undichtigkeiten **0,20**
 Fensteröffnung **0,40**
energetisch wirksam (äquivalenter Luftwechsel) Σ = **0,60**

$$\text{Lüftungswärmeverlust } H_V = n_{\text{aqui}} \times V_L \times c_{p,\text{Luft}} + H_{V,\text{LK}} = 437 \text{ W/K}$$

n_{aqui} 1/h: 0,60
 V_L m³: 2142
 $c_{p,\text{Luft}}$ Wh/(m³K): 0,34
 $H_{V,\text{LK}}$ W/K: 437

40,0

Wärmeverlust Gesamt

$$\text{Gradtagszahlfaktor} = (\vartheta_i - \vartheta_e) \times t_{\text{HP}} \times f_{\text{GT}} = 92,7 \text{ kWh/a}$$

ϑ_i °C: 21,0
 ϑ_e °C: 7,6
 t_{HP} d/a: 289
 f_{GT} kWh/a: 92,7

$$\text{Wärmeverlust } Q_L = (H_T + H_V) \times f_{\text{ze/re}} \times f_{\text{GT}} = 186016 \text{ kWh/a}$$

H_T W/K: 1935
 H_V W/K: 437
 $f_{\text{ze/re}}$ (= $f_{\text{ze}} \times f_{\text{re}} \times f_{\text{re}}$): 0,85
 f_{GT} kWh/a: 92,7

217,1

Solare Wärmegewinne

Fenster	Ausrichtung	Reduktionsfaktor	g-Wert (senkr. Einstr.)	Fläche m ²	Globalstrahlung Heizperiode (Heizgrenze 15 °C)	
					kWh/(m ² a)	kWh/a
1. horizontal	H	0,359			697	
2. Ost	O	0,359			427	
3. Südost	SO	0,359	0,76	11,0	531	1591
4. Süd	S	0,359			572	
5. Südwest	SW	0,359	0,76	88,0	531	12755
6. West	W	0,359			427	
7. Nordwest	NW	0,359	0,76	11,0	319	956
8. Nord	N	0,359			276	
9. Nordost	NO	0,359	0,76	64,5	319	5623
10. Ost 45° Neigung	O 45	0,359			614	
11. Südost 45° Neigung	SO 45	0,359			742	
12. Süd 45° Neigung	S 45	0,359			795	
13. Südwest 45° Neigung	SW 45	0,359			742	
14. West 45° Neigung	W 45	0,359			614	
15. Nordwest 45° Neigung	NW 45	0,359			477	
16. Nord 45° Neigung	N 45	0,359			415	
17. Nordost 45° Neigung	NO 45	0,359			477	
18.		0,359				
19.		0,359				
20.		0,359				

1,9

14,9

1,1

6,6

$$\text{Wärmeangebot Solarstrahlung } Q_s = \text{Summe} = 20925 \text{ kWh/a}$$

24,4

innere Wärmequellen

$$\text{innere Wärmequellen } Q_i = q_i \times t_{\text{HP}} \times A_{\text{EB}} = 14859 \text{ kWh/a}$$

q_i kh/d: 0,024
 t_{HP} d/a: 289
 A_{EB} m²: 856,7

17,3

nutzbare Wärmegewinne

$$\text{nutzbare Wärmegewinne } Q_G = \gamma \times (Q_s + Q_i) = 32755 \text{ kWh/a}$$

Zeitkonstante $\tau = 16$ h
 Parameter $a = 1,38$
 $\gamma = \frac{Q_s + Q_i}{Q_V} = 0,19$
 Ausnutzungsgrad Gewinne $\eta_G = \frac{1 - \gamma^a}{1 - \gamma^{a+F}} = 0,92$

38,2

Heizwärmebedarf

$$\text{Heizwärmebedarf } Q_H = Q_L - Q_G = 153261 \text{ kWh/a}$$

178,9

flächenbezogener Heizwärmebedarf q_H

178,9	kWh/(m ² a)
Grenzwert	Zielwert
100	50
179%	358%

Anforderungen Niedrigenergiehaus
Verhältnis zu Anforderungen

Energiepass Heizung/Warmwasser
Jahresheizwärmebedarf
 Berechnung nach DIN V 4108-6 Heizperiodenbilanz / Randbedingungen nach "Leitfaden Energiebewusste Gebäudeplanung"

Projekt **Wiesbaden Welschstraße 16-22**
 Variante Nr. **4** **Komplettmodernisierung**
 Standort **PLZ/Ort Wiesbaden**
Straße/Haus-Nr. Welschstraße 16-22
 Gebäudeart / Nutzung **Mehrfamilienhaus**

Anzahl Geschosse n_G **3**
 Anzahl Wohneinheiten n_{WE} **12**
 beheizte Wohnfläche **856,7** m²
 beheizte Nettogrundfläche m²
 Energiebezugsfläche A_{EB} **856,7** m²

Klima **Geisenheim (Region 8)**
 Heizgrenztemperatur ϑ_{HG} **15** °C
 Länge der Heizperiode t_{HP} **289** d/a
 mittl. Außentemperatur ϑ_a **7,6** °C
 Nutzungsbedingungen **Standard**
 Raum-Solltemperatur $\vartheta_{r,Soll}$ **21,0** °C

Nachabsenkung
 keine
 Nachabsenkung
 Nacht- u. Wochenendabs.
 Reduktionsfaktor f_{ze} **0,94**

Teilbeheizung nicht direkt beheizter Raumanteil
 keine n_{re}
 Standard n_{re} **15%**
 individuell n_{re}
 Reduktionsfaktor f_{re} **0,99**

Nutzungsfaktor **1,02**
 effektive mittlere Raumtemp. in der Heizperiode $\vartheta_{i,eff}$ **20,3** °C

Transmission

Bauteilbezeichnung	Fläche m ²	U-Wert W/(m ² K)	Reduktions- faktor f_T	W/K	jährliche Energieströme, flächen- bezogen kWh/(m ² a)
1. KD Kellerdecke	342,4	x 0,40	x 0,6	= 83	8,5
2. OG OG-Decke	342,4	x 0,40	x 1	= 136	14,0
3. AW Außenwand	538,7	x 0,24	x 1	= 130	13,3
4. FE Fenster	174,4	x 1,31	x 1	= 229	23,5
5. Tue Eingangstür	4,7	x 2,00	x 1	= 9	1,0
6. W T K Wand Treppe geg Keller	25,2	x 0,43	x 0,6	= 6	0,7
7. W T D Wand Treppe geg Dachraum	44,9	x 0,41	x 1	= 18	1,9
8. Tr D Dachschräge Treppenhaus	7,9	x 1,67	x 1	= 13	1,3
9. Tr Sp Treppenhaus geg Spitzboden	5,5	x 1,67	x 1	= 9	0,9
10. Tr Boden Treppe geg Erdreich	24,4	x 1,25	x 0,6	= 18	1,9
11. AW Lo Außenwand in Loggia	144,1	x 0,32	x 1	= 46	4,7
12.					
13. WB KW Trennwände im Keller	125,4	x 0,26	x 0,6	= 20	2,0
14. WB AW AW KD	98,3	x 0,08	x 1	= 7	0,8
15. WB Tre T Treppenhaus im Keller	54,4	x 0,25	x 0,6	= 8	0,8
16. WB Ecke Außenecke	17,0	x -0,03	x 1	= 0	0,0
17. WB GD Geschossdecken	166,5	x 0,01	x 1	= 1	0,1
18. WB Gi Giebel an OG-Decke	21,6	x 0,13	x 1	= 3	0,3
19. WB Fen Fenster	365,2	x 0,00	x 1	= -1	-0,1
20. WB LO2/ Loggia OG	34,1	x 0,52	x 1	= 18	1,8
21. WB LO3 Loggia EG	11,7	x 0,27	x 1	= 3	0,3
22. WB LO4 Loggia horizontal	102,0	x -0,08	x 1	= -8	-0,8
23. WB Kr WKrauwand Loggia	17,0	x 0,00	x 1	= 0	0,0
24. WB OG I Loggia an Dach	24,8	x 0,12	x 1	= 3	0,3
25. WB Kn Kniestock	54,5	x 0,14	x 1	= 8	0,8
26. WB Tr D Treppenhaus im Dach	56,1	x -0,13	x 1	= -7	-0,7
27.					
28.					
29.					
30.					

Transmissionswärmeverlust H_T Summe **752** **77,4**

Lüftung

A_{EB} lichte Raumhöhe V_L
 m² m m³
 Luftvolumen V_L **856,7** x **2,5** = **2142**

Luftwechsel n_{Anl} η_{WRG} n_{aqui}
 1/h) = 1/h
 Lüftungsanlage x (1 -) =
 Undichtigkeiten **0,20**
 Fensteröffnung **0,40**
energetisch wirksam (äquivalenter Luftwechsel) Σ = **0,60**

$$n_{aqui} \frac{1}{h} \times V_L m^3 \times c_{p, Luft} \frac{Wh}{(m^3K)} + H_{V, LK} \frac{W}{K} = 437 \frac{W}{K}$$

Lüftungswärmeverlust H_V

45,0

Wärmeverlust Gesamt

$$\vartheta_i \text{ °C} - \vartheta_e \text{ °C} \times t_{HP} \frac{d}{a} \times f_{GT} \frac{kh}{d} = 92,7 \frac{kWh}{a}$$

Gradtagszahlfaktor (21,0 - 7,6) x 289 x 0,024 = 92,7

$$H_T \frac{W}{K} + H_V \frac{W}{K} \times f_{ze/re} (= f_{ze} \times f_{re} \times f_{re}) \times f_{GT} \frac{kWh}{a} = Q_L \frac{kWh}{a}$$

Wärmeverlust Q_L (752 + 437) x 0,95 x 92,7 = 104790

122,3

Solare Wärmegewinne

Fenster	Ausrichtung	Reduktionsfaktor	g-Wert (senkr. Einstr.)	Fläche m ²	Globalstrahlung Heizperiode (Heizgrenze 15 °C)	
					kWh/(m ² a)	kWh/a
1. horizontal	H	0,359			697	
2. Ost	O	0,359			427	
3. Südost	SO	0,359	0,6	11,0	531	1256
4. Süd	S	0,359			572	
5. Südwest	SW	0,359	0,6	88,0	531	10070
6. West	W	0,359			427	
7. Nordwest	NW	0,359	0,6	11,0	319	755
8. Nord	N	0,359			276	
9. Nordost	NO	0,359	0,6	64,5	319	4439
10. Ost 45° Neigung	O 45	0,359			614	
11. Südost 45° Neigung	SO 45	0,359			742	
12. Süd 45° Neigung	S 45	0,359			795	
13. Südwest 45° Neigung	SW 45	0,359			742	
14. West 45° Neigung	W 45	0,359			614	
15. Nordwest 45° Neigung	NW 45	0,359			477	
16. Nord 45° Neigung	N 45	0,359			415	
17. Nordost 45° Neigung	NO 45	0,359			477	
18.		0,359				
19.		0,359				
20.		0,359				

1,5

11,8

0,9

5,2

Wärmeangebot Solarstrahlung Q_s Summe 16520

19,3

innere Wärmequellen

$$q_i \frac{kh}{d} \times t_{HP} \frac{d}{a} \times A_{EB} m^2 = 14859 \frac{kWh}{a}$$

innere Wärmequellen Q_i 0,024 x 2,5 x 289 x 856,7 = 14859

17,3

nutzbare Wärmegewinne

Zeitkonstante $\tau = 32$ h Parameter $a = 1,96$ $\gamma = \frac{Q_s + Q_i}{Q_V} = 0,30$ Ausnutzungsgrad Gewinne $\eta_G = \frac{1 - \gamma^a}{1 - \gamma^{a+F}} = 0,93$

nutzbare Wärmegewinne Q_G $\eta_G \times (Q_s + Q_i) = 29245$

34,1

Heizwärmebedarf

Heizwärmebedarf Q_H $Q_L - Q_G = 75545$ kWh/a

88,2

flächenbezogener Heizwärmebedarf q_H

88,2 kWh/(m²a)

Anforderungen Niedrigenergiehaus
Verhältnis zu Anforderungen

Grenzwert	Zielwert	kWh/(m ² a)
100	50	
88%	176%	

Energiepass Heizung/Warmwasser
Wärmeverteilung und -speicherung
 Berechnung nach DIN V 4701-10 / Randbedingungen nach "Leitfaden Energiebewusste Gebäudeplanung"

Projekt: Wiesbaden Welschstraße 16-22
 Wärmeschutzvariante Nr. **4** Kompletmodernisierung

Gebäudetyp/Nutzung Mehrfamilienhaus
 Energiebezugsfläche A_{EB} 857 m²
 Heizperiode Anlagentechnik $t_{HP/AT}$ 273 d/a

Warmwasserverteilung und -speicherung

Bezeichnung Strang

Rohrleitungslänge Warmwasserverteilung
 mittl. Wärmeverlustleistung pro m Rohrlänge
 Anteil der Verluste innerh. der therm. Hülle
 mittl. Wärmeverlustleistung Warmwasserverteilung

$L_{W,V}$ (Projekt)
 $q_{L/W,V}$ (Toolbox Tab. 8)
 f_{IH} (Projekt)
 $Q_{W,V} = L_{W,V} \times q_{L/W,V}$

Teilstränge			Gesamt	m	W/m
W1	W2	W3			
horizontale Verteilung	vertikale Steigstränge	Stichleitungen			
71,0	68,8	24,0			
6,0	6,0	2,4	Σ W1 bis W3		
0,0	0,9	1,0			
426	413	58	896		

davon innerhalb der therm. Hülle als Heizwärmebeitrag verfügbar

mittl. Wärmeverlustleistung Speicher

$Q_{W,S}$ (Tab. 2-11)

<input type="checkbox"/> innerhalb therm. Hülle	108	W
---	-----	---

Σ W1 bis W3	422	W
--------------------	-----	---

mittl. Wärmeverlustleistung gesamt
 jährl. Betriebszeit zentrale WW-Bereitung
 jährl. Wärmeverl. WW-Verteilung u. -Speicherung
 zusätzl. Verluste (Nahwärmenetz, Speicher etc.)
 flächenbezogene Verluste

$Q_{W,V+S} = \Sigma Q_{W,V} + Q_{W,S}$
 t_{WV} (Projekt)
 $Q_{W,V+S} = Q_{W,V+S} \times t_{WV} \times 0,024$
 Berechnung auf separatem Blatt
 $q_{W,V+S} = (Q_{W,V+S} + Q_{W,zusätzlich}) / A_{EB}$

	1004	W
	365	d/a
	8799	kWh/a
		kWh/a
	10,3	kWh/(m ² a)
q_{WV}	3,2	kWh/(m ² a)

Heizwärmeverteilung und -speicherung

Bezeichnung Strang

Rohrleitungslänge Heizwärmeverteilung
 mittl. Wärmeverlustleistung pro m Rohrlänge
 Anteil der Verluste innerh. der therm. Hülle
 mittl. Wärmeverlustleistung Heizwärmeverteilung

$L_{H,V}$ (Toolbox Tab. 6, 7)
 $q_{L/H,V}$ (Toolbox Tab. 5)
 f_{IH} (Projekt)
 $Q_{H,V} = (1-f_{IH}) \times L_{H,V} \times q_{L/H,V}$

Teilstränge			Gesamt	m	W/m
H1	H2	H3			
horizontale Verteilung	vertikale Steigstränge	Anbindeleitungen			
71,0	60,8	588,0			
6,3	6,3	6,3	Σ H1 bis H3		
0,0	0,9	1,0			
447	25	0	473		

Wärmeverluste der Heizwärmeverteilung innerhalb der therm. Hülle zu 100% als Heizwärmebeitrag nutzbar (Standard bei heizlastabhängiger Netztemperatur)

jährl. Wärmeverl. Heizwärmeverteilung
 zusätzl. Verluste (Nahwärmenetz, Speicher etc.)
 flächenbezogene Verluste

$Q_{H,V} = Q_{H,V} \cdot t_{HP/AT} \cdot 0,024$
 Berechnung auf separatem Blatt
 $q_{H,V+S} = (Q_{H,V+S} + Q_{H,zusätzlich}) / A_{EB}$

	3096	kWh/a
		kWh/a
	3,6	kWh/(m ² a)
q_{IH}	0,0	kWh/(m ² a)

zusätzliche Heizwärmegutschrift

Beitrag Anlagentechnik zu inneren Wärmequellen
 Standardwert

$q_{IAT} = 0,024 \times 0,88 \times 289 = 6,1$

als Heizwärmebeitrag tatsächlich verfügbar

$q_{IAT} = q_{WV} + q_{IH} = 3,2$ kWh/(m²a)

zusätzliche Heizwärmegutschrift

$\Delta q_{HIG} = \eta_G \times (q_{IAT} - q_{IAT}) = -2,7$ kWh/(m²a)

Elektro-Hilfsgeräte (Heizung + Warmwasser)

Hilfsgerät (Heizungs-, Zirk.-Pumpe, Lüftung, gekopp. Stromerzeugung)

mittlere elektr. Leistung (Stromerzeugung negativ)
 jährliche Betriebszeit
Strombedarf

P_{el} Toolbox Abschn. 2.11
 $t_{Betrieb}$ Toolbox Abschn. 2.11
 $Q_{E,EH} = P_{el} \cdot t_{el} / 1000$

Geräte			Gesamt	W	h/a	kWh/a
E1	E2	E3				
Regelung	Brenner	Umwälzpumpe Heizung				
20	90	140				
8760	2096	6552	Σ E1 bis E3			
175	188	918				

Hilfsgerät (Heizungs-, Zirk.-Pumpe, Lüftung, gekopp. Stromerzeugung)

mittlere elektr. Leistung (Stromerzeugung negativ)
 jährliche Betriebszeit
Strombedarf

P_{el} Toolbox Abschn. 2.11
 $t_{Betrieb}$ Toolbox Abschn. 2.11
 $Q_{E,EH} = P_{el} \cdot t_{el} / 1000$
 $Q_{E,EH} = Q_{E,EH} / A_{EB}$

Geräte			Gesamt	W	h/a	kWh/a
E4	E5	E6				
WW-Zirkulation	Speicherladekreis					
90	90					
8760	652		Σ E1 bis E6			
788	59		2128,1			
			2,5			

End- und Primärenergiebedarf

Berechnung nach DIN V 4701-10 / Randbedingungen nach "Leitfaden Energiebewusste Gebäudeplanung"

Projekt: Wiesbaden Welschstraße 16-22
 Variante: 4

Gebäudetyp/Nutzung: Mehrfamilienhaus
 Energiebezugsfläche: $A_{EB} = 857 \text{ m}^2$

Energieträger

Primärenergie-Faktor (nicht-erneuerbare Energien) f_p (s. Tab.)
 CO₂-Emissionsfaktor (CO₂-Äquivalent) f_{CO_2} (s. Tab.)

Teilsysteme				
E	T1	T2	T3	
Hilfsenergie: Strom	Erdgas			
2,7	1,1	0,0	2,7	
680	310	0	0	g/kWh

Warmwasser

Nutzenergiebedarf Warmwasser* (EFH: 13 / MFH:17) $Q_{W,N}$ **17,0** kWh/(m²a)
 Bauart Wärmeerzeuger (Projekt)
 Anteil Deckung Wärmebedarf Warmwasser $\alpha_{W,N}$ (Proj./Tab. 2-16)
 Aufwandszahl Wärmeerzeuger $e_{W,N} = 1 / \eta_{a,W}$
 Aufwandszahl Wärmeverteilung/-speicherung $e_{W,V+S} = (q_{W,z} + q_{W,v}) / q_{W,z}$
Endenergie-Bedarf Warmwasser* $Q_{E,W} = \alpha_{W,N} \times Q_{W,N} \times e_{W,V+S} \times e_{W,E}$

	zentral	zentral	dezentral	
NT-Kessel				
100%				
1,12				
1,60				
30,5	0,0	0,0		kWh/(m ² a)

davon zentral: $Q_{W,z} = 17,0$ kWh/(m²a)

Raumwärme

Heizwärmebedarf* $Q_{H,N}$ **88,2** (Blatt HW)
 abzügl. zusätzl. Heizwärmegutschrift $q_{H,eff} = q_{H,N} - \Delta q_{H,W} = 90,9$
 Bauart Wärmeerzeuger (Projekt)
 Anteil Deckung Wärmebedarf Raumheizung $\alpha_{H,N}$ (Proj./Tab. 2-8)
 Aufwandszahl Wärmeerzeuger $e_{H,N} = 1 / \eta_{a,H}$
 Aufwandszahl Wärmeverteilung/-speicherung $e_{H,V+S} = (q_{H,z} + q_{H,v}) / q_{H,z}$
Endenergie-Bedarf Raumwärme* $Q_{E,H} = \alpha_{H,N} \times Q_{H,N} \times e_{H,V+S} \times e_{H,E}$

	zentral	dezentral	dezentral	
NT-Kessel				
100%				
1,08	0,00	1,00		
1,04				
101,6	0,0	0,0		kWh/(m ² a)

davon zentral: $Q_{H,z} = 90,9$ kWh/(m²a)

Endenergie

Endenergie-Bedarf Elektro-Hilfsgeräte* $Q_{E,EH} = 2,5$
Endenergie-Bedarf Heizung + Warmwasser* $Q_E = Q_{E,H} + Q_{E,W}$
 davon Biomasse (insbes. Holz)
 maximal als erneuerbar ansetzbar (Biomasse-Potenzial)
 im Primärenergiebedarf zu berücksichtigen $Q_{E,P} = Q_{E,BM} - Q_{E,BMP}$

2,5	132,1	0,0	0,0	kWh/(m ² a)
-----	-------	-----	-----	------------------------

Biomasse:
 $Q_{E,BM} = 0,0$ kWh/(m²a)
 $Q_{P,BMP} = 0,0$ kWh/(m²a)
 $Q_{P,BM} = 0,0$ kWh/(m²a)

CO₂ / Primärenergie

Emissionen CO₂-Äquivalent* $m_p = e \cdot X_{CO_2}$
 Gesamt* $\Sigma m_p = 42,6$

1,7	41,0	0,0	0,0	kg/(m ² a)
-----	------	-----	-----	-----------------------

Primärenergie-Bedarf*(nicht-erneuerbare Energien) $Q_P = Q_E \cdot f_p$

6,7	145,3	0,0	0,0	kWh/(m ² a)
-----	-------	-----	-----	------------------------

Primärenergie-Bedarf Gesamt* $Q_{P,Ges} = \Sigma Q_P + \Sigma Q_{P,BM} = 152,0$ kWh/(m²a)

Grenzwert	Zielwert	
100	50	kWh/(m ² a)
152%	304%	

Anforderungen Niedrigenergiehaus
 Verhältnis zu Anforderungen Niedrigenergiehaus

Primärenergie-Aufwandszahl $e_p = Q_{P,Ges} / (Q_W + Q_H) = 1,446$

Anmerkungen
 *) pro m² Energiebezugsfläche
 Verweise auf Tabellen: z.B. (Tab. 2-16) Tabelle in: Energiepass Heizung / Warmwasser; Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt 1997
 z.B. (Toolbox Tab. 8) Tabelle in: Energiebilanz-Toolbox; Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt 2001

Anhang B: Ermittlung der Flächen und Rohrleitungslängen

Tab. 8: Flächenermittlung

Flächenermittlung

Kennung (beliebig)	Bezeichnung/Lage	Ausführung	zugeordnet		Abzugs- fläche = A	Breite [m]	Länge [m]	Höhe [m]	Anzahl (wenn <1)	Zusatz- fläche [m²]	Fläche Brutto [m²]	Fläche Netto [m²]
			Bauteil- Kürzel (max.30)	transp. Fläche Orient. (s.u.)								
KD	Kellerdecke		KD			10,80	36,09				389,8	342,4
LG1	Loggia 1				A	4,92	1,30					6,4
LG2	Loggia 2				A	4,26	1,30					5,5
LG3	Loggia 3				A	5,08	1,10					5,6
LG4	Loggia 4				A	4,22	1,30					5,5
Tr	Treppenhäuser		Tr		A	5,12	2,39		2			24,4
OG	oberste Geschossdecke		OG			10,80	36,09				389,8	342,4
LG1	Loggia 1				A	4,92	1,30					6,4
LG2	Loggia 2				A	4,26	1,30					5,5
LG3	Loggia 3				A	5,08	1,10					5,6
LG4	Loggia 4				A	4,22	1,30					5,5
Tr	Treppenhäuser				A	5,12	2,39		2			24,4
AW1	Wand Giebelseiten	Hohlblock 30 cm	AW			10,80		8,50	2		183,6	172,8
FBI	Bumenfenster		FE	NW	A	1,14		1,59	3			5,4
FBI	Bumenfenster		FE	SO	A	1,14		1,59	3			5,4
AW2	Wand Straßenseite	Hohlblock 30 cm	AW			36,09		8,50			306,8	237,5
Fen Schl/Ki	Fenster Schlafz/Kinderz	Holz; Einscheibenglas	FE	NO	A	1,71		1,39	12			28,4
Fen Kü	Küchenfenster	Holz; Einscheibenglas	FE	NO	A	1,14		1,39	12			18,9
Fen Bad	Fenster Bad	Holz; Einscheibenglas	FE	NO	A	0,80		1,10	12			10,6
Fen_Treppe	Treppenhausfenster	Holz; Einscheibenglas	FE	NO	A	1,14		1,39	4			6,3
Eing	Haustüren	Holz	Tue		A	1,10		2,15	2			4,7
Fen_Treppe rund	Treppenhausfenster	Holz; Einscheibenglas	FE	NO	A	0,06		3,14	2			0,4
AW3	Wand Gartenseite ohne	Hohlblock 30 cm	AW			18,45		8,50			156,8	128,4
Fen Schl	Fenster Schlafzimmer	Holz; Einscheibenglas	FE	SW	A	1,71		1,39	12			28,4
AW4	Stirnseiten Loggien	Hohlblock 30 cm	AW_Lo			17,87		8,50			151,9	92,3
Fen Tür	Fenstertür zur Loggia	Holz; Einscheibenglas	FE	SW	A	0,95		2,01	6			11,5
Fen Brüstung	Fenster mit Brüstung	Holz; Einscheibenglas	FE	SW	A	2,05		1,59	6			19,6
Fen Wohnz	Fenster Wohnzimmer	Holz; Einscheibenglas	FE	SW	A	3,00		1,59	6			28,5
AW5	Seitenwände Loggien	Hohlblock 30 cm	AW_Lo			1,30		8,50	6	-3,4	62,9	51,7
Tue_Log	Tür zur Loggia	Holz; Einscheibenglas	FE	NW	A	0,89		2,10	3			5,6
Tue_Log	Tür zur Loggia	Holz; Einscheibenglas	FE	SO	A	0,89		2,10	3			5,6
Trep_Keller	Wand Treppe geg Kelle	Hohlblock 24 cm	W_T_K			12,62		1,00	2			25,2
Trep_Dach	Wand Treppe geg Dach	Hohlblock 24 cm	W_T_D			9,75		2,30	2			44,9
Trep_Dachschräge	Dachschräge Treppen	3 cm Heraklith	Tr_D			2,39	3,30					7,9
Trep Spitzb	Treppenhaus geg Spitz	4 cm Heraklith	Tr_Sp			2,39	2,30					5,5
												0,0
Wärmebrücken bzw. Bauteilanschlüsse / Längen in m												
Trennwände im Keller	Kellerwände und Haustrennwand		WB_KW_Tr			125,39						125,4
AW_KD	Außenwand Kellerdecke		WB_AW_K			98,28						98,3
Treppenhaus im Keller	Boden zu Erdreich		WB_Tre_Kel			54,40						54,4
Außenecke	horizontaler Schnitt durch Außenwand		WB_Ecke			17,00						17,0
Geschossdecken	durchbetonierte Geschossdecken		WB_GD			166,48						166,5
Giebel an OG-Decke	Giebelwand an oberste Geschossdecke		WB_Gi			21,60						21,6
Fenster	umlaufende Einbaulänge Fenster		WB_Fen			365,20						365,2
Loggia OG	auskragende Betonloggia im OG		WB_LO2/5			34,08						34,1
Loggia EG	Loggia EG gegen Keller		WB_LO3			11,70						11,7
Loggia horizontal	Innen- und Außenecken Loggia (horizontal)		WB_LO4			102,00						102,0
Kragwand Loggia	seitliche Kragwände Loggia		WB_Kr_Wa			17,00						17,0
Loggia an Dach	Loggia an oberste Geschossdecke		WB_OG_LO			24,84						24,8
Kniestock	Außenwand an oberste Geschossdecke		WB_Kn			54,54						54,5
Treppenhaus im Dach	beheiztes Treppenhaus im Dachgeschoss		WB_Tr_Dach			56,08						56,1

Tab. 9.: Leitungslängen Verteilung Heizwärme und Warmwasser

	Heizung			Warmwasser inkl. Zirkulation		
	Plan 1:50 cm	Strang m	Rohr m	Plan 1:50 cm	Strang m	Rohr m
horizontale Stränge						
außerhalb therm. Hülle						
Kellergeschoss (x-Koordinate)	51	25,5	51	51	25,5	51
Kellergeschoss (y-Koordinate)	20	10	20	20	10	20
Summe außerhalb therm. Hülle			71			71
vertikale Stränge						
außerhalb therm. Hülle						
Kellergeschoss		2	4	4	8	
Summe außerhalb therm. Hülle			4		8	
innerhalb therm. Hülle						
Anzahl						
EG	4	1,5	12	EG	8	16
1.OG-2.OG	4	5,6	44,8	1.OG-2.OG	22,4	44,8
Summe innerhalb therm. Hülle			56,8			60,8
Anbinde- / Zapfleitungen						
Anzahl						
EG	4	49	98	16		8
1.OG	4	49	98	16		8
2.OG	4	49	98	16		8
Summe Anbindeleitungen			588			24

Anhang C: Ermittlung der Wärmebrückenverlustkoeffizienten

In Tab. 10 sind die Randbedingungen der Wärmebrückenberechnungen dokumentiert. Tab. 11 zeigt den Überblick über die berechneten Ψ -Werte und die folgenden Seiten die Ψ -Wert-Berechnung für die einzelnen Bauteile. Dabei ist auf jedem Blatt jeweils die Bezeichnung und das Kürzel des Bauteils, eine Angabe der Schnittebene (vertikal oder horizontal), sowie die Schnittzeichnung und die Isothermendarstellung dargestellt. Darunter befinden sich die Ψ -Werte für Innenmaßbezug, Außenmaßbezug nach der Modernisierung und dort, wo eine Angabe sinnvoll ist, Außenmaß auf den unsanierten Zustand bezogen. Der letzte Wert ist wichtig, wenn für das modernisierte Gebäude nicht alle Längen neu aufgenommen werden sollen. Neben den Ψ -Werten ist jeweils noch der U-Wert der beteiligten ungestörten Bauteile widergegeben.

Bei den Berechnungen wurden dreidimensionale Wärmebrückeneffekte vernachlässigt. Um deren Einfluss nicht unberücksichtigt zu lassen, wurde in den Loggien, wo diese 3-D-Effekte besonders ausgeprägt sind, die nicht die Länge des Fensters bzw. der Brüstung angerechnet, sondern die Länge der gesamten Loggia. Da dies die ungünstigste Einbausituation darstellt, wird der dreidimensionale Wärmebrückeneffekt pessimistisch abgeschätzt.

Tab. 10: Randbedingungen der Wärmebrückenberechnungen

	Temperaturen	
	Innentemperatur	20
Außentemperatur	-10	°C
Temperaturverhältnis	0,5	nach [Hauser]
Kellertemperatur	5	°C
Erdreichtemperatur (in 2,8 mTiefe)	8	°C

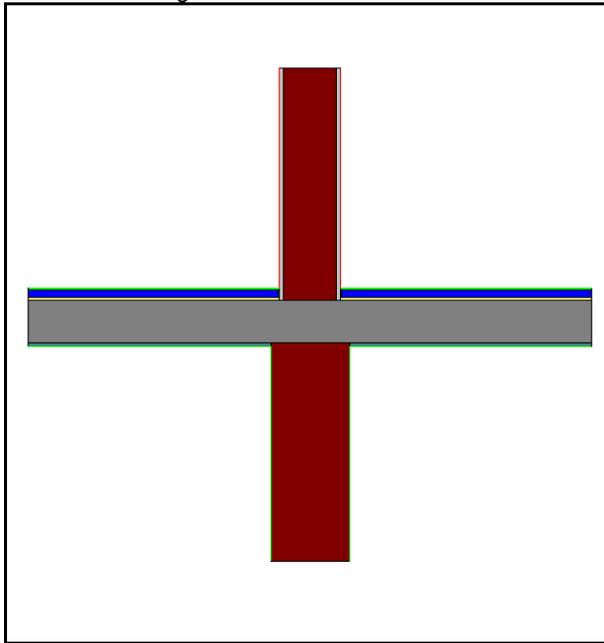
Wärmestromrichtung	Wärmeübergangswiderstände	
	Innen Rsi	Außen Rse
horizontal	0,13	0,04
horizontal im Keller gg. Erdreich	0,17	0
vertikal nach oben	0,1	
vertikal nach unten (Keller)	0,17	0,17
Innenecke an Fenster	0,2	
Dachraum über Kehlbalkendecke		0,24
hinterlüftete Dachhaut 45 °		0,1

Tab. 11: Übersicht über die Wärmebrückenverlustkoeffizienten

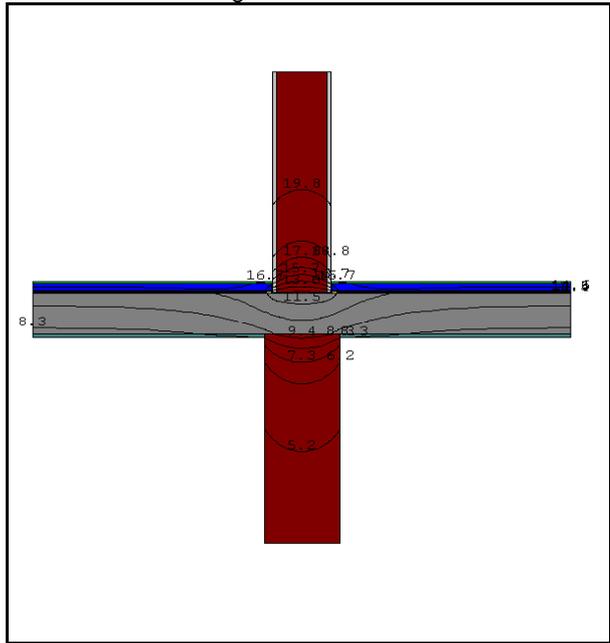
Beschreibung	U-Werte der ungestörten Bauteile				Istzustand		tatsächlich ausgeführt			Komplettsanierung		
	Bauteil	Istzustand	tatsächlich ausgeführt	Komplettsanierung	$\Psi_{\text{Innenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$	$\Psi_{\text{Innenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$ *	$\Psi_{\text{Innenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$ *
		[W/m ² K]	[W/m ² K]	[W/m ² K]	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]
Keller												
Kellertrennwand 36,5 cm	Kellerdecke	1,018	0,403	0,403	0,469	0,184	0,439	0,326		0,439	0,326	
Kellertrennwand 24 cm	Kellerdecke	1,018	0,403	0,403	0,504	0,219	0,357	0,244		0,357	0,244	
Kellertrennwand 11,5 cm	Kellerdecke	1,018	0,403	0,403	0,360	0,202	0,256	0,194		0,256	0,194	
Hautrennwand im Keller	Kellerdecke	1,018	0,403	0,403	0,689	0,139	0,567	0,348		0,567	0,348	
Kellerdecke an Außenwand	Kellerdecke	1,018	0,403	0,403								
	Außenwand	1,394	1,394	0,240	0,253	-0,331	0,422	-0,142	-0,058	0,419	0,237	0,280
Kellerdecke an Außenwand mit Perimeter	Kellerdecke	1,018		0,403								
	Außenwand	1,394		0,240	0,253	-0,331				0,215	0,033	0,076
Kellerwand an Treppenhausfußboden	Kellerwand	1,159		0,390	0,584	0,387				0,627	0,395	0,430
	Treppenhausfußboden	0,728		0,728								
Kellerabgang an Kellerdecke (Bezugskante im Keller)	Kellerwand	1,159	1,159	0,386								
	Kellerdecke	1,018	0,403	0,403		0,437		0,161			0,066	
Außenwand												
Außenwanddecke	Außenwand	1,394		0,240	0,208	-0,739				0,135	-0,095	-0,028
Vordach über Eingang	Außenwand	1,3938/1,1975		0,2399/0,2333	0,593	0,251				0,067	0,006	
	Außenwand	1,198	1,198	0,233								
Giebelwand an oberste Geschossdecke	ob. Geschossdecke	0,851	0,398	0,398	0,526	-0,069	0,571	0,046	0,130	0,326	0,059	0,131
Geschossdecke an Außenwand im Obergeschoss	Außenwand	1,198		0,233	0,583	0,277				0,067	0,008	
Geschossdecke an Außenwand im Erdgeschoss	Außenwand	1,394		0,240	0,591	0,235				0,067	0,005	
Fenster												
Fenster	Außenwand	1,394		0,240	0,107	0,107				-0,003	-0,003	
	Fenster	3,057		1,311								
Blumenfenster	Außenwand	1,394			0,896	0,896				wie normales		
	Fenster	3,057										
Loggia												
Loggia im Obergeschoss, Bereich Fenster und Brüstung	Fenster	3,057		1,311	0,628	0,329				0,602	0,522	
	Außenwand	1,198		0,318								
Loggia im Erdgeschoss, Bereich Wand	Außenwand EG	1,394	1,394	0,240	0,169	-0,416	0,344	-0,219		0,400	0,219	
	Kellerdecke	1,018	0,403	0,403								
Loggia im Erdgeschoss, Bereich Brüstung/Fenster	Außenwand EG	1,394	1,394	0,331	0,243	-0,257	0,419	-0,061	0,023	0,417	0,212	0,271
	Fenster	3,057	3,057	1,311								
	Kellerdecke	1,018	0,403	0,403								
Loggia Innenecke	Außenwand in Loggia	1,198		0,318	-0,538	0,277				-0,272	0,007	
	Fenster	2,984		1,311								
Loggia Außenecke	Außenwand Fassade	1,198		0,233	0,252	-0,563				0,102	-0,160	
	Außenwand Loggia	1,198		0,318								
	Fenster	2,984		1,311								
Loggia im Obergeschoss	Außenwand in Loggia	1,198		0,318	0,585	0,357				0,538	0,477	
	Fenster	3,057		1,311								
Kragwand an Loggia	Außenwand Fassade	1,198		0,233	0,177	-0,637				0,185	-0,071	-0,003
	Außenwand in Loggia	1,198		0,318								
Loggiadecke an Fenster zum Dachgeschoss	Fenster	1,198	1,198	0,233	0,409	-0,191	0,451	-0,079	0,004	0,317	0,065	0,121
	ob. Geschossdecke	0,851	0,398	0,398								
Loggiadecke zum Dachgeschoss	Außenwand in Loggia	1,198	1,198	0,318	0,413	-0,182	0,456	-0,075	0,015	0,326	0,045	0,109
	ob. Geschossdecke	0,851	0,398	0,398								
Dach												
Kniestock (35 cm hoch)	Außenwand	1,198	1,198	0,233	0,509	-0,086	0,571	0,046	0,130	0,337	0,070	0,142
	ob. Geschossdecke	0,851	0,398	0,398								
Dachgeschoss an Treppenhauswand (Bezug Kante im kalten Dach)	ob. Geschossdecke	0,851	0,398	0,398		0,170		0,137			0,046	
	Treppenhauswand	0,969	0,969	0,363								
Treppenhaus: Decke an Wand	Treppenhausdecke	1,667		1,667	0,181	-0,425				0,288	-0,394	-0,294
	Treppenhauswand	0,869		0,348								

* auf unansanierten Zustand bezogen

Kellertrennwand 36,5 cm - Istzustand
Schnittzeichnung vertikal



Kürzel KW_tr_365 ist
Isothermendarstellung

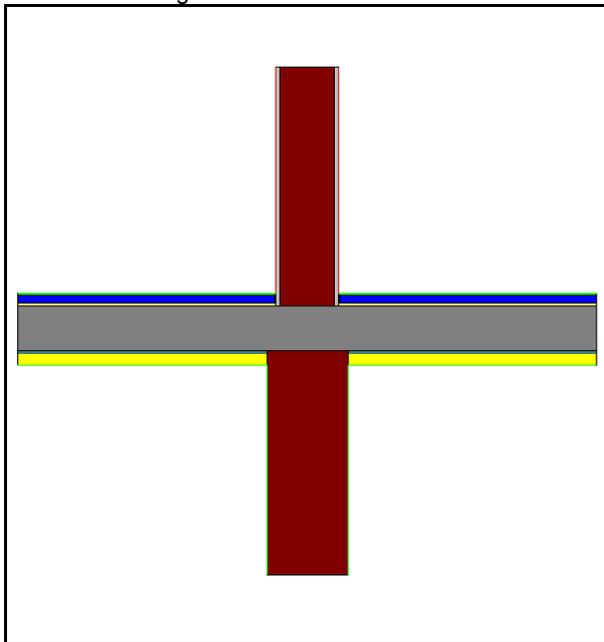


	$\Psi_{\text{Innenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}^*$
	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]
KW_tr_365 ist	0,469	0,184	

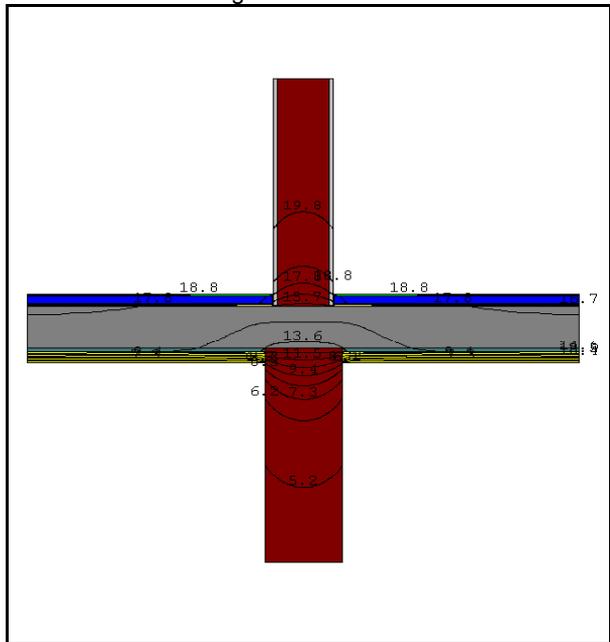
* auf unsanierten Zustand bezogen

U-Werte der ungestörten Bauteile	W/m ² K
Kellerdecke	1,018

Kellertrennwand 36,5 cm - saniert
Schnittzeichnung vertikal



Kürzel KW_tr_365 san
Isothermendarstellung

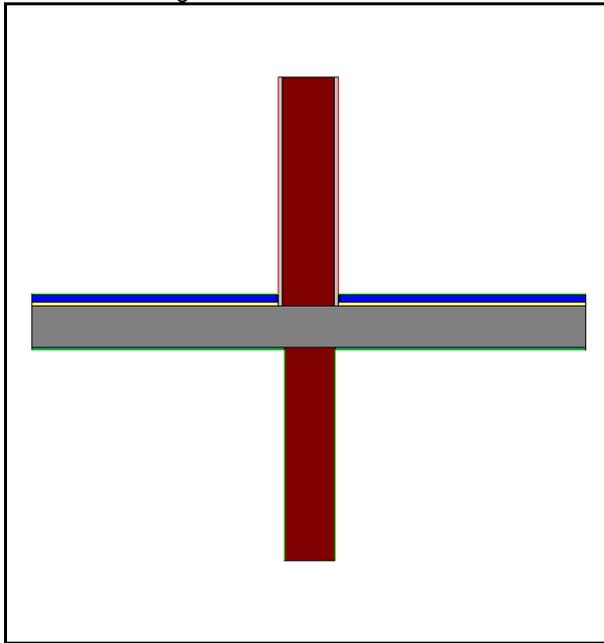


	$\Psi_{\text{Innenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}^*$
	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]
KW_tr_365 s	0,439	0,326	

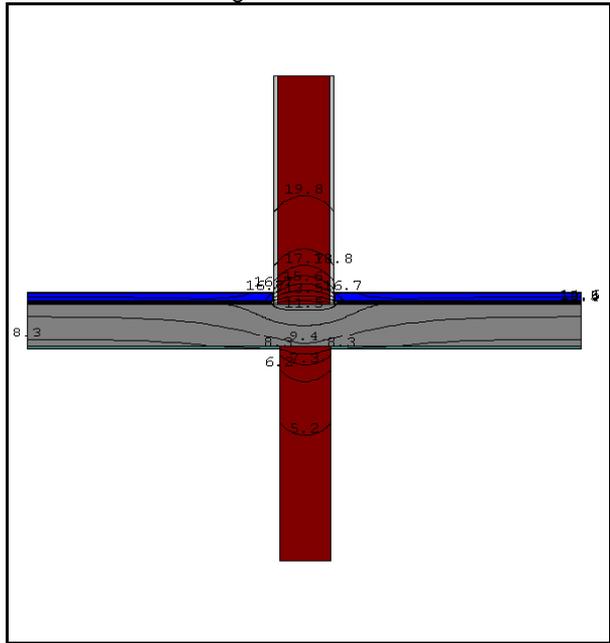
* auf unsanierten Zustand bezogen

U-Werte der ungestörten Bauteile	W/m ² K
Kellerdecke	0,403

Kellertrennwand 24 cm - Istzustand
Schnittzeichnung vertikal



Kürzel KW_tr 240 ist
Isothermendarstellung

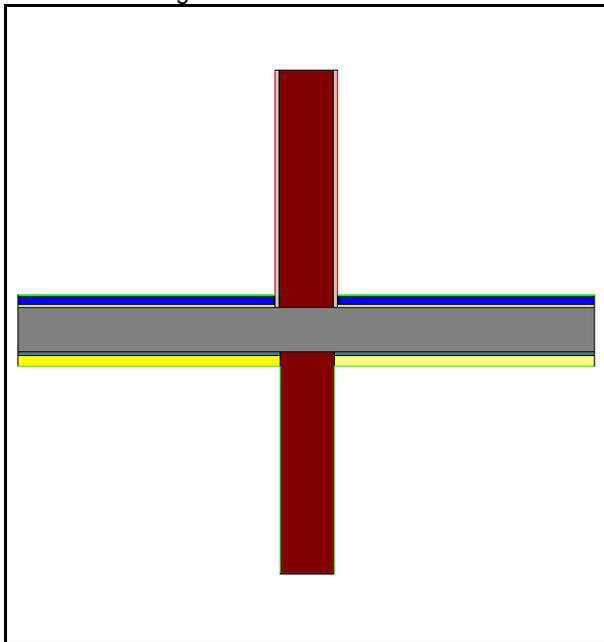


	$\Psi_{\text{Innenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}^*$
	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]
KW_tr 240 ist	0,504	0,219	

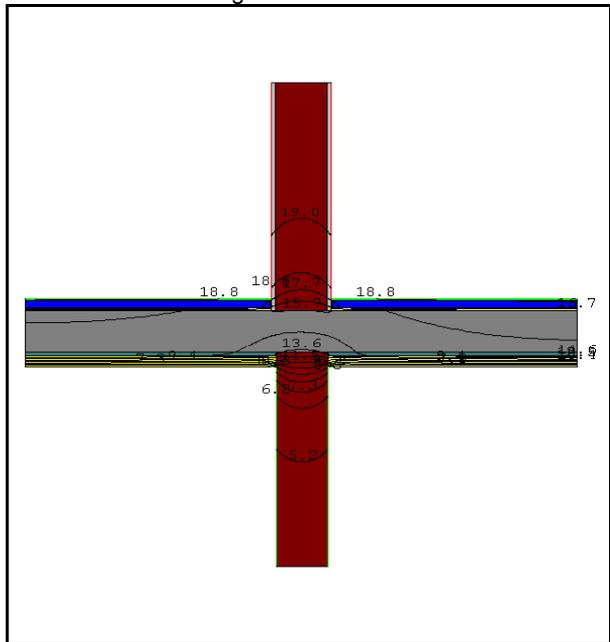
* auf unsanierten Zustand bezogen

U-Werte der ungestörten Bauteile	W/m ² K
Kellerdecke	1,018

Kellertrennwand 24 cm - saniert
Schnittzeichnung vertikal



Kürzel KW_tr 240 san
Isothermendarstellung

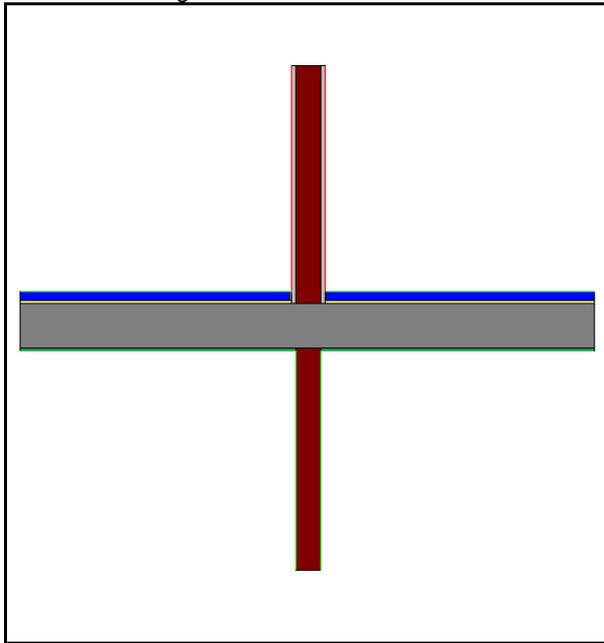


	$\Psi_{\text{Innenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}^*$
	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]
KW_tr 240 sa	0,357	0,244	

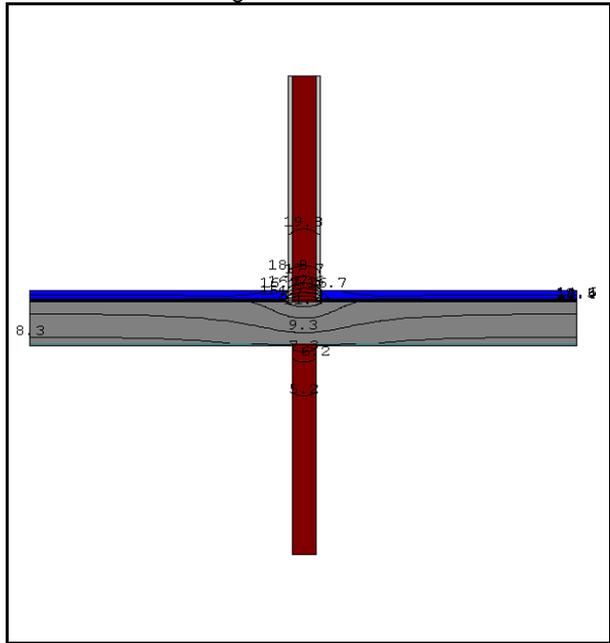
* auf unsanierten Zustand bezogen

U-Werte der ungestörten Bauteile	W/m ² K
Kellerdecke	0,403

Kellertrennwand 11,5 cm - Istzustand
Schnittzeichnung vertikal



Kürzel KW_tr 115 ist
Isothermendarstellung

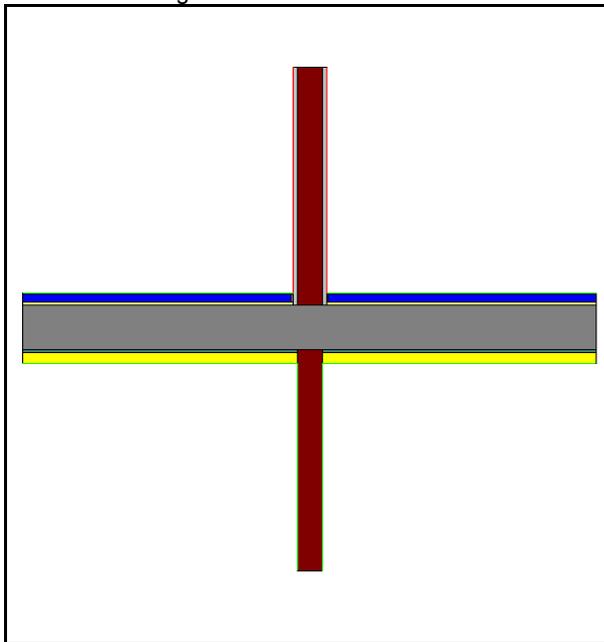


	$\Psi_{\text{Innenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}^*$
	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]
KW_tr 115 ist	0,360	0,202	

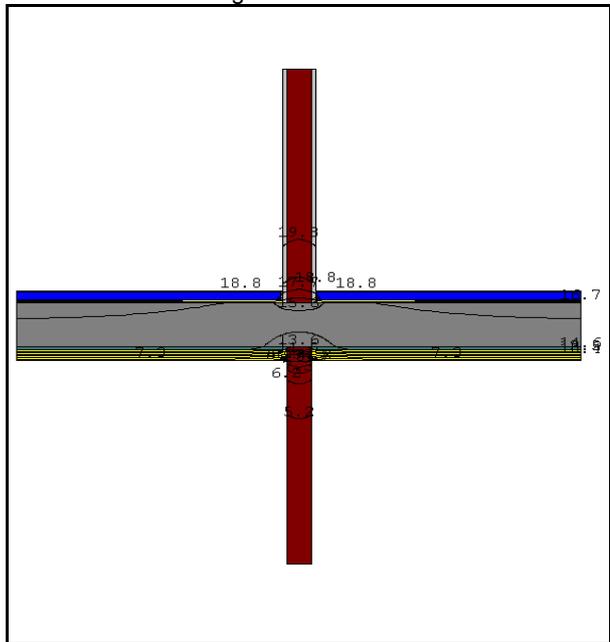
* auf unsanierten Zustand bezogen

U-Werte der ungestörten Bauteile	W/m ² K
Kellerdecke	1,018

Kellertrennwand 11,5 cm - saniert
Schnittzeichnung vertikal



Kürzel KW_tr 115 san
Isothermendarstellung

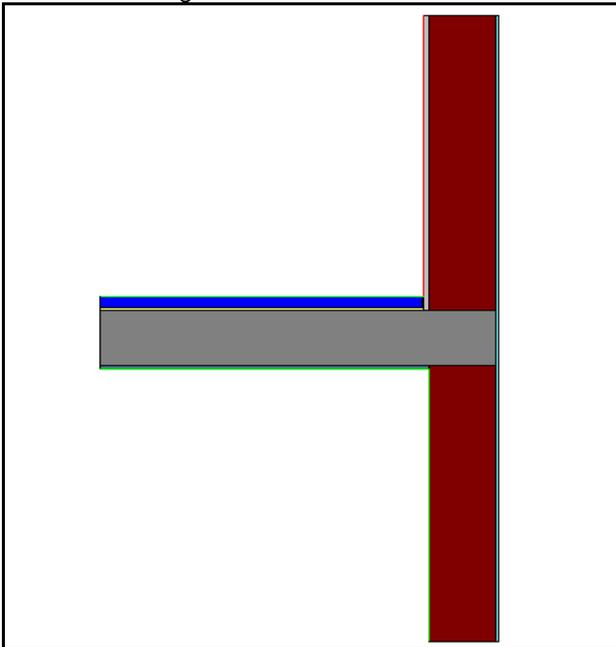


	$\Psi_{\text{Innenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}^*$
	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]
KW_tr 115 sa	0,256	0,194	

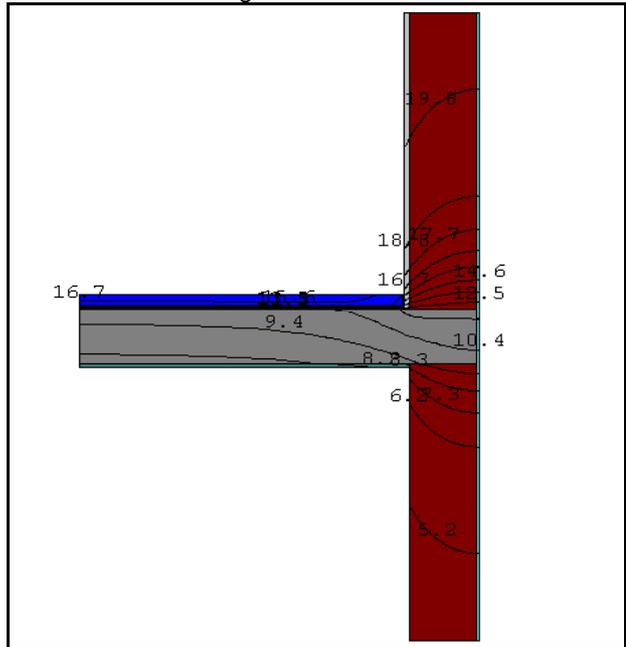
* auf unsanierten Zustand bezogen

U-Werte der ungestörten Bauteile	W/m ² K
Kellerdecke	0,403

Haustrennwand im Keller (halbe Wand) - Istzustand
Schnittzeichnung vertikal



Kürzel Isothermendarstellung Htr ist halb

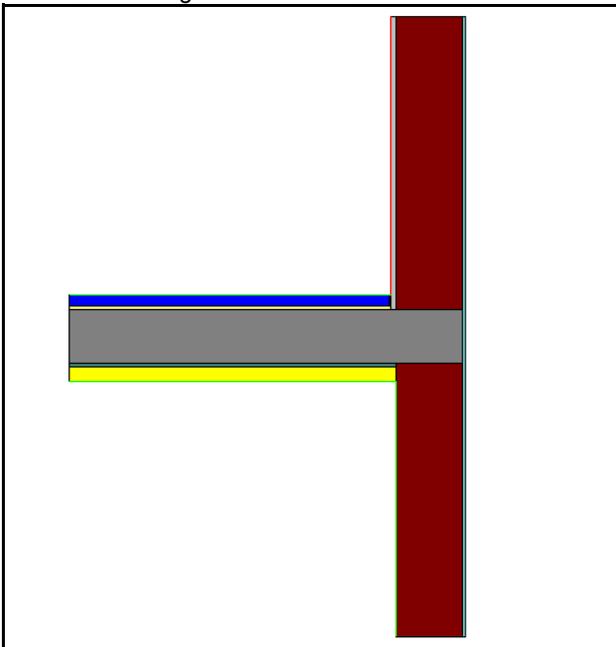


	$\Psi_{\text{Innenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}^*$
	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]
Htr ist halb	0,344	0,070	

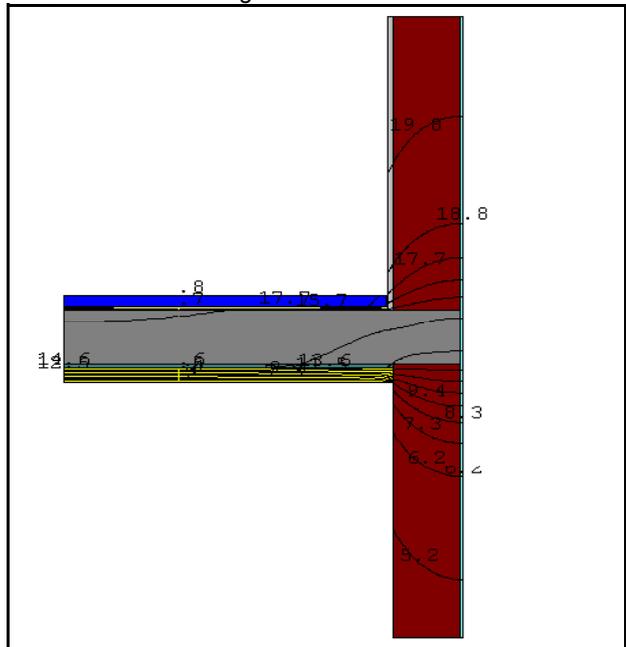
* auf un sanierten Zustand bezogen

U-Werte der ungestörten Bauteile	W/m ² K
Kellerdecke	1,018

Haustrennwand im Keller (halbe Wand) - saniert
Schnittzeichnung vertikal



Kürzel Isothermendarstellung Htr san halb

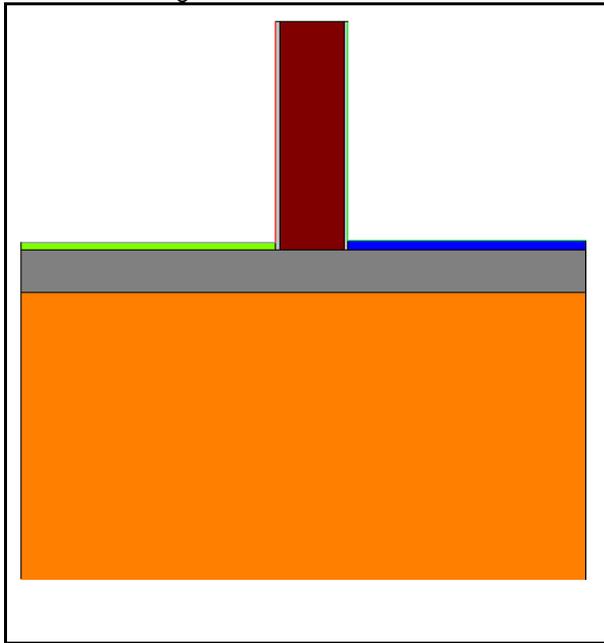


	$\Psi_{\text{Innenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}^*$
	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]
Htr san halb	0,284	0,175	

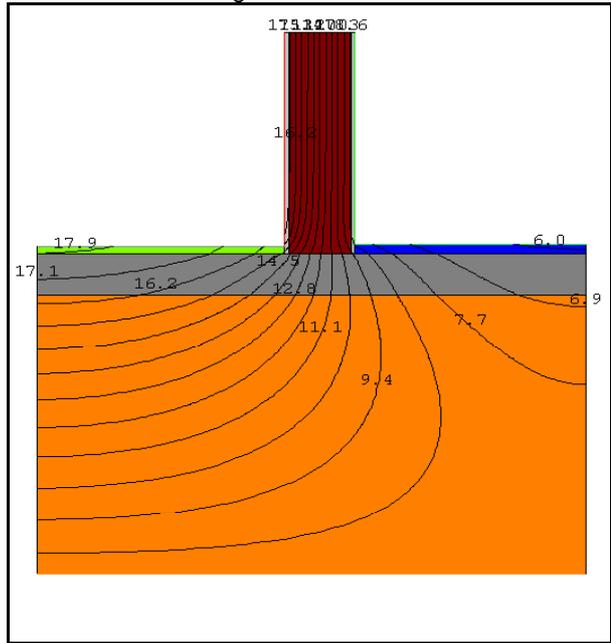
* auf un sanierten Zustand bezogen

U-Werte der ungestörten Bauteile	W/m ² K
Kellerdecke	0,403

Kellerwand an Treppenhaus - Istzustand
Schnittzeichnung vertikal



Kürzel Tre_Kell ist
Isothermendarstellung

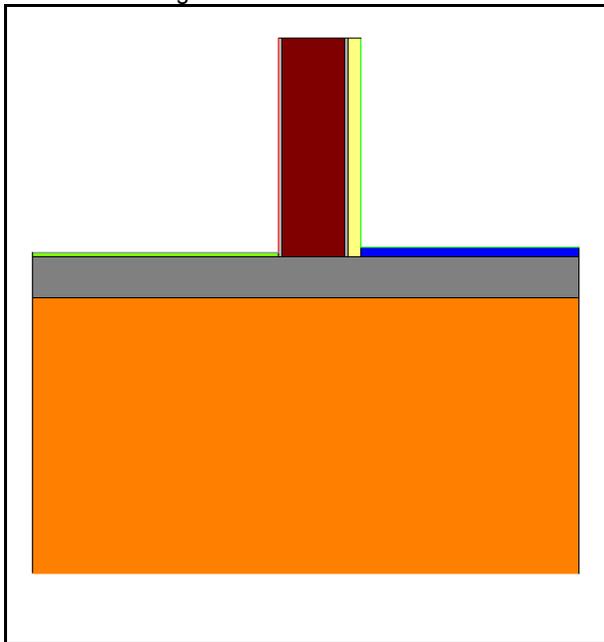


	$\Psi_{\text{Innenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}^*$
	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]
Tre_Kell ist	0,584	0,387	

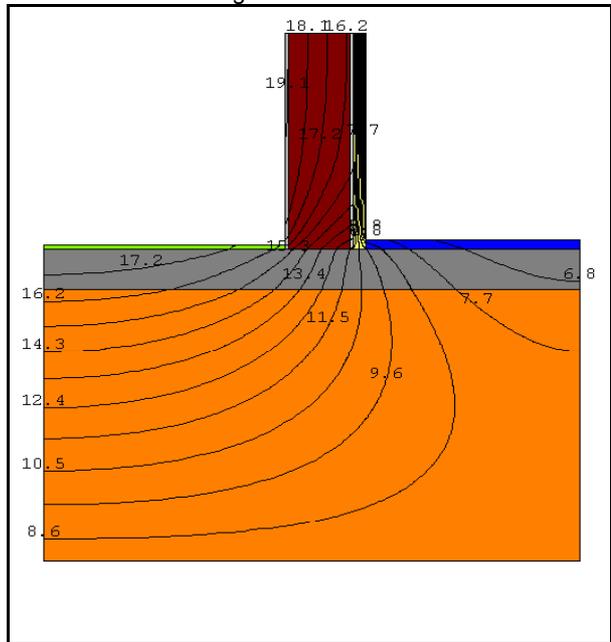
* auf unsanierten Zustand bezogen

U-Werte der ungestörten Bauteile	W/m ² K
Kellerwand	1,159
Treppenhausfußboden	0,728

Kellerwand an Treppenhaus - saniert
Schnittzeichnung vertikal



Kürzel Tre_Kell san
Isothermendarstellung

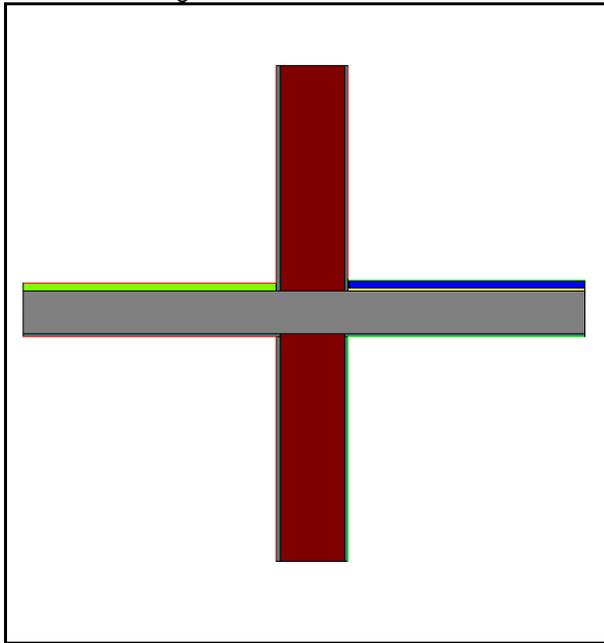


	$\Psi_{\text{Innenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}^*$
	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]
Tre_Kell san	0,627	0,395	0,430

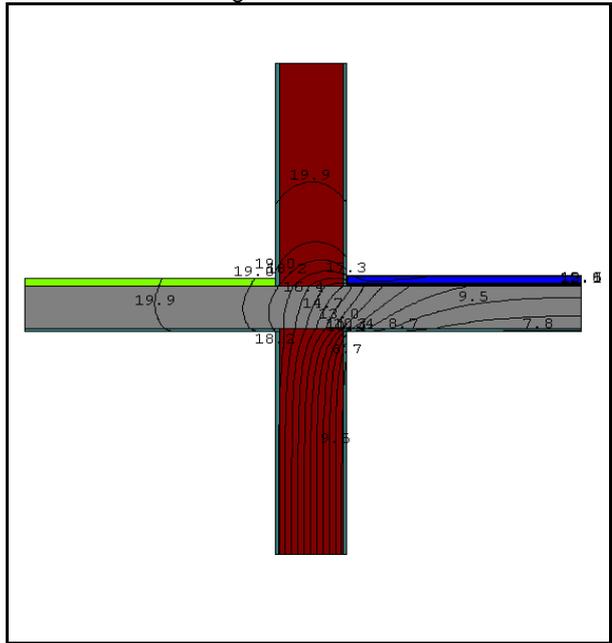
* auf unsanierten Zustand bezogen

U-Werte der ungestörten Bauteile	W/m ² K
Kellerwand	0,390
Treppenhausfußboden	0,728

Kellerabgang an Kellerdecke - Istzustand
Schnittzeichnung vertikal



Kürzel Klr_Abg_ist
Isothermendarstellung

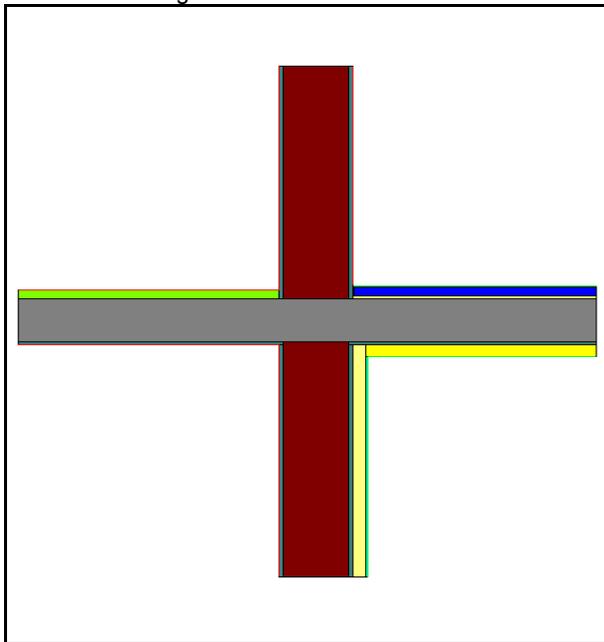


	$\Psi_{\text{Innenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}^*$
	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]
Klr_Abg_ist		0,437	

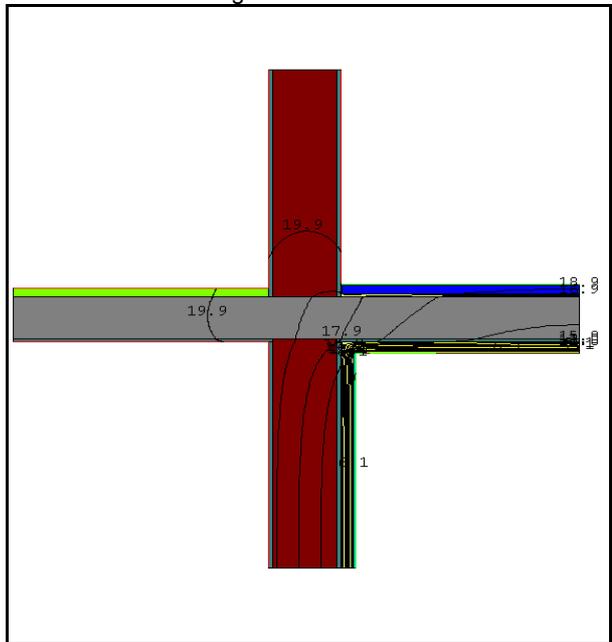
* auf unsanierten Zustand bezogen

U-Werte der ungestörten Bauteile	W/m²K
Kellerdecke	1,018
Kellerwand	1,159

Kellerabgang an Kellerdecke - saniert, optimiert
Schnittzeichnung vertikal



Kürzel Klr_Abg_san, optimiert
Isothermendarstellung



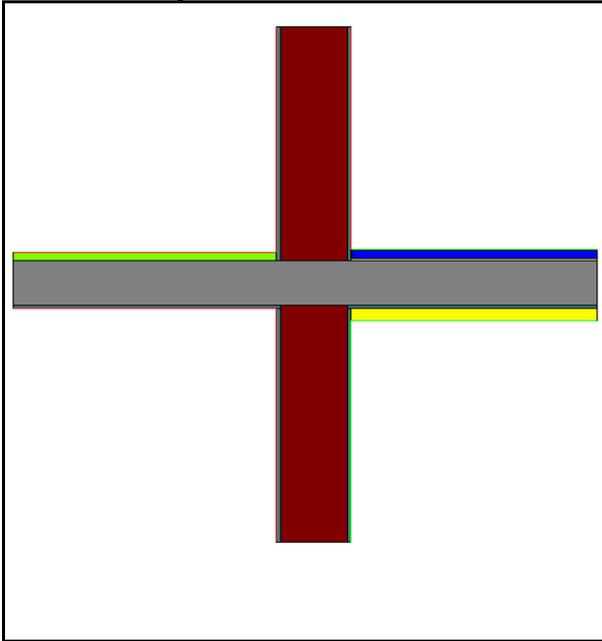
	$\Psi_{\text{Innenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}^*$
	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]
Klr_Abg_san, optimiert		0,066	

* auf unsanierten Zustand bezogen

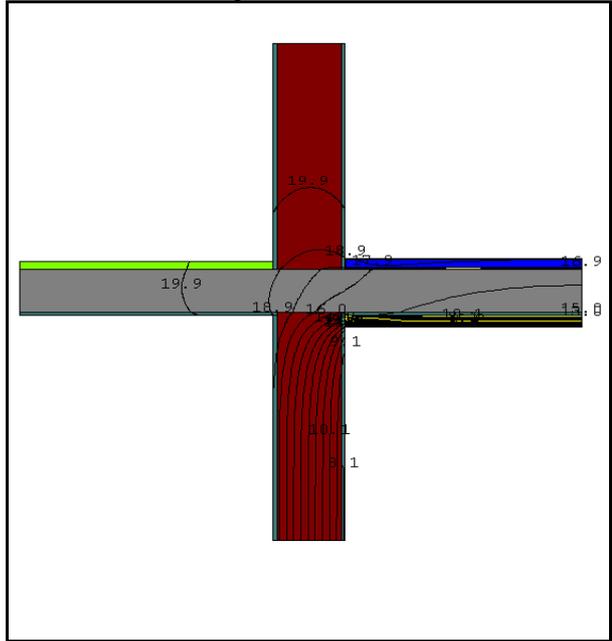
U-Werte der ungestörten Bauteile	W/m²K
Kellerdecke	0,403
Kellerwand	0,386

Kellerabgang an Kellerdecke - nur Kellerdecke gedämmt

Schnittzeichnung vertikal



Kürzel Isothermendarstellung Klr_Abg nur KD gedämmt

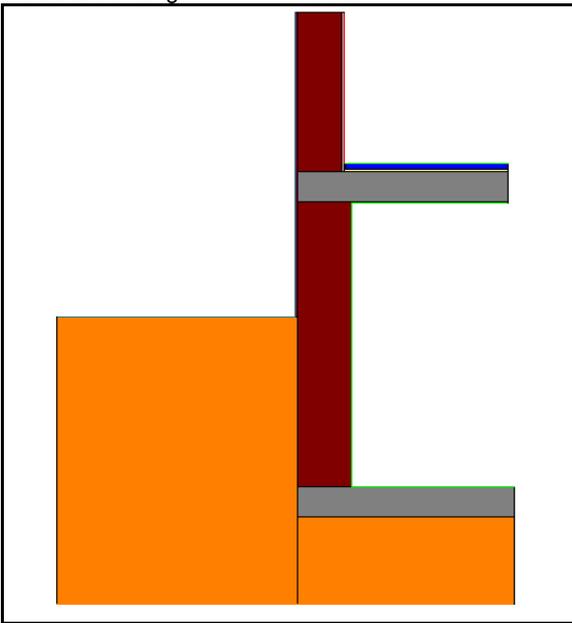


	$\Psi_{\text{Innenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}^*$
	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]
Klr_Abg nur K	0,161	0,161	

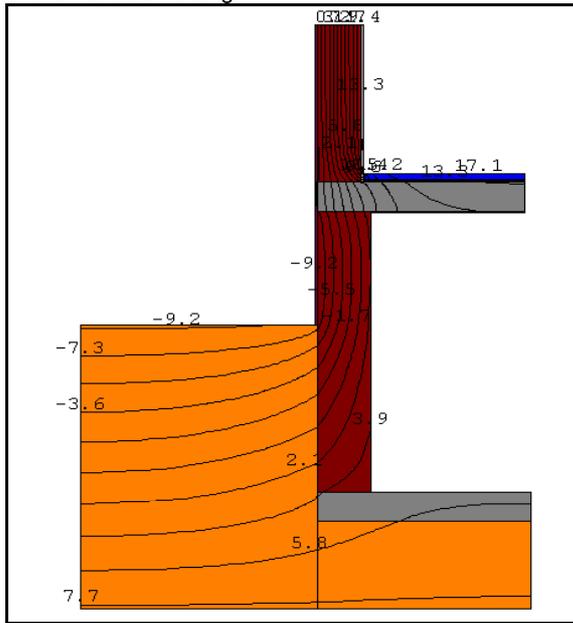
* auf unsanierten Zustand bezogen

U-Werte der ungestörten Bauteile	W/m ² K
Kellerdecke	0,403
Kellerwand	1,159

Kellerdecke an Außenwand - Istzustand
Schnittzeichnung vertikal



Kürzel AW_K ist
Isothermendarstellung

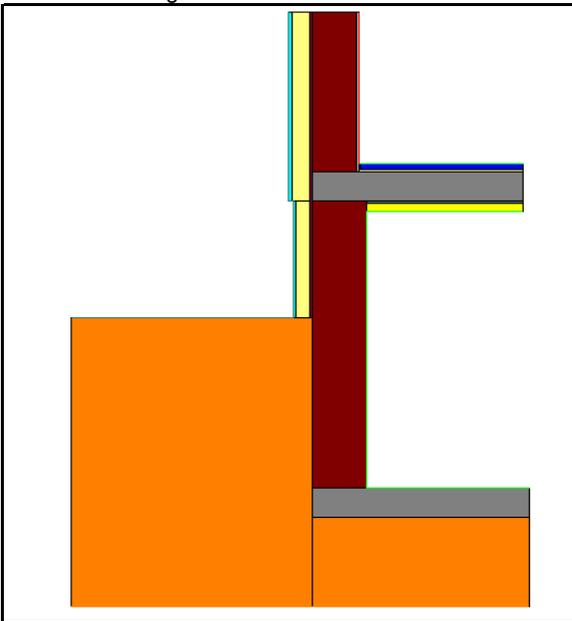


	$\Psi_{\text{Innenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}^*$
	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]
AW_K ist	0,253	-0,331	

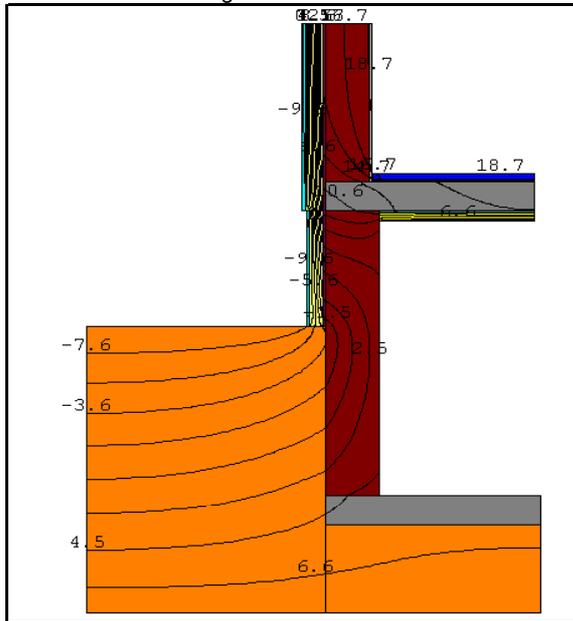
U-Werte der ungestörten Bauteile	W/m²K
Außenwand	1,394
Kellerdecke	1,018

* auf unsanierten Zustand bezogen

Kellerdecke an Außenwand - saniert Perimeter bis oK Erdreich
Schnittzeichnung vertikal



Kürzel AW_K san
Isothermendarstellung

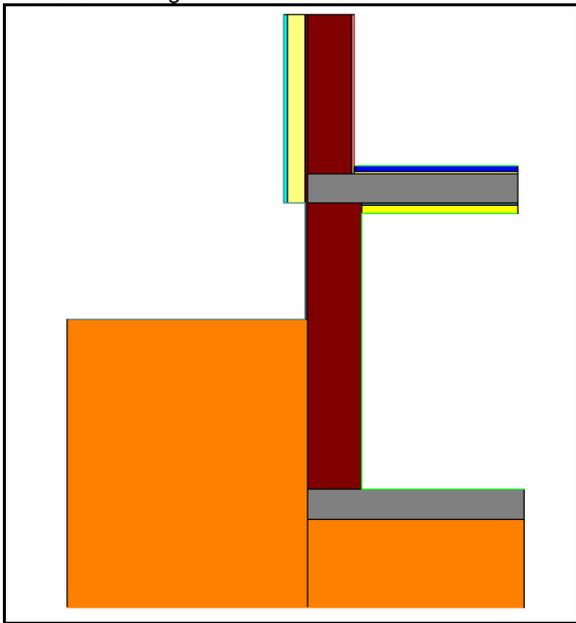


	$\Psi_{\text{Innenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}^*$
	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]
AW_K san	0,215	0,033	0,076

U-Werte der ungestörten Bauteile	W/m²K
Außenwand	0,240
Kellerdecke	0,403

* auf unsanierten Zustand bezogen

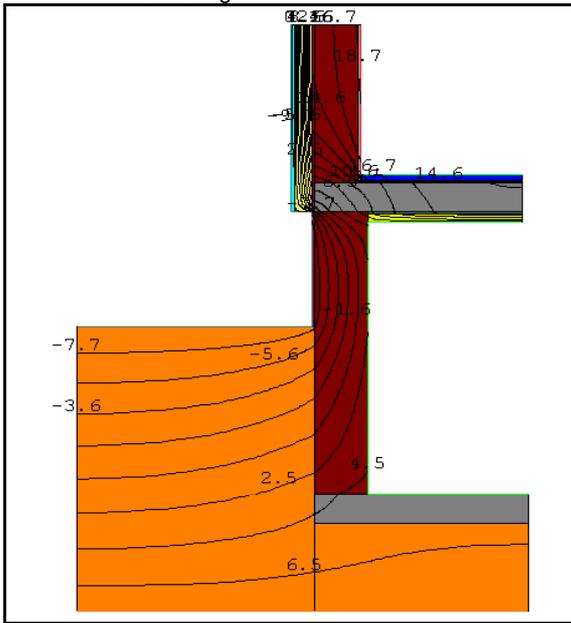
Kellerdecke an Außenwand - saniert ohne Perimeter
Schnittzeichnung vertikal



	$\Psi_{\text{Innenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}^*$
	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]
AW_K san oh	0,419	0,237	0,280

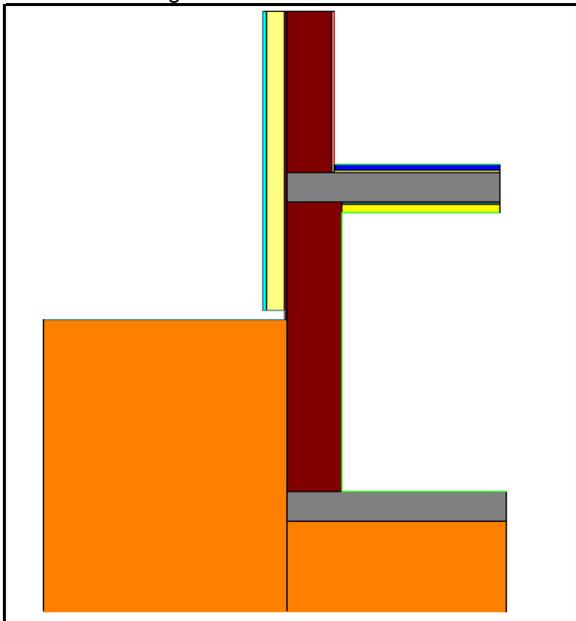
* auf unsanierten Zustand bezogen

Kürzel Isothermendarstellung AW_K san ohne Peri



U-Werte der ungestörten Bauteile	W/m²K
Außenwand	0,240
Kellerdecke	0,403

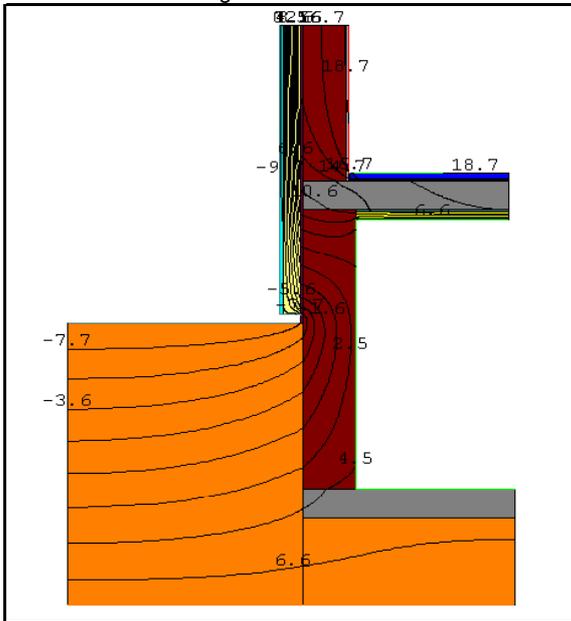
Kellerdecke an Außenwand - saniert Perimeter über Kellerfenster
Schnittzeichnung vertikal



	$\Psi_{\text{Innenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}^*$
	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]
AW_K san Pe	0,212	0,030	0,072

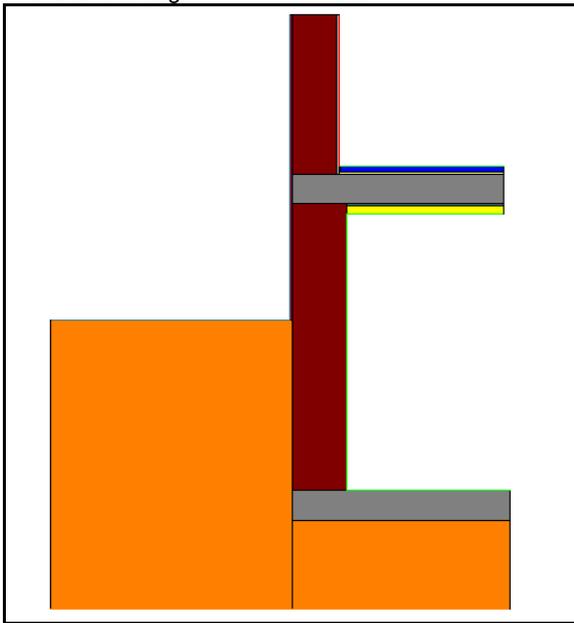
* auf unsanierten Zustand bezogen

Kürzel Isothermendarstellung AW_K san Peri bis Fenster



U-Werte der ungestörten Bauteile	W/m²K
Außenwand	0,240
Kellerdecke	0,403

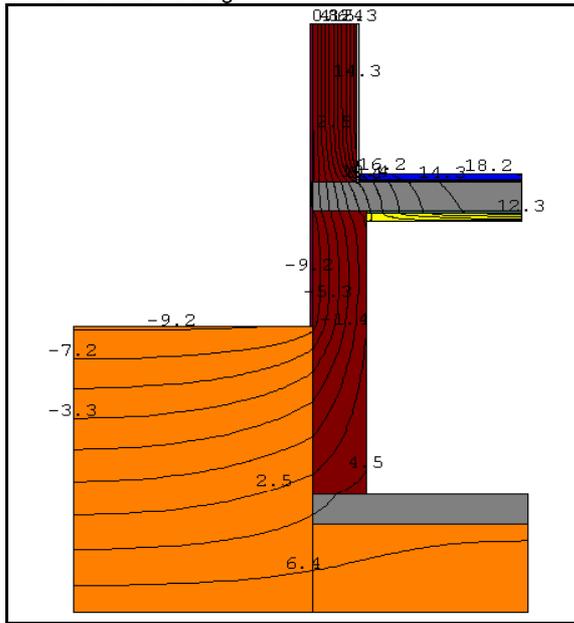
Kellerdecke an Außenwand - nur Kellerdecke gedämmt
Schnittzeichnung



	$\Psi_{\text{Innenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}^*$
	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]
AW_K nur KD	0,422	-0,142	-0,058

* auf unsanierten Zustand bezogen

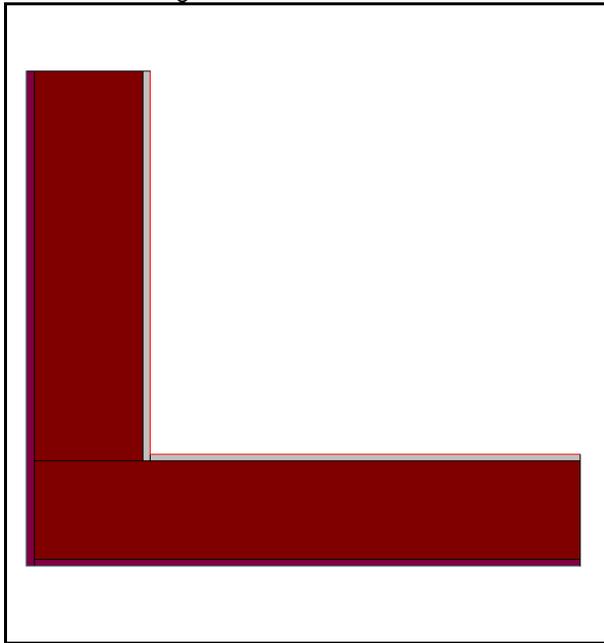
Kürzel
Isothermendarstellung
AW_K nur KD gedämmt



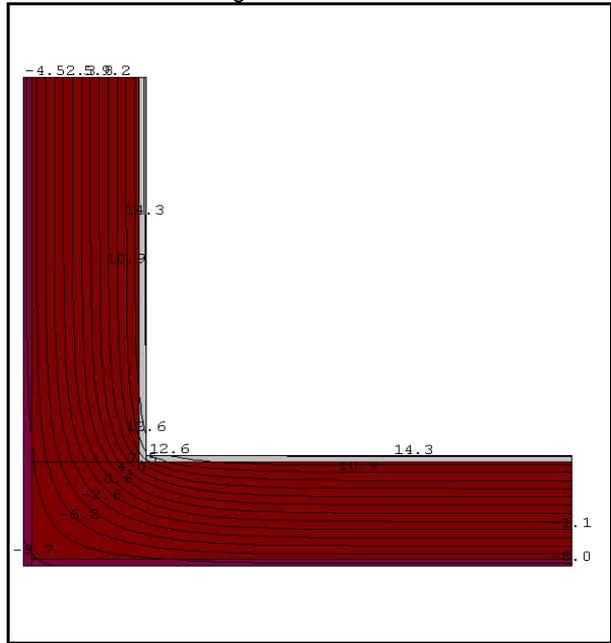
U-Werte der ungestörten Bauteile	W/m ² K
Außenwand	1,394
Kellerdecke	0,403

Außenwanddecke - Istzustand

Schnittzeichnung vertikal



Kürzel AW_Ecke ist
Isothermendarstellung



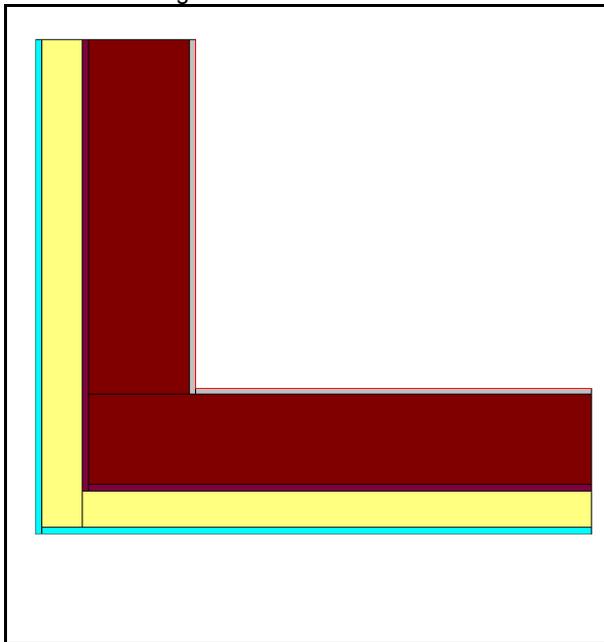
	$\Psi_{\text{Innenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}^*$
	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]
AW_Ecke ist	0,208	-0,739	

* auf unsanierten Zustand bezogen

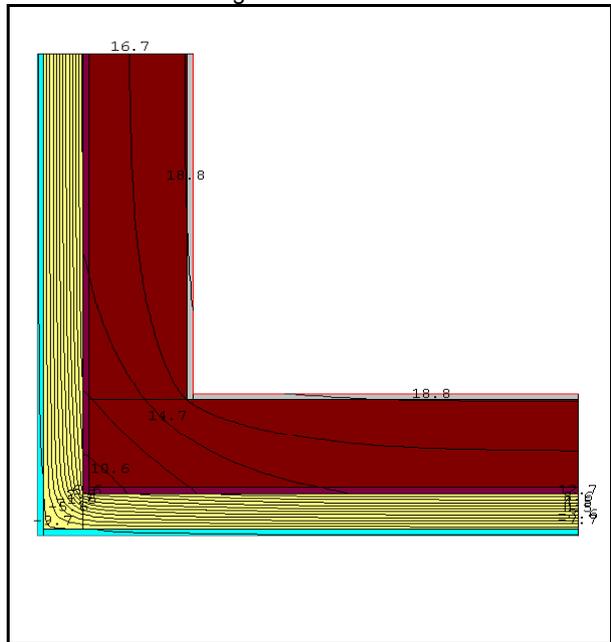
U-Werte der ungestörten Bauteile	W/m²K
Außenwand	1,394

Außenwanddecke - saniert

Schnittzeichnung vertikal



Kürzel AW_Ecke san
Isothermendarstellung

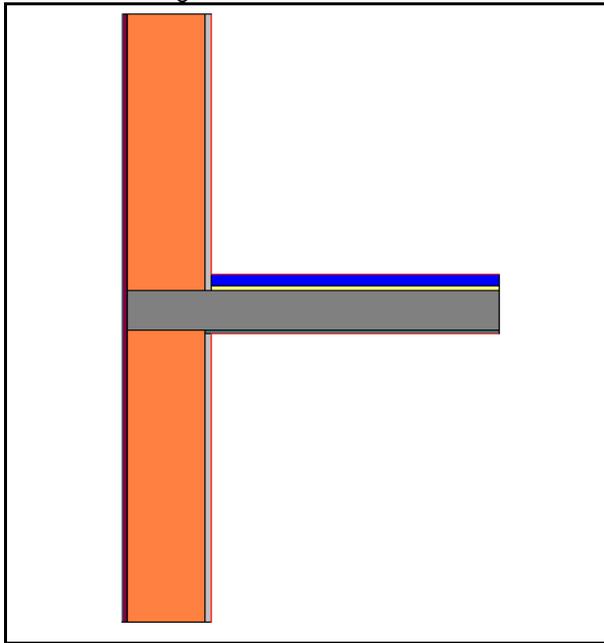


	$\Psi_{\text{Innenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}^*$
	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]
AW_Ecke san	0,135	-0,095	-0,028

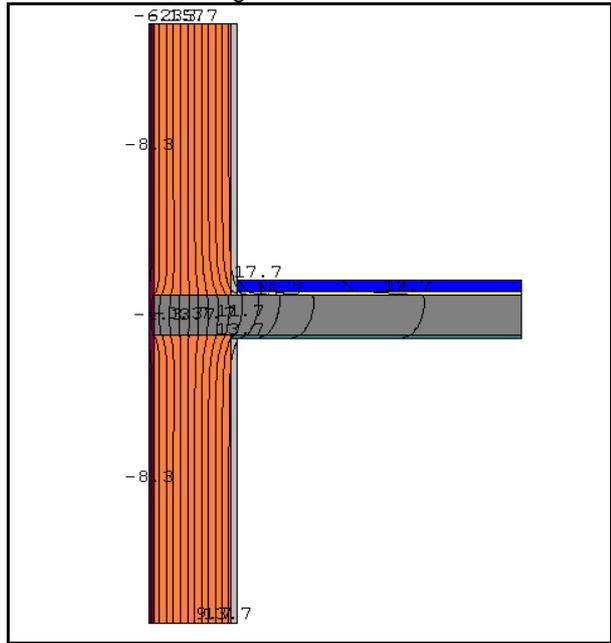
* auf unsanierten Zustand bezogen

U-Werte der ungestörten Bauteile	W/m²K
Außenwand	0,240

Geschossdecke an Außenwand 30 cm OG - Istzustand
Schnittzeichnung vertikal



Kürzel GD OG ist
Isothermendarstellung

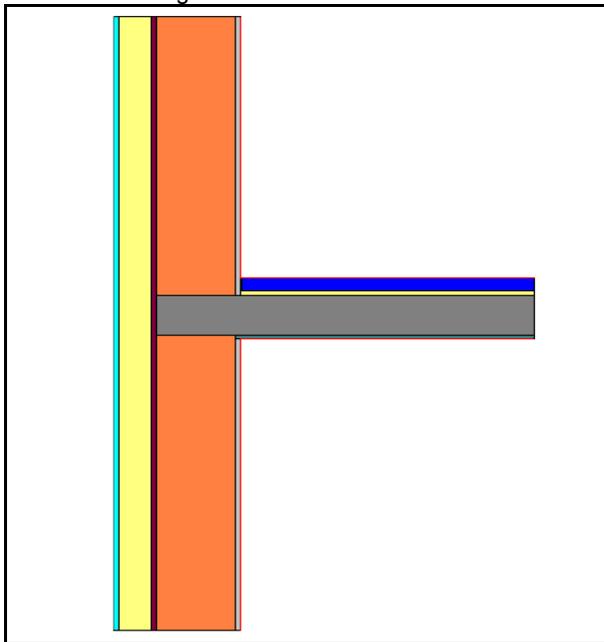


	$\Psi_{\text{Innenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}^*$
	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]
GD OG ist	0,583	0,277	

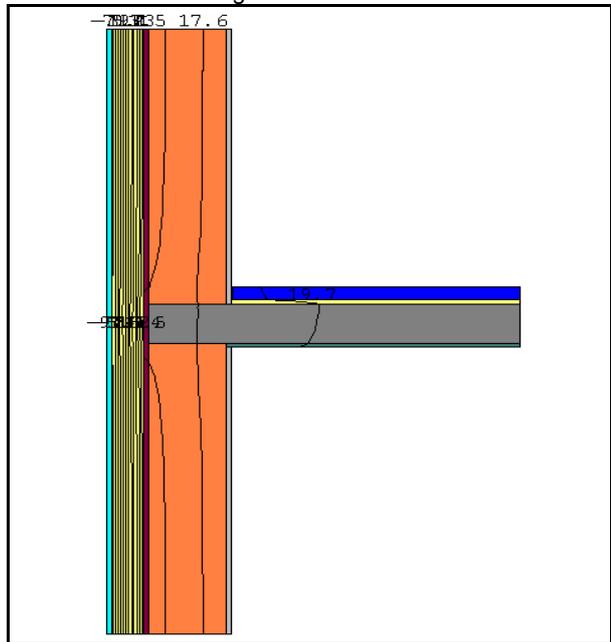
* auf unsanierten Zustand bezogen

U-Werte der ungestörten Bauteile	W/m ² K
Außenwand	1,198

Geschossdecke an Außenwand 30 cm OG - saniert
Schnittzeichnung vertikal



Kürzel GD OG san
Isothermendarstellung

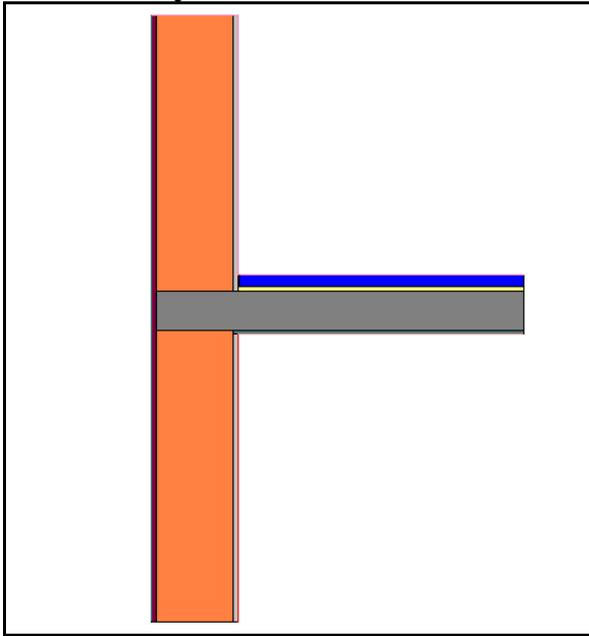


	$\Psi_{\text{Innenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}^*$
	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]
GD OG san	0,067	0,008	

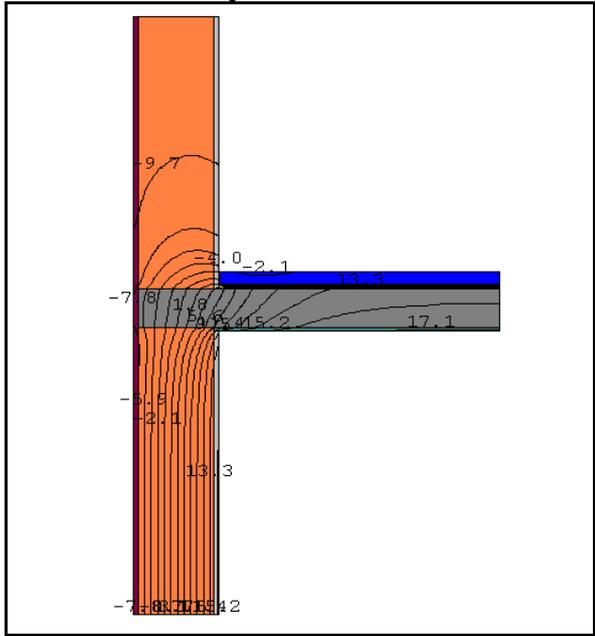
* auf unsanierten Zustand bezogen

U-Werte der ungestörten Bauteile	W/m ² K
Außenwand	0,233

Giebelwand an oberste Geschossdecke _ Istzustand
Schnittzeichnung vertikal



Kürzel Gi ist
Isothermendarstellung

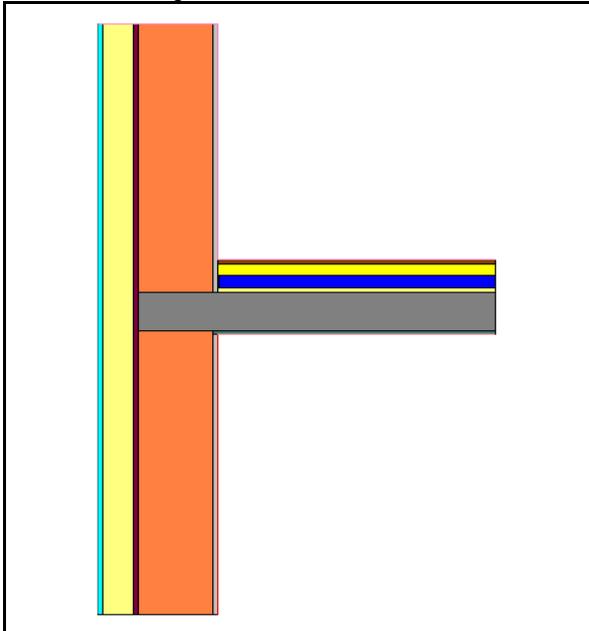


	$\Psi_{\text{Innenmaß}}$ [W/mK]	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$ [W/mK]	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$ [W/mK]
Gi ist	0,526	-0,069	

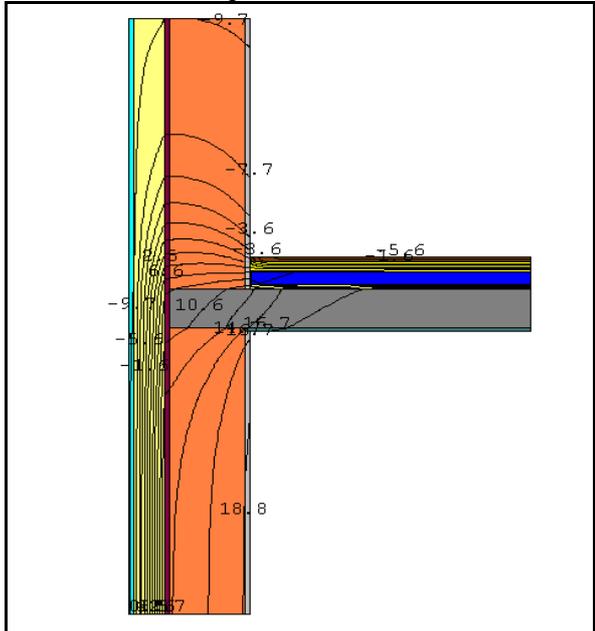
* auf unsanierten Zustand bezogen

U-Werte der ungestörten Bauteile	W/m ² K
Außenwand	1,198
oberste Geschossdecke	0,851

Giebelwand an oberste Geschossdecke _ saniert
Schnittzeichnung vertikal



Kürzel Gi san
Isothermendarstellung

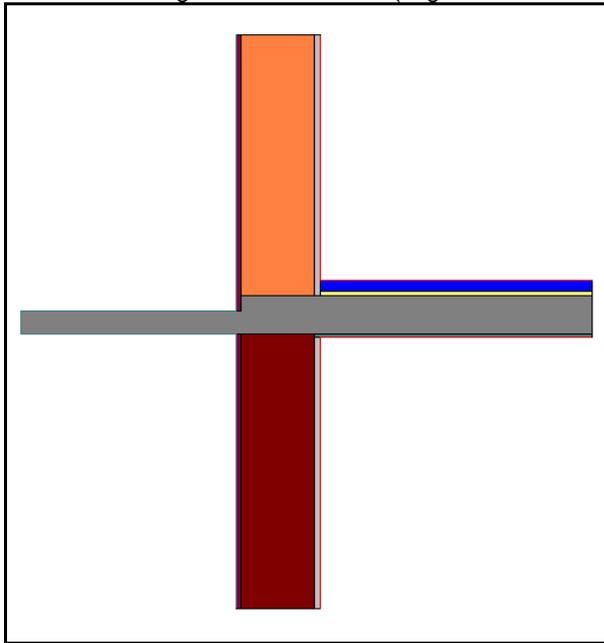


	$\Psi_{\text{Innenmaß}}$ [W/mK]	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$ [W/mK]	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$ [W/mK]
Gi san	0,326	0,059	0,131

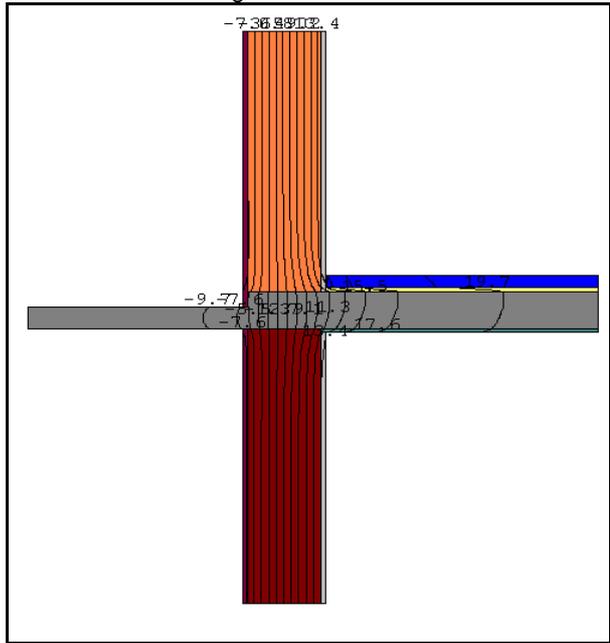
* auf unsanierten Zustand bezogen

U-Werte der ungestörten Bauteile	W/m ² K
Außenwand	0,233
oberste Geschossdecke	0,398

Vordach über Hauseingang - Istzustand
Schnittzeichnung vertikal (ungestörter Bereich)



Kürzel Eing ist
Isothermendarstellung

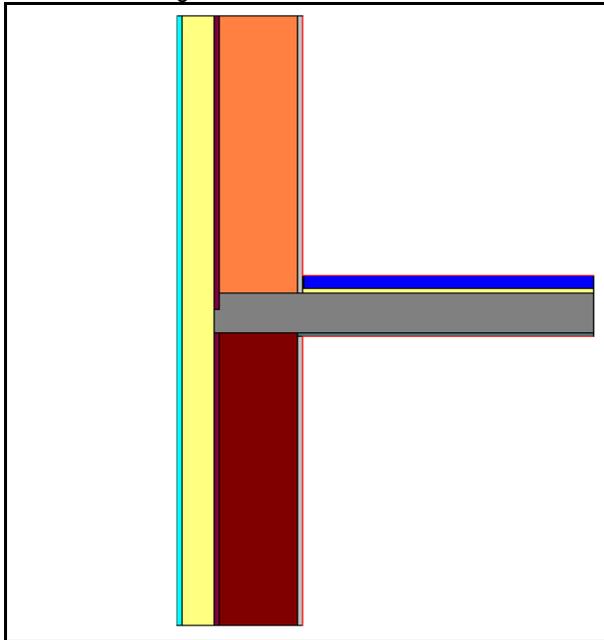


	$\Psi_{\text{Innenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}^*$
	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]
Eing ist	0,593	0,251	

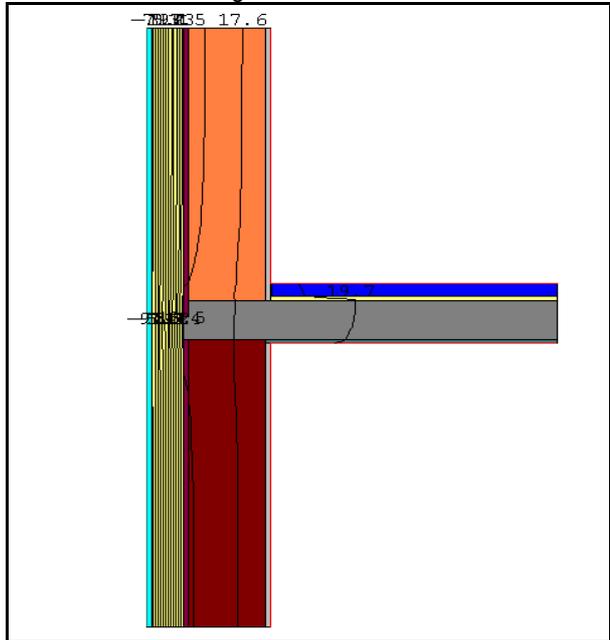
* auf unsanierten Zustand bezogen

U-Werte der ungestörten Bauteile	W/m ² K
Außenwand EG	1,394
Außenwand OG	1,198

Vordach über Hauseingang - saniert
Schnittzeichnung vertikal



Kürzel Eing san
Isothermendarstellung



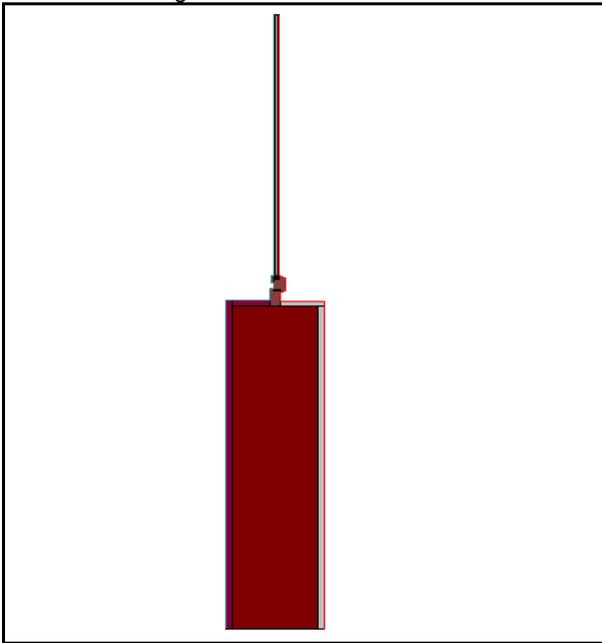
	$\Psi_{\text{Innenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}^*$
	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]
Eing san	0,067	0,006	

* auf unsanierten Zustand bezogen

U-Werte der ungestörten Bauteile	W/m ² K
Außenwand EG	0,240
Außenwand OG	0,233

Fenster_ Istzustand

Schnittzeichnung vertikal

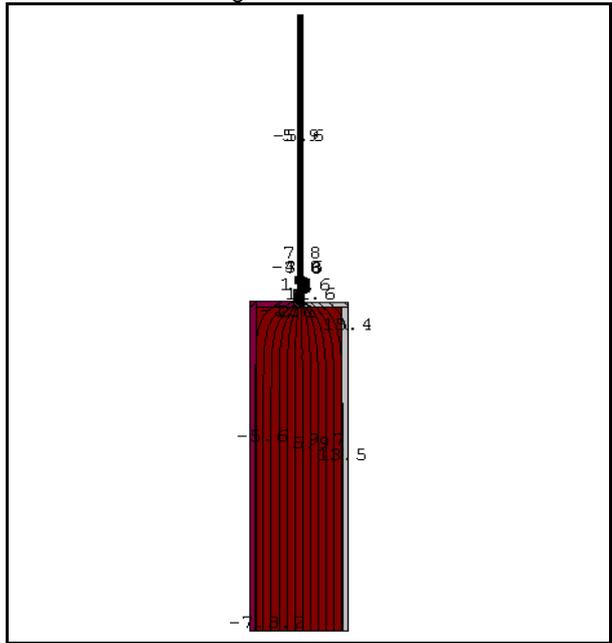


	$\Psi_{\text{Innenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}^*$
	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]
Fenster ist	0,107	0,107	

* auf unsanierten Zustand bezogen

Kürzel Fenster ist

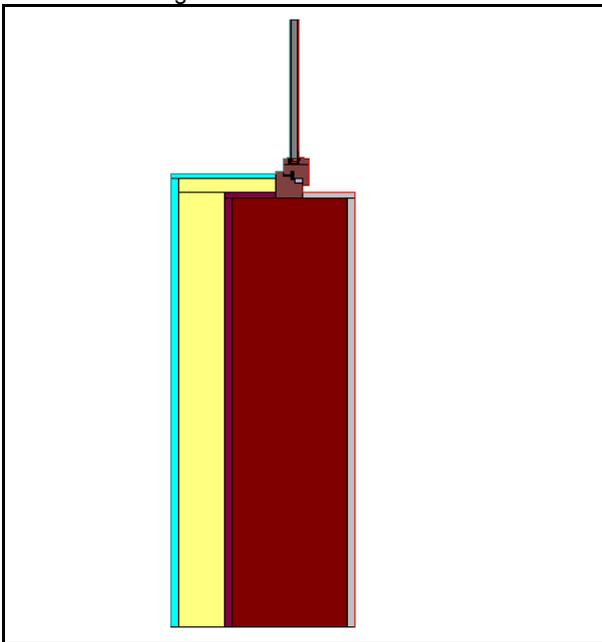
Isothermendarstellung



U-Werte der ungestörten Bauteile	W/m²K
Fenster	3,057
Außenwand	1,394

Fenster - saniert

Schnittzeichnung vertikal

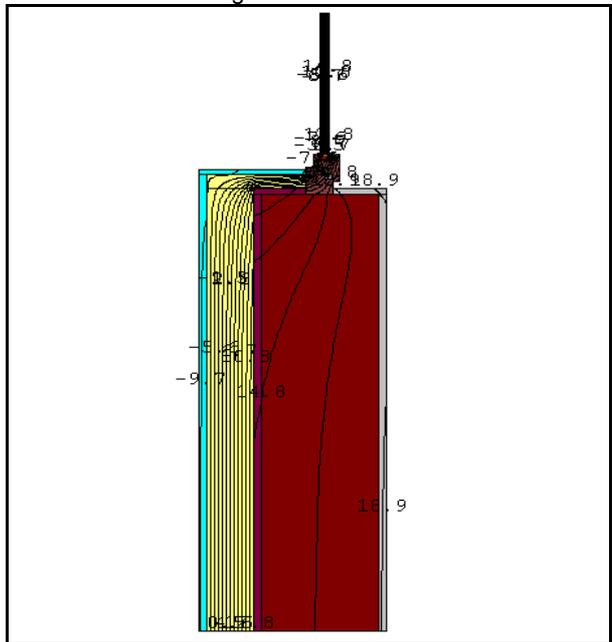


	$\Psi_{\text{Innenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}^*$
	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]
Fenster san	0,065	0,065	

* auf unsanierten Zustand bezogen

Kürzel Fenster san

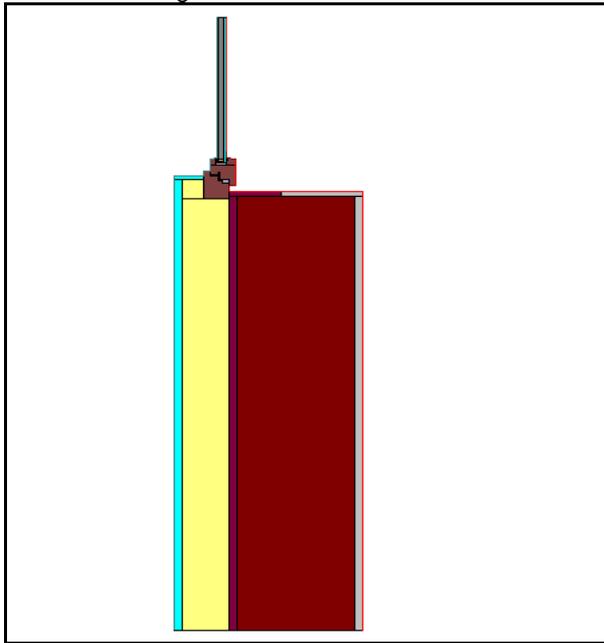
Isothermendarstellung



U-Werte der ungestörten Bauteile	W/m²K
Fenster	1,311
Außenwand	0,240

Fenster saniert und optimiert

Schnittzeichnung vertikal

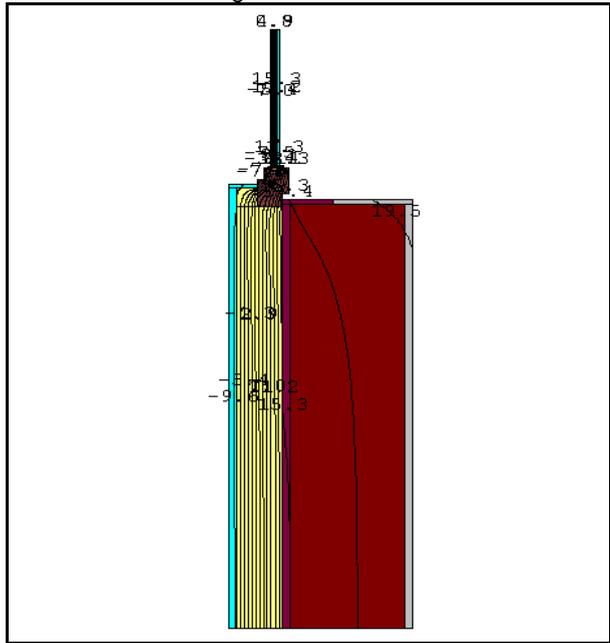


	$\Psi_{\text{Innenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}^*$
	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]
Fenster san, d	-0,003	-0,003	

* auf unsanierten Zustand bezogen

Kürzel Fenster san, optimiert

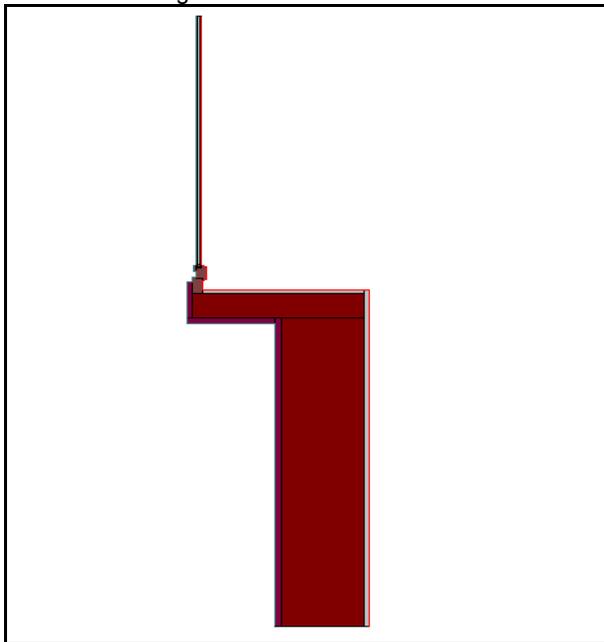
Isothermendarstellung



U-Werte der ungestörten Bauteile	W/m²K
Fenster	1,311
Außenwand	0,240

Blumenfenster - Istzustand

Schnittzeichnung vertikal

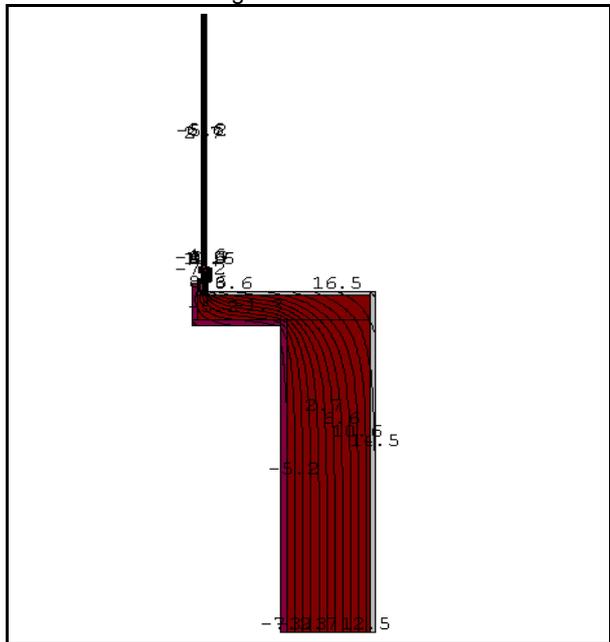


	$\Psi_{\text{Innenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}^*$
	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]
Blumenfenster	0,896	0,896	

* auf unsanierten Zustand bezogen

Kürzel Blumenfenster ist

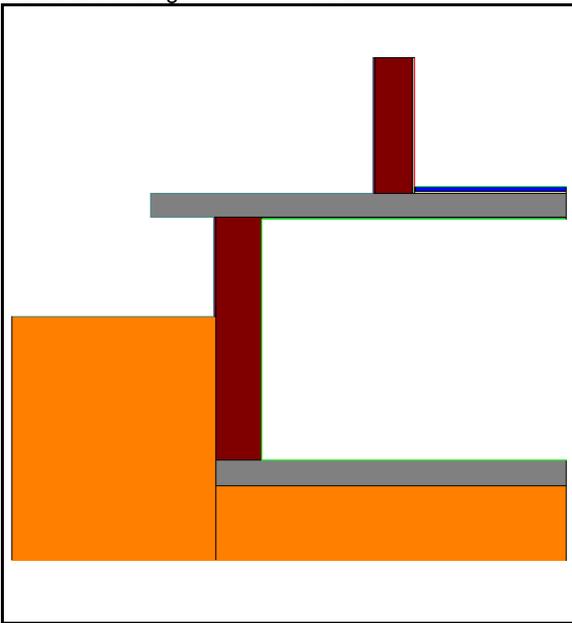
Isothermendarstellung



U-Werte der ungestörten Bauteile	W/m²K
Fenster	3,057
Außenwand	1,394

Loggia im Erdgeschoss - Istzustand

Schnittzeichnung vertikal

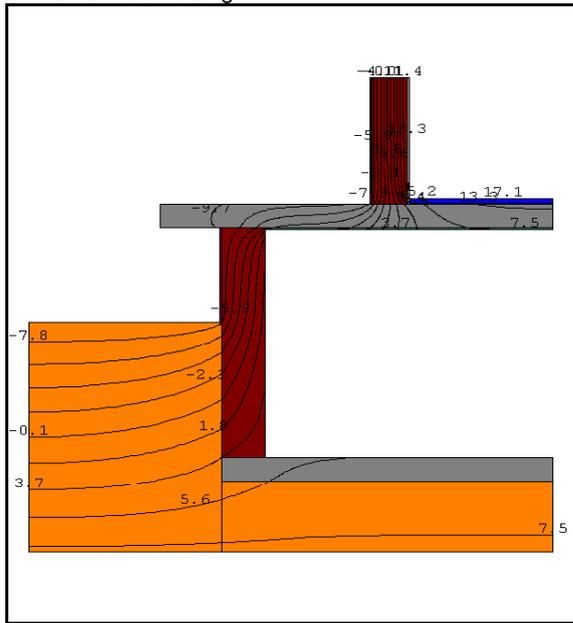


	$\Psi_{\text{Innenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}^*$
	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]
LO3 ist	0,169	-0,416	

* auf unsanierten Zustand bezogen

Kürzel LO3 ist

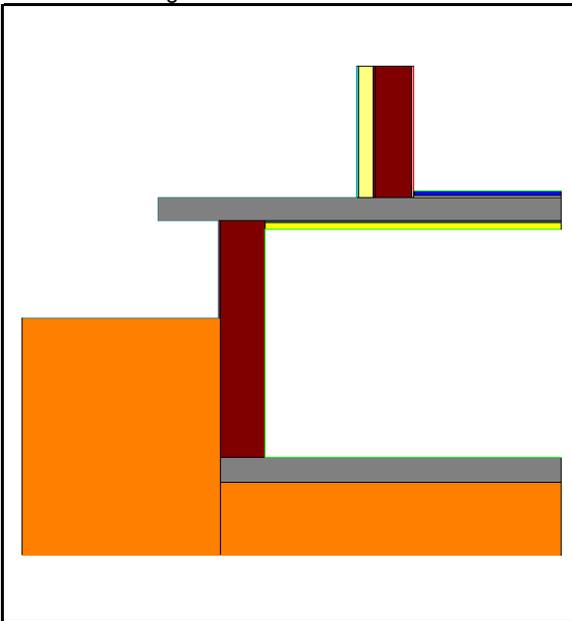
Isothermendarstellung



U-Werte der ungestörten Bauteile	W/m²K
Außenwand	1,394
Kellerdecke	1,018

Loggia im Erdgeschoss - saniert

Schnittzeichnung vertikal

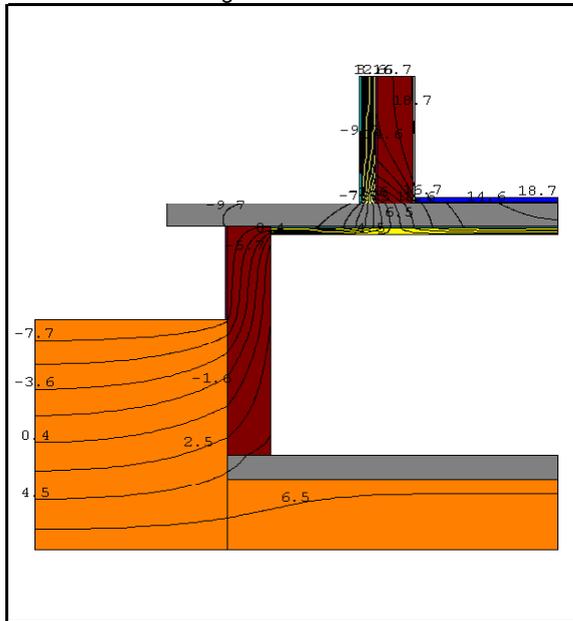


	$\Psi_{\text{Innenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}^*$
	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]
LO3 san	0,400	0,219	

* auf unsanierten Zustand bezogen

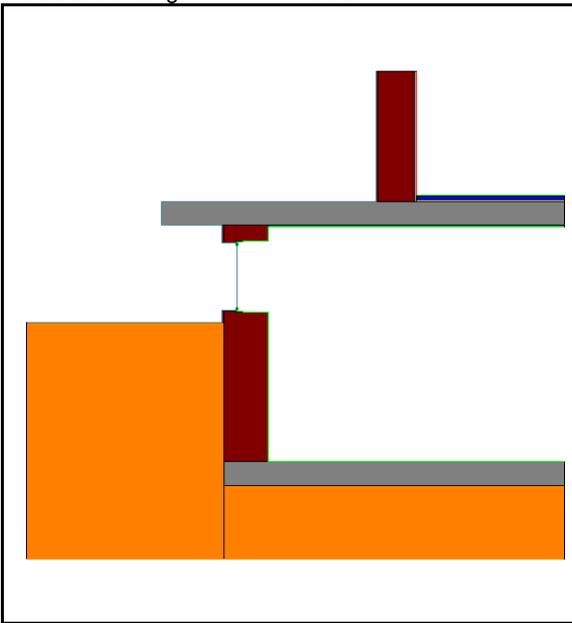
Kürzel LO3 san

Isothermendarstellung

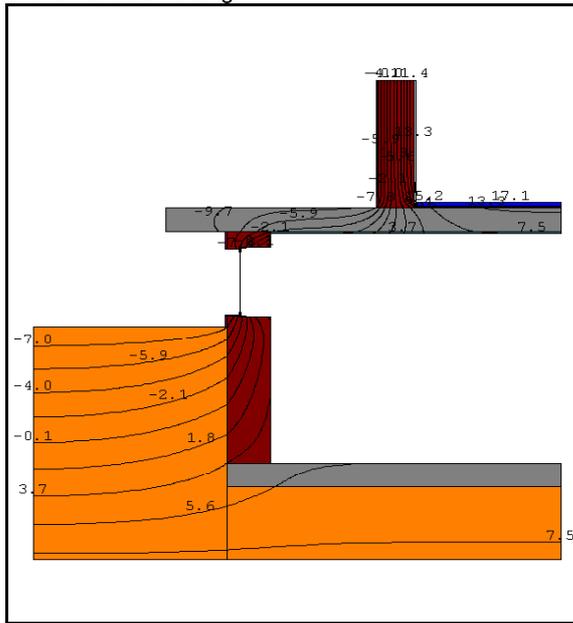


U-Werte der ungestörten Bauteile	W/m²K
Außenwand	0,240
Kellerdecke	0,403

Loggia im Erdgeschoss Kellerfenster - Istzustand
Schnittzeichnung vertikal



Kürzel Isothermendarstellung LO3 mit Kellerfenster ist

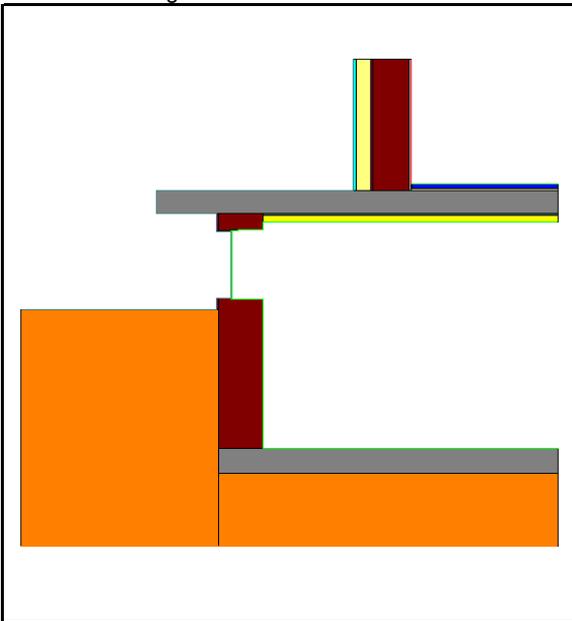


	$\Psi_{\text{Innenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}^*$
	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]
LO3 mit Kelle	0,168	-0,416	

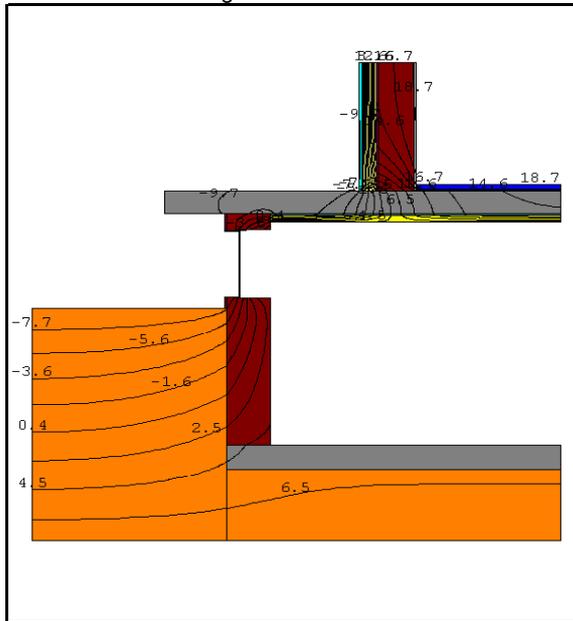
* auf unsanierten Zustand bezogen

U-Werte der ungestörten Bauteile	W/m²K
Außenwand	1,394
Kellerdecke	1,018

Loggia im Erdgeschoss Kellerfenster- saniert
Schnittzeichnung vertikal



Kürzel Isothermendarstellung LO3 mit Kellerfenster san

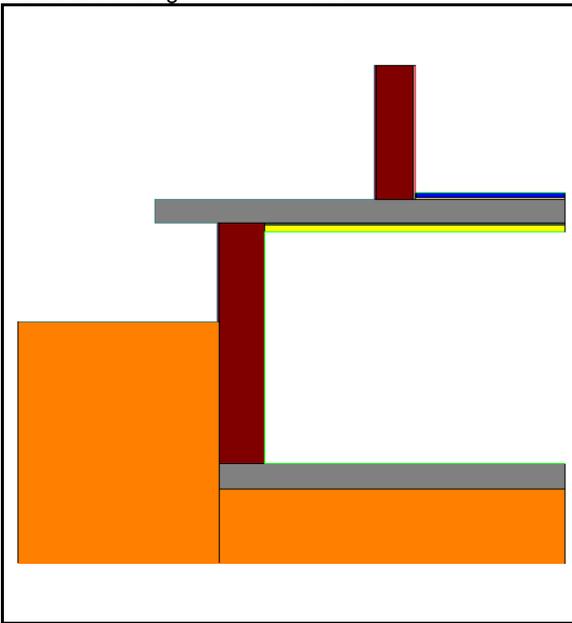


	$\Psi_{\text{Innenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}^*$
	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]
LO3 mit Kelle	0,400	0,218	

* auf unsanierten Zustand bezogen

U-Werte der ungestörten Bauteile	W/m²K
Außenwand	0,240
Kellerdecke	0,403

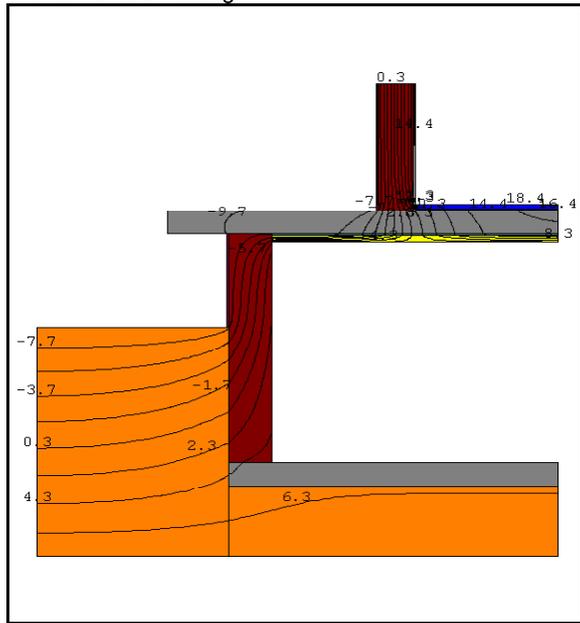
Loggia im Erdgeschoss nur Kellerdecke gedämmt
Schnittzeichnung vertikal



	$\Psi_{\text{Innenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$
	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]
LO3 nur KD g	0,344	-0,219	-0,136

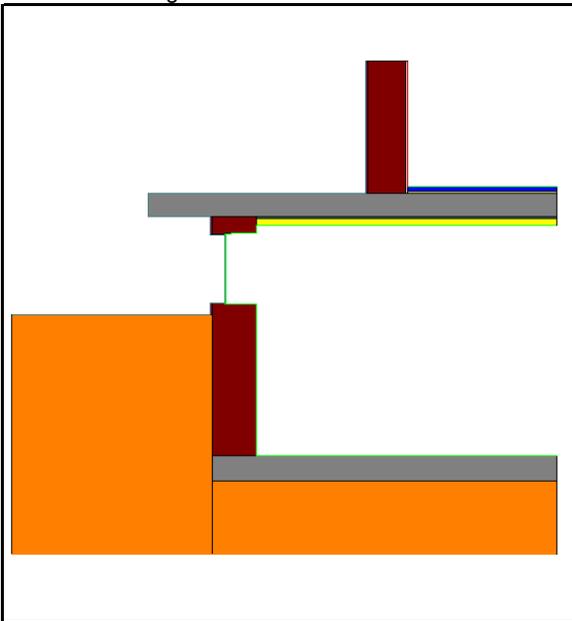
* auf unsanierten Zustand bezogen

Kürzel LO3 nur KD gedämmt
Isothermendarstellung



U-Werte der ungestörten Bauteile	W/m²K
Außenwand	1,394
Kellerdecke	0,403

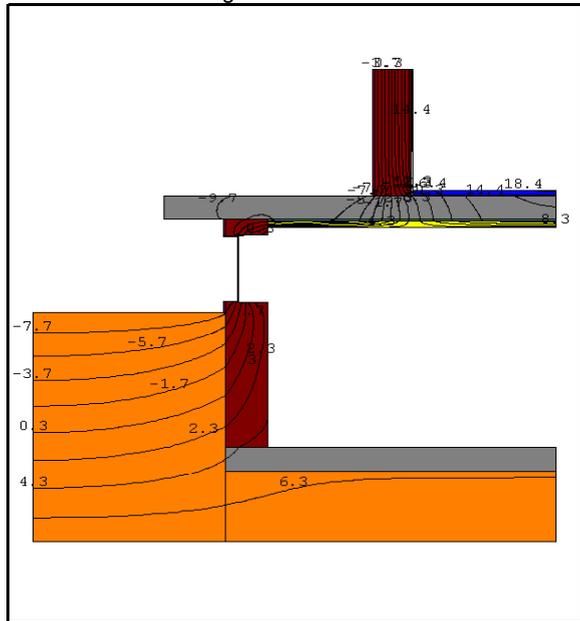
Loggia im Erdgeschoss Kellerfenster nur Kellerdecke gedämmt
Schnittzeichnung vertikal



	$\Psi_{\text{Innenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$
	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]
LO3 nur KD g	0,344	-0,219	-0,136

* auf unsanierten Zustand bezogen

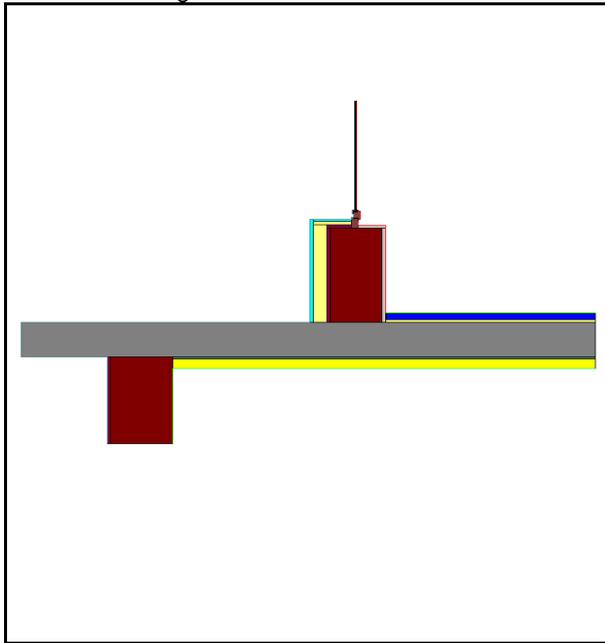
Kürzel LO3 nur KD gedämmt Klr_Fe
Isothermendarstellung



U-Werte der ungestörten Bauteile	W/m²K
Außenwand	1,394
Kellerdecke	0,403

Loggia im Erdgeschoss mit Fenster - saniert, alte Fenster

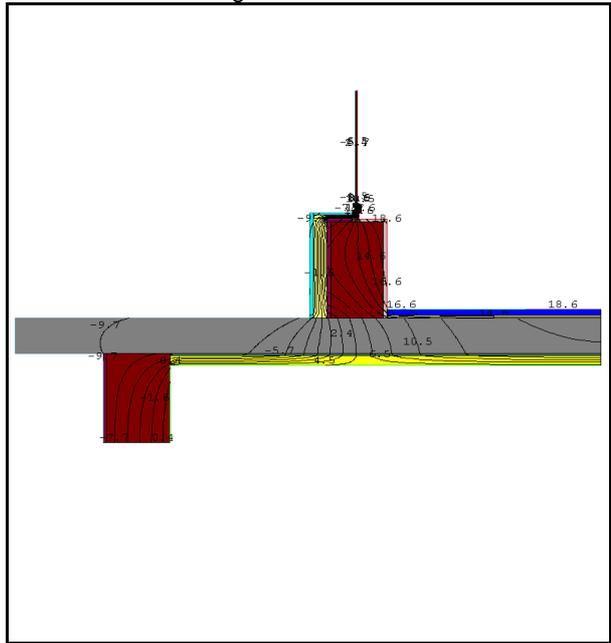
Schnittzeichnung vertikal



Kürzel

LO3 Fen san

Isothermendarstellung



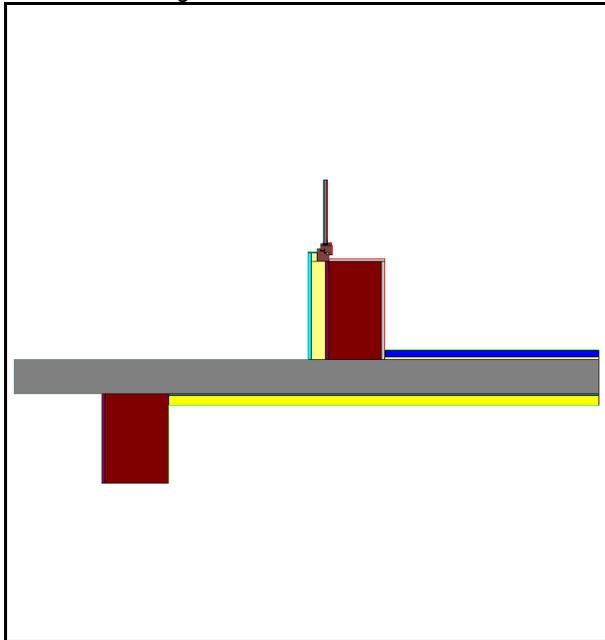
	$\Psi_{\text{Innenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}^*$
	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]
LO3 Fen san	0,428	0,246	0,285

* auf unsanierten Zustand bezogen

U-Werte der ungestörten Bauteile	W/m ² K
Außenwand	0,331
Kellerdecke	0,403
Fenster	3,057

Loggia im Erdgeschoss mit Fenster - saniert, neue Fenster

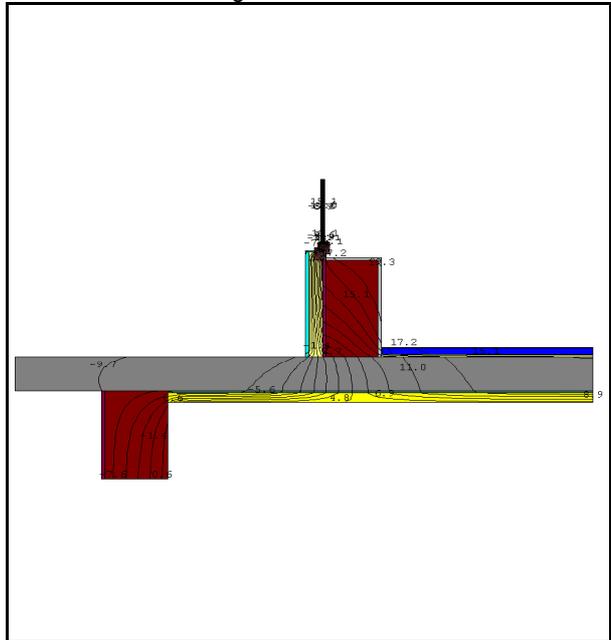
Schnittzeichnung vertikal



Kürzel

LO3 Fen san Fen neu

Isothermendarstellung



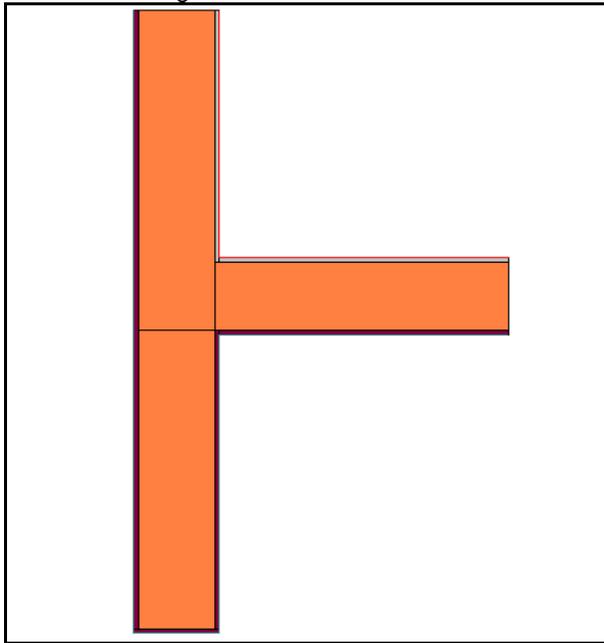
	$\Psi_{\text{Innenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}^*$
	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]
LO3 Fen san	0,417	0,212	0,271

* auf unsanierten Zustand bezogen

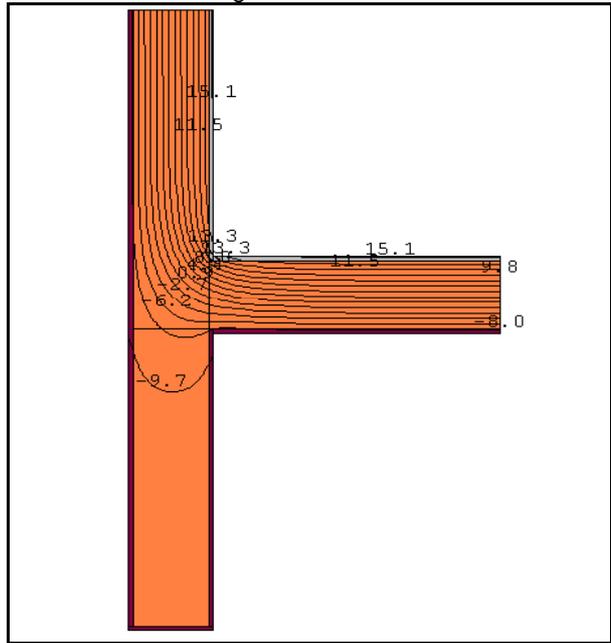
U-Werte der ungestörten Bauteile	W/m ² K
Außenwand	0,331
Kellerdecke	0,403
Fenster	1,311

Kragwand Loggia - Istzustand

Schnittzeichnung horizontal



Kürzel Kr_Wa_Log ist
Isothermendarstellung



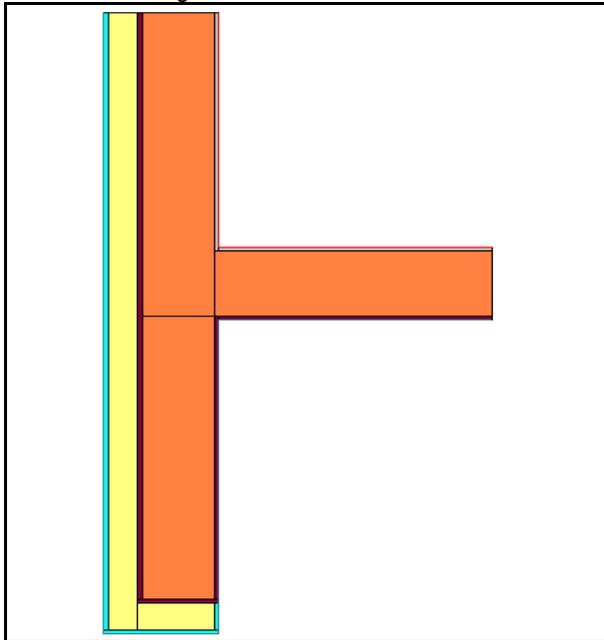
	$\Psi_{\text{Innenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}^*$
	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]
Kr_Wa_Log ist	0,177	-0,637	

* auf unsanierten Zustand bezogen

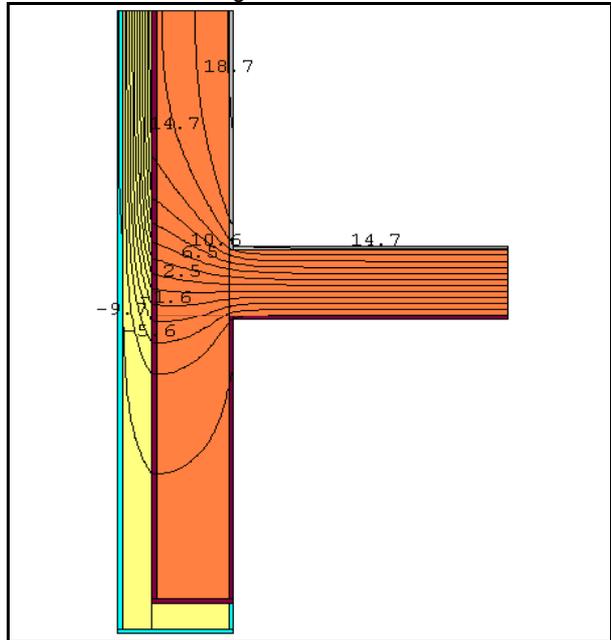
U-Werte der ungestörten Bauteile	W/m²K
Außenwand	1,198

Kragwand Loggia - saniert

Schnittzeichnung horizontal



Kürzel Kr_Wa_log san
Isothermendarstellung

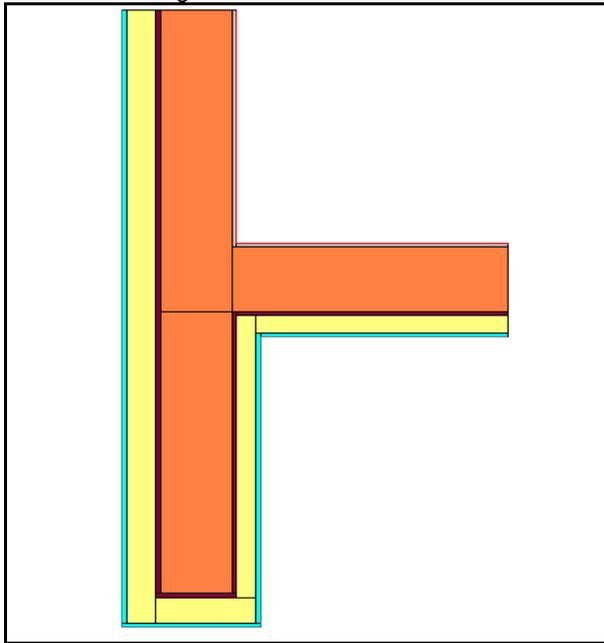


	$\Psi_{\text{Innenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}^*$
	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]
Kr_Wa_log sa	0,224	-0,430	-0,263

* auf unsanierten Zustand bezogen

U-Werte der ungestörten Bauteile	W/m²K
Außenwand gedämmt	0,233
Außenwand Loggia	1,198

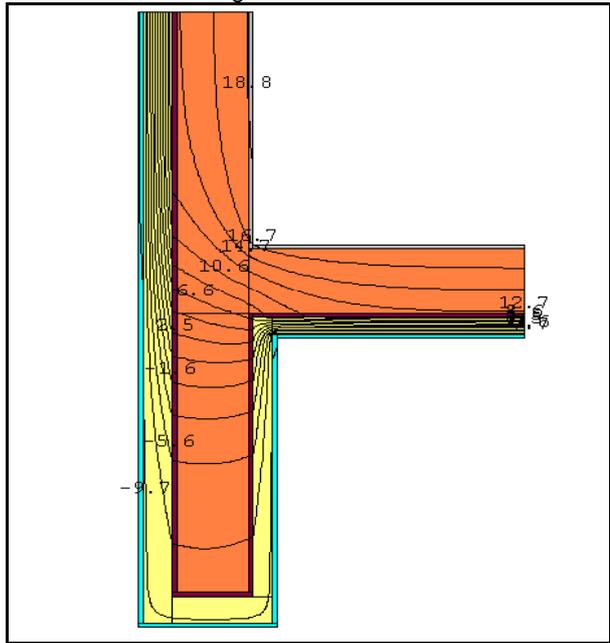
Kragwand Loggia - saniert und optimiert
Schnittzeichnung horizontal



	$\Psi_{\text{Innenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}^*$
	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]
Kr_Wa_Log s	0,185	-0,071	-0,003

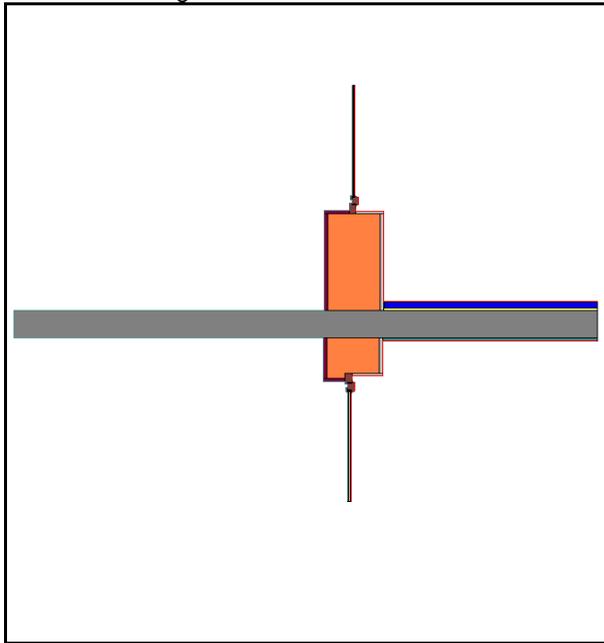
* auf unsanierten Zustand bezogen

Kürzel Kr_Wa_Log san optimiert
Isothermendarstellung

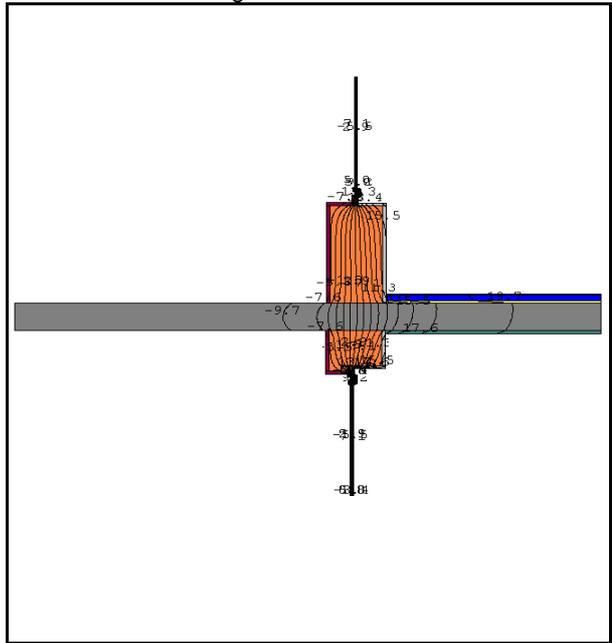


U-Werte der ungestörten Bauteile	W/m²K
Außenwand gedämmt	0,233
Außenwand Loggia gedämmt	0,318

Loggia im Obergeschoss - Istzustand
Schnittzeichnung vertikal



Kürzel LO2 ist
Isothermendarstellung

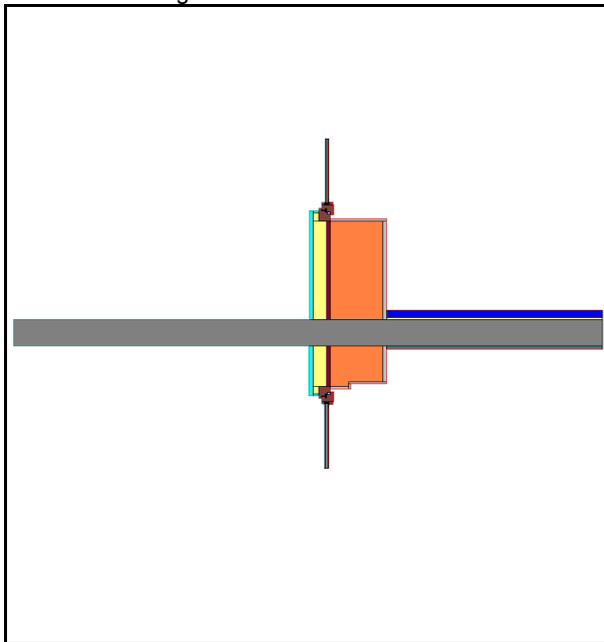


	$\Psi_{\text{Innenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}^*$
	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]
LO2 ist	0,628	0,329	

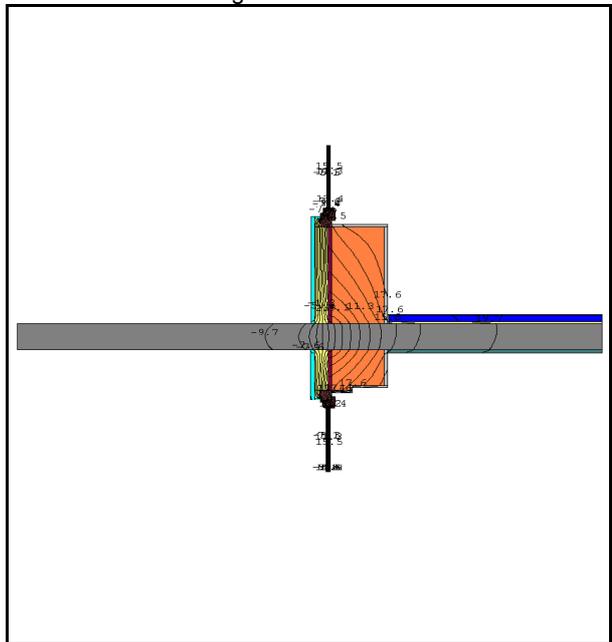
* auf unsanierten Zustand bezogen

U-Werte der ungestörten Bauteile	W/m ² K
Außenwand	1,198
Fenster	3,057

Loggia im Obergeschoss -saniert
Schnittzeichnung vertikal



Kürzel LO2 san
Isothermendarstellung



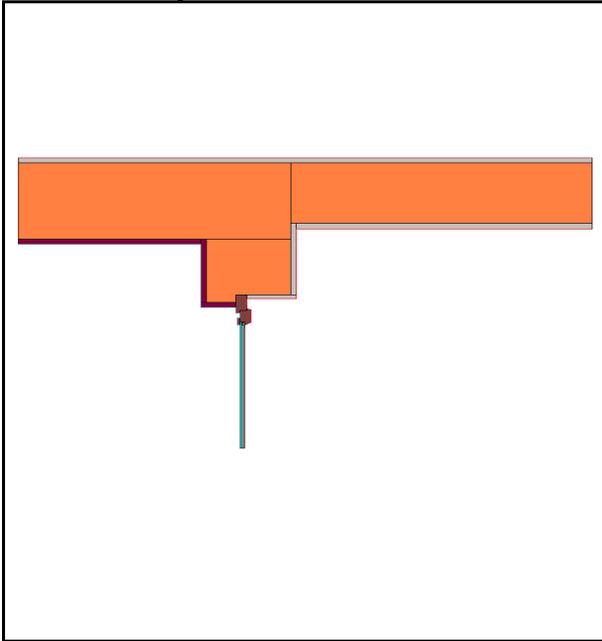
	$\Psi_{\text{Innenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}^*$
	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]
LO2 san	0,602	0,522	

* auf unsanierten Zustand bezogen

U-Werte der ungestörten Bauteile	W/m ² K
Außenwand	0,318
Fenster	1,311

Loggia Innenecke - Istzustand

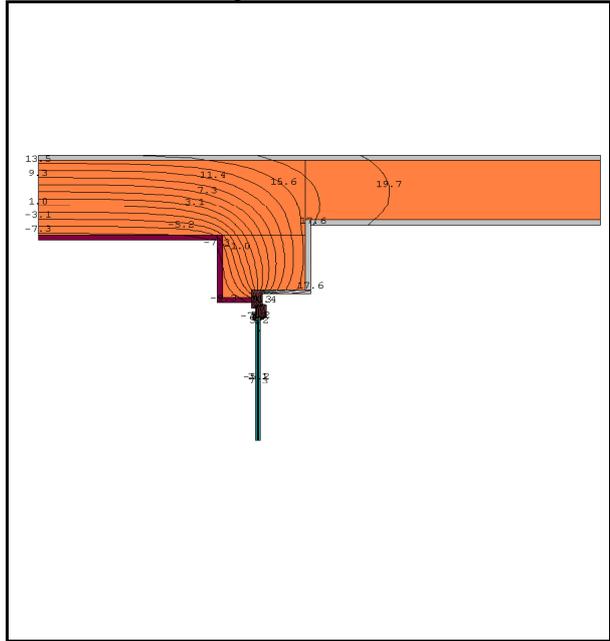
Schnittzeichnung horizontal



Kürzel

LO4 ist Innenecke

Isothermendarstellung



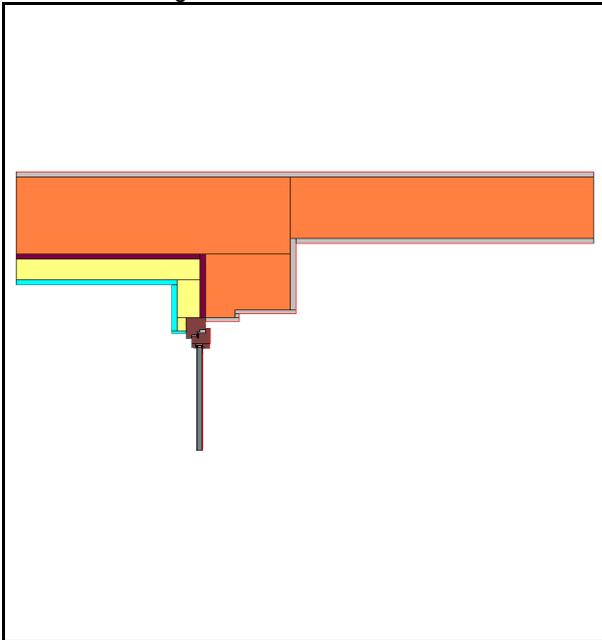
	$\Psi_{\text{Innenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}^*$
	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]
LO4 ist Innenecke	-0,538	0,277	

* auf unsanierten Zustand bezogen

U-Werte der ungestörten Bauteile	W/m ² K
Außenwand	1,198
Fenster	2,984

Loggia Innenecke - saniert

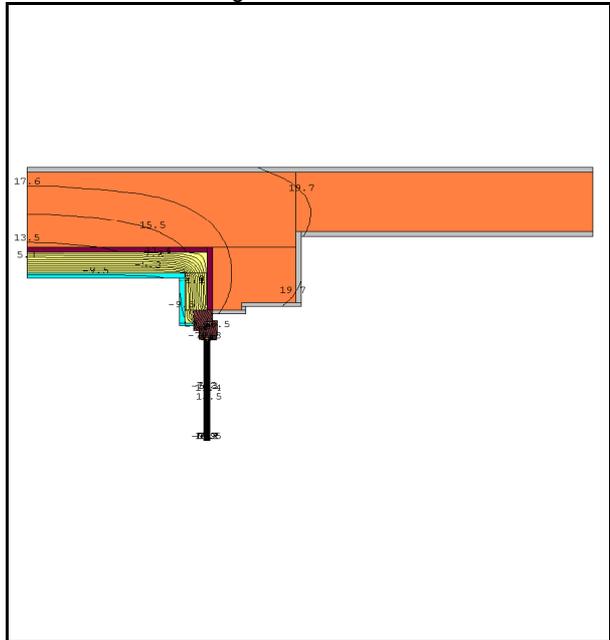
Schnittzeichnung horizontal



Kürzel

LO4 san Innenecke

Isothermendarstellung



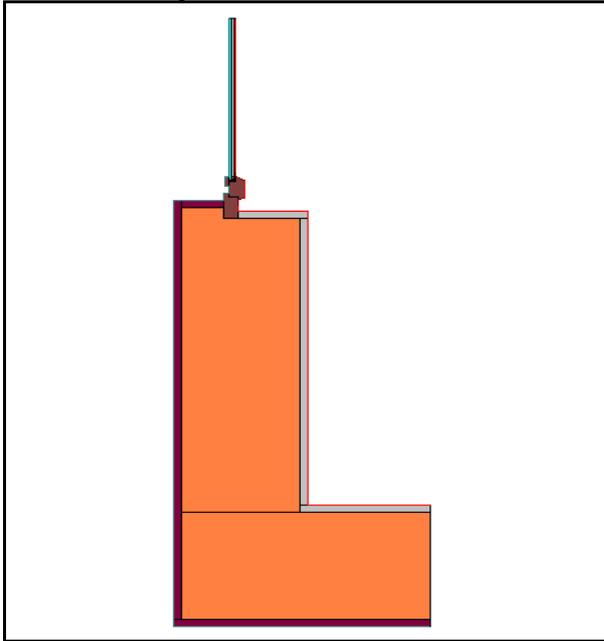
	$\Psi_{\text{Innenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}^*$
	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]
LO4 san Innenecke	-0,272	0,007	

* auf unsanierten Zustand bezogen

U-Werte der ungestörten Bauteile	W/m ² K
Außenwand	0,318
Fenster	1,311

Loggia Außenecke - Istzustand

Schnittzeichnung horizontal



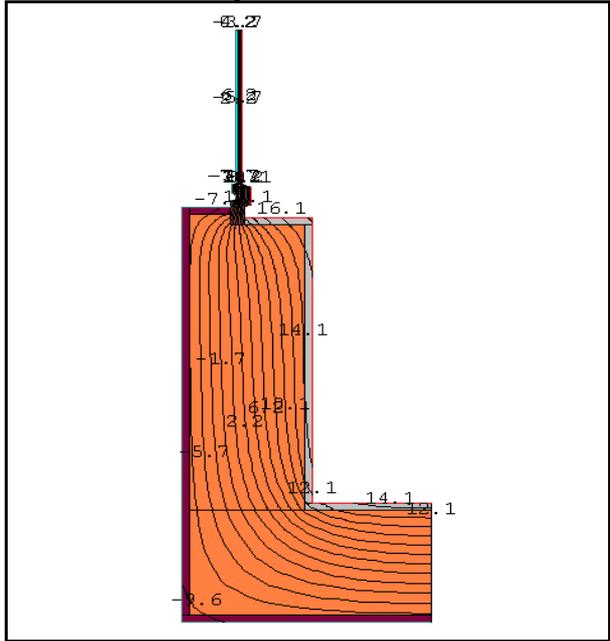
	$\Psi_{\text{Innenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}^*$
	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]
LO4 ist Außer	0,252	-0,563	

* auf un sanierten Zustand bezogen

Kürzel

LO4 ist Außenecke

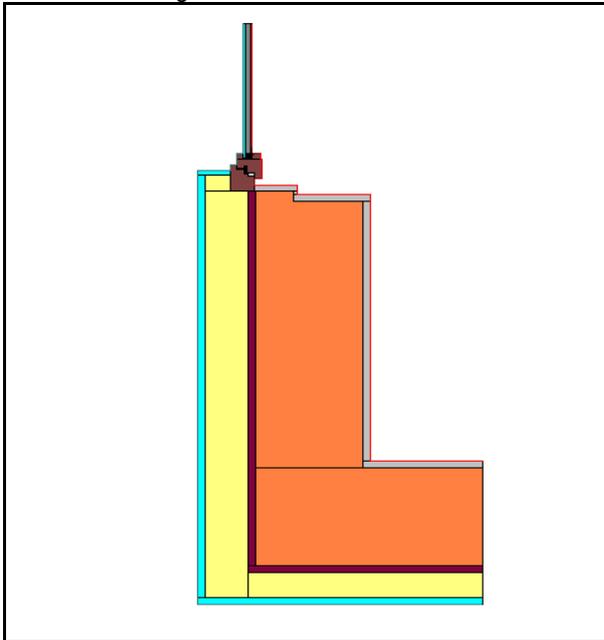
Isothermendarstellung



U-Werte der ungestörten Bauteile	W/m²K
Außenwand	1,198
Fenster	2,984

Loggia Außenecke - saniert

Schnittzeichnung horizontal



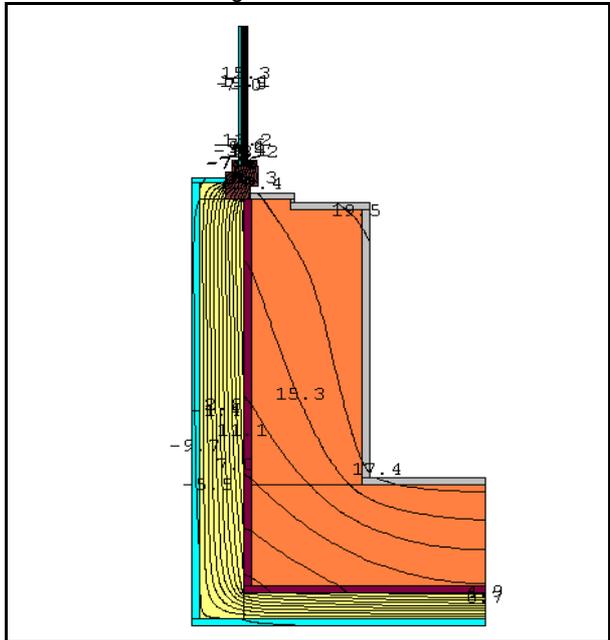
	$\Psi_{\text{Innenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}^*$
	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]
LO4 san Außer	0,102	-0,160	

* auf un sanierten Zustand bezogen

Kürzel

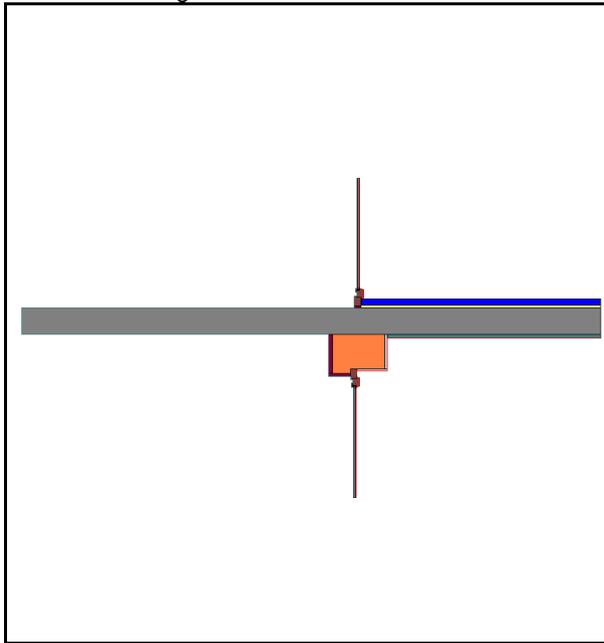
LO4 san Außenecke

Isothermendarstellung

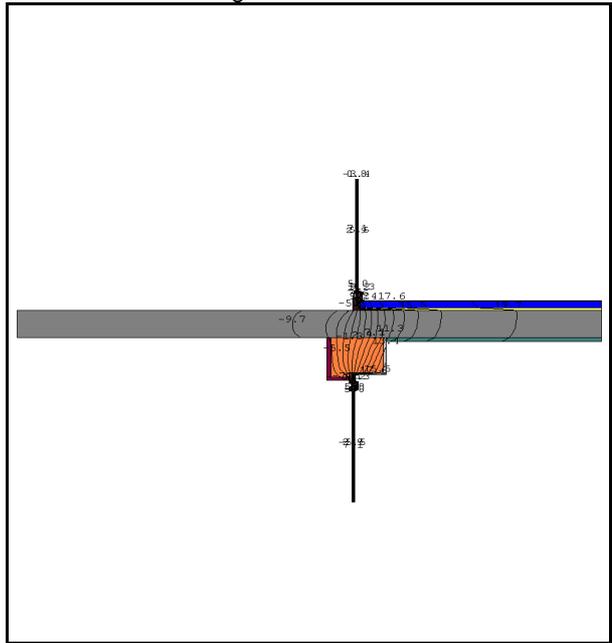


U-Werte der ungestörten Bauteile	W/m²K
Außenwand Fassade	0,233
Außenwand Loggia	0,318
Fenster	1,311

Loggia im Obergeschoss - Istzustand
Schnittzeichnung vertikal



Kürzel LO5 ist
Isothermendarstellung

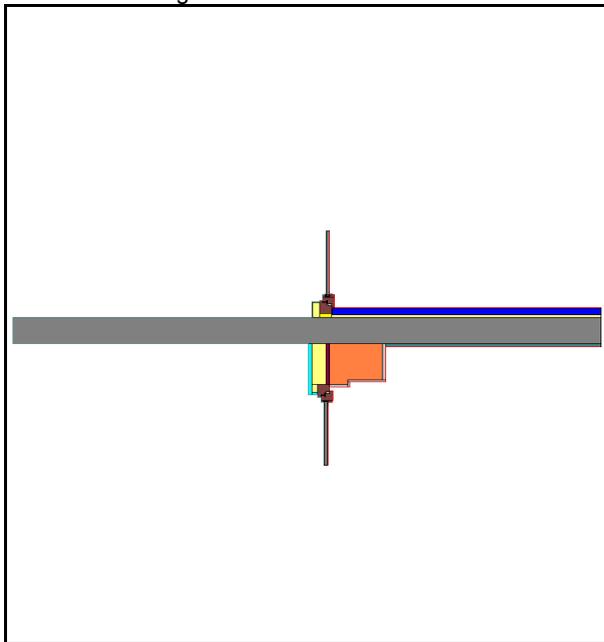


	$\Psi_{\text{Innenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}^*$
	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]
LO5 ist	0,585	0,357	

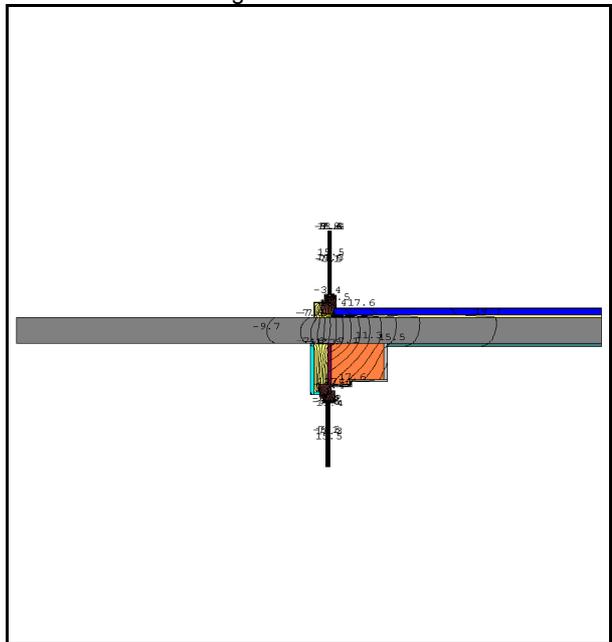
* auf unsanierten Zustand bezogen

U-Werte der ungestörten Bauteile	W/m ² K
Außenwand	1,198
Fenster	3,057

Loggia im Obergeschoss -saniert
Schnittzeichnung vertikal



Kürzel LO5 san
Isothermendarstellung

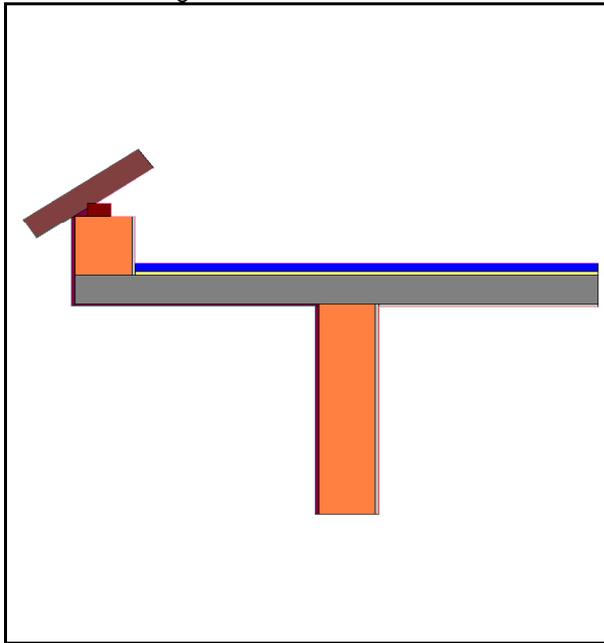


	$\Psi_{\text{Innenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}^*$
	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]
LO5 san	0,538	0,477	

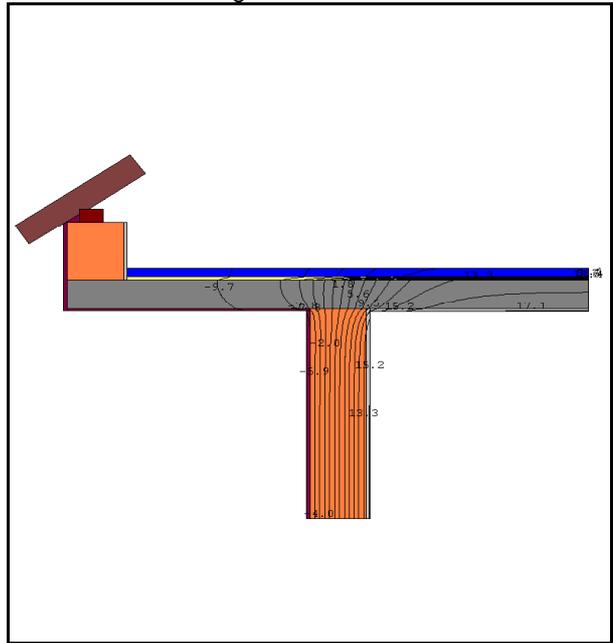
* auf unsanierten Zustand bezogen

U-Werte der ungestörten Bauteile	W/m ² K
Außenwand	0,318
Fenster	1,311

Loggiadecke zum Dachgeschoss - Istzustand
Schnittzeichnung vertikal



Kürzel OG LO ist
Isothermendarstellung

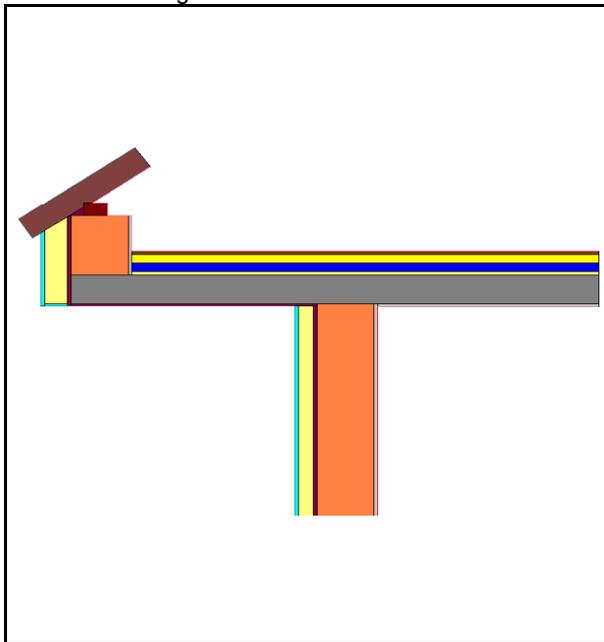


	$\Psi_{\text{Innenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}^*$
	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]
OG LO ist	0,413	-0,182	

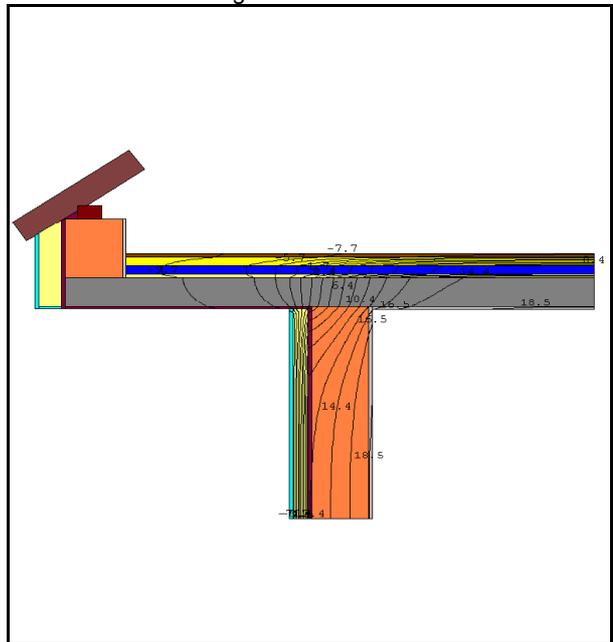
* auf unsanierten Zustand bezogen

U-Werte der ungestörten Bauteile	W/m ² K
Außenwand Loggia	1,198
Decke zu nicht ausgebautem Dach	0,851

Loggiadecke zum Dachgeschoss - saniert
Schnittzeichnung vertikal



Kürzel OG LO san
Isothermendarstellung

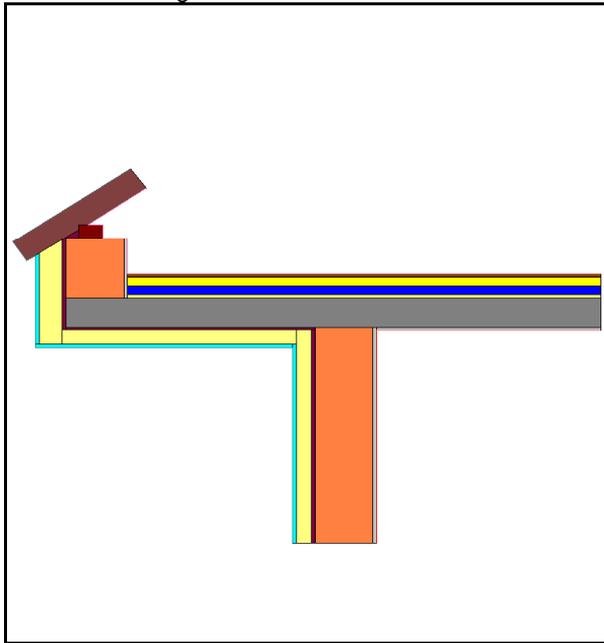


	$\Psi_{\text{Innenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}^*$
	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]
OG LO san	0,494	0,213	0,277

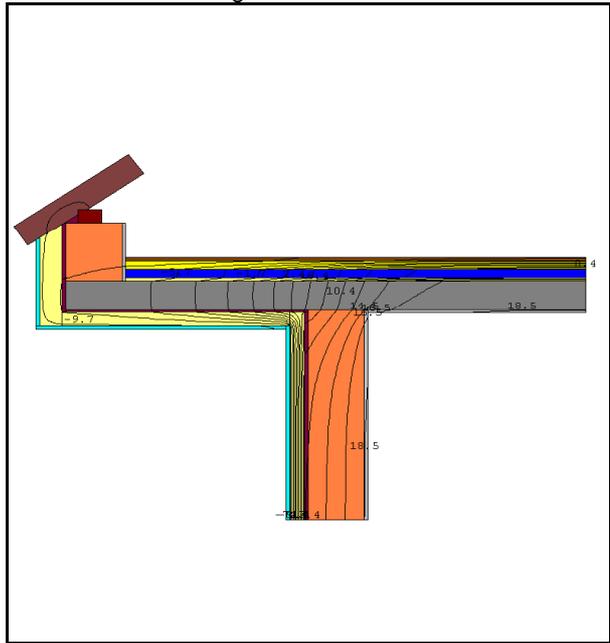
* auf unsanierten Zustand bezogen

U-Werte der ungestörten Bauteile	W/m ² K
Außenwand Loggia	0,318
Decke zu nicht ausgebautem Dach	0,398

Loggiadecke zum Dachgeschoss - saniert optimiert
Schnittzeichnung vertikal



Kürzel OG LO san optimiert
Isothermendarstellung

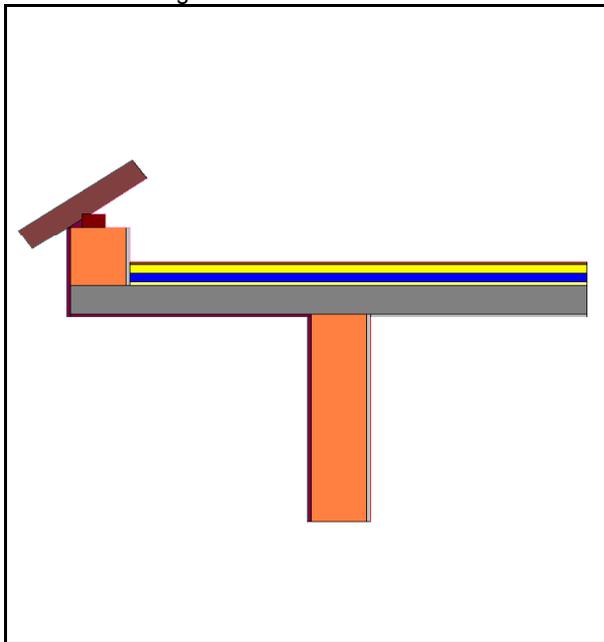


	$\Psi_{\text{Innenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}^*$
	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]
OG LO san og	0,326	0,045	0,109

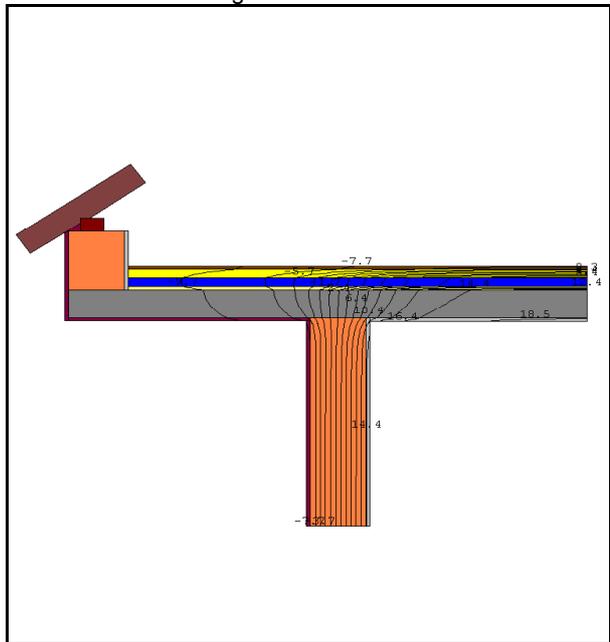
* auf unsanierten Zustand bezogen

U-Werte der ungestörten Bauteile	W/m ² K
Außenwand Loggia	0,318
Decke zu nicht ausgebautem Dach	0,323

Loggiadecke zum Dachgeschoss - nur ob. Geschossdecke gedäm-
Schnittzeichnung vertikal



Kürzel OG LO nur OG gedämmt
Isothermendarstellung

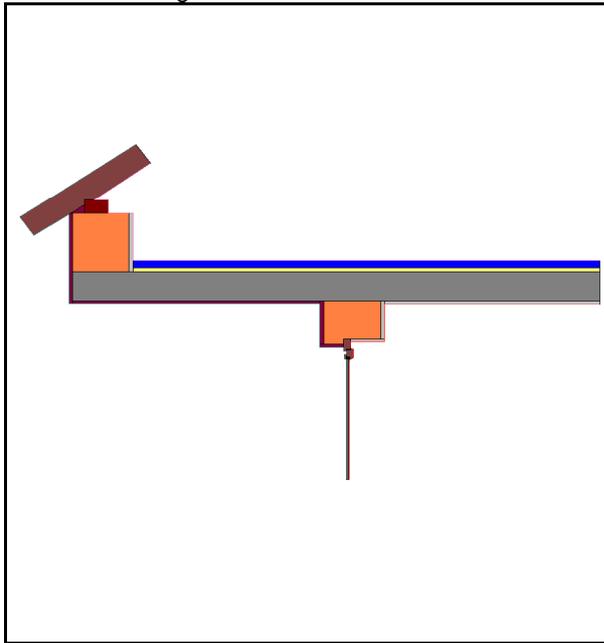


	$\Psi_{\text{Innenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}^*$
	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]
OG LO nur OG	0,456	-0,075	0,015

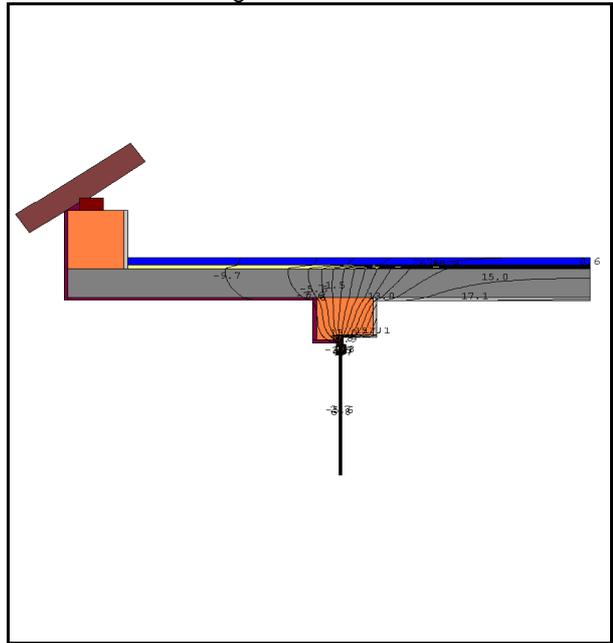
* auf unsanierten Zustand bezogen

U-Werte der ungestörten Bauteile	W/m ² K
Außenwand Loggia	1,198
Decke zu nicht ausgebautem Dach	0,323

Loggiadecke an Fenster zum Dachgeschoss - Istzustand
Schnittzeichnung vertikal



Kürzel OG LO Fen ist
Isothermendarstellung

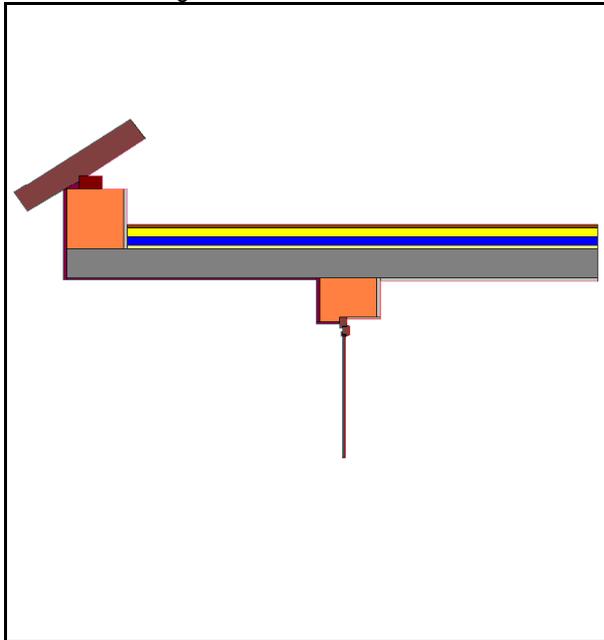


	$\Psi_{\text{Innenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}^*$
	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]
OG LO Fen ist	0,409	-0,191	

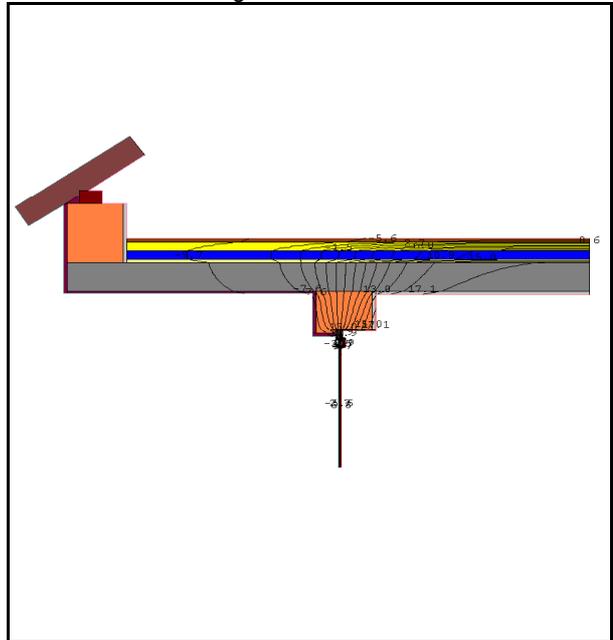
* auf unsanierten Zustand bezogen

U-Werte der ungestörten Bauteile	W/m ² K
Fenster	3,057
Decke zu nicht ausgebautem Dach	0,851

Loggiadecke an Fen. zum Dachge. - nur ob. Decke gedämmt
Schnittzeichnung vertikal



Kürzel OG LO Fen nur OG gedämmt
Isothermendarstellung

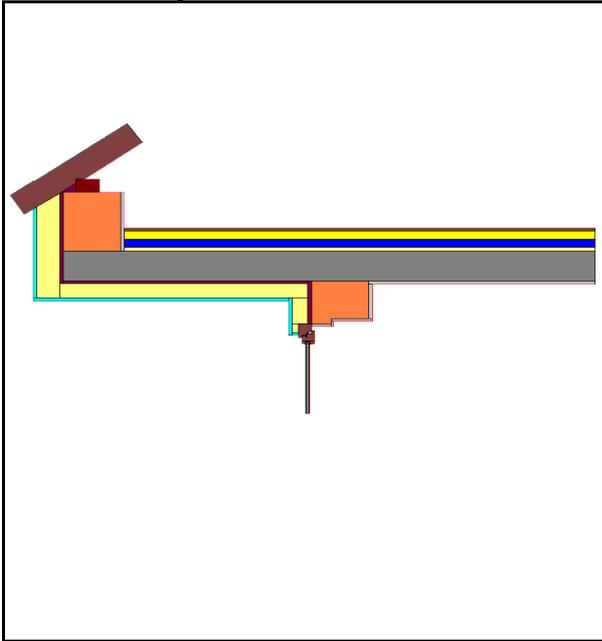


	$\Psi_{\text{Innenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}^*$
	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]
OG LO Fen n	0,451	-0,079	0,004

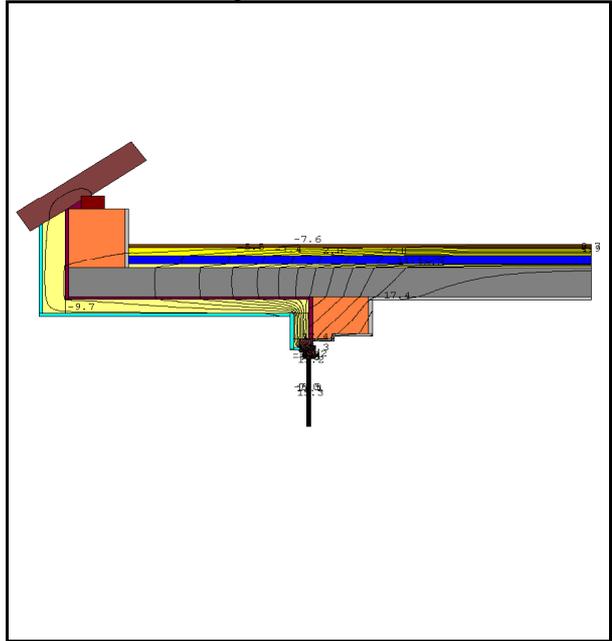
* auf unsanierten Zustand bezogen

U-Werte der ungestörten Bauteile	W/m ² K
Fenster	3,057
Decke zu nicht ausgebautem Dach	0,398

Loggiadecke an Fenster zum Dachgeschoss - saniert
Schnittzeichnung vertikal



Kürzel OG LO Fen san
Isothermendarstellung

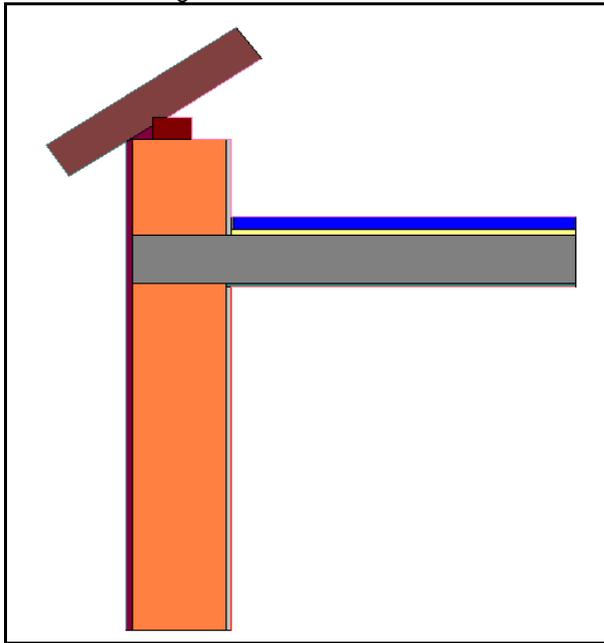


	$\Psi_{\text{Innenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}^*$
	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]
OG LO Fen sa	0,317	0,065	0,121

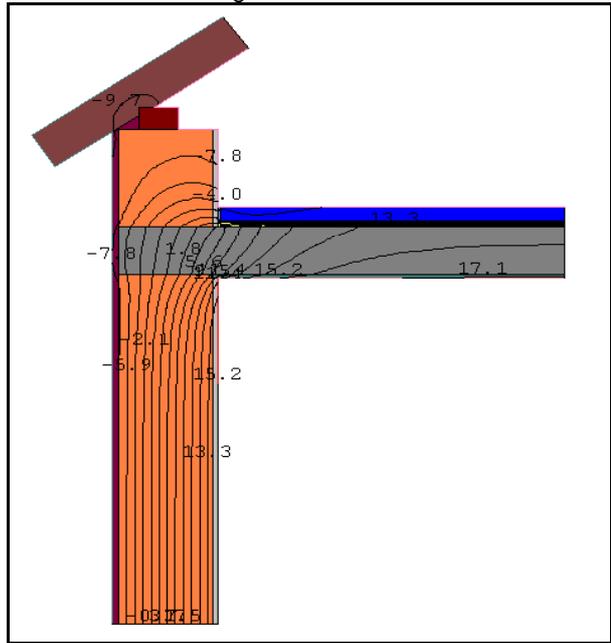
* auf unsanierten Zustand bezogen

U-Werte der ungestörten Bauteile	W/m ² K
Fenster	1,311
Decke zu nicht ausgebautem Dach	0,398

Kniestock (35 cm hoch) - Istzustand
Schnittzeichnung vertikal



Kürzel Kn ist
Isothermendarstellung

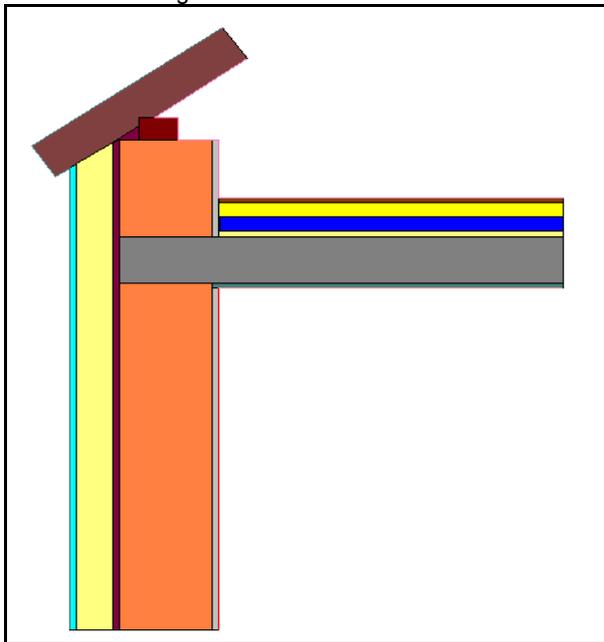


	$\Psi_{\text{Innenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}^*$
	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]
Kn ist	0,509	-0,086	

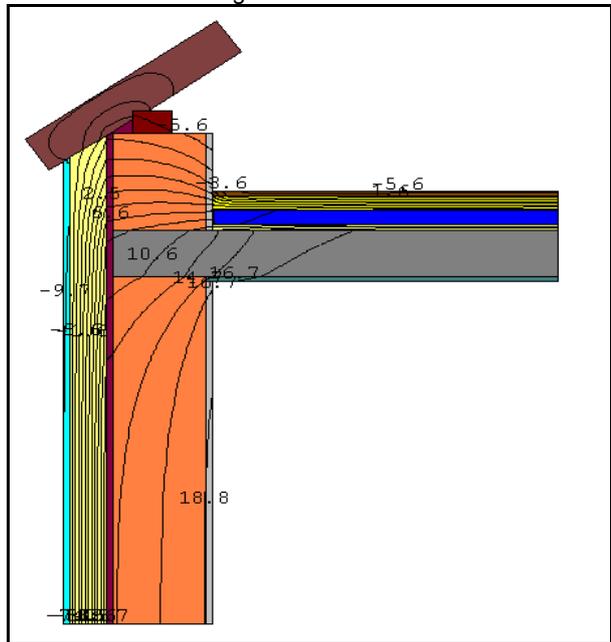
* auf unsanierten Zustand bezogen

U-Werte der ungestörten Bauteile	W/m ² K
Außenwand	1,198
oberste Geschosdecke	0,851

Kniestock (35 cm hoch) - saniert
Schnittzeichnung vertikal



Kürzel Kn san
Isothermendarstellung



	$\Psi_{\text{Innenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}^*$
	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]
Kn san	0,337	0,070	0,142

* auf unsanierten Zustand bezogen

U-Werte der ungestörten Bauteile	W/m ² K
Außenwand	0,233
oberste Geschosdecke	0,398

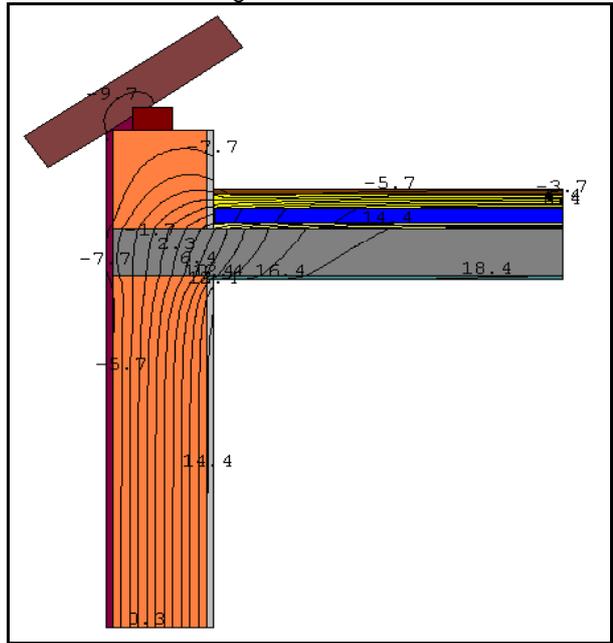
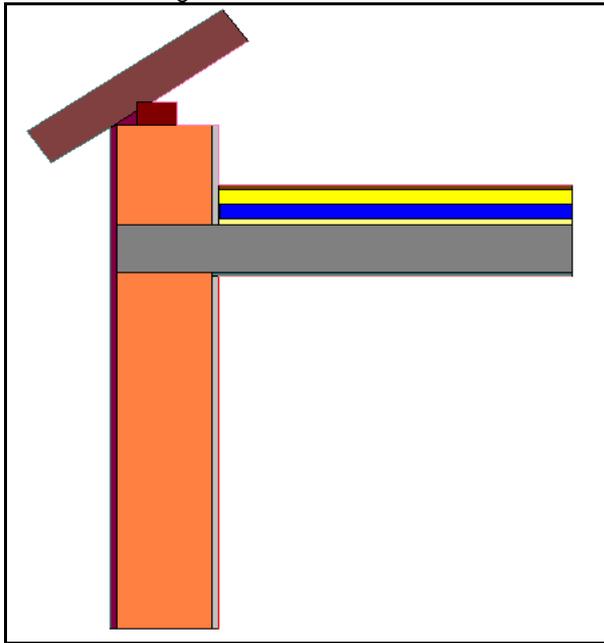
Kniestock (35 cm hoch) - nur oberste Geschossdecke gedämmt

Kürzel

Kn nur OG

Schnittzeichnung vertikal

Isothermendarstellung

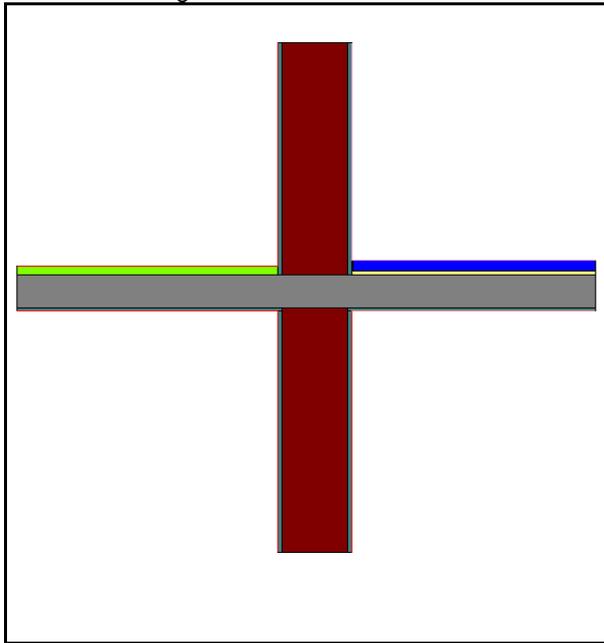


	$\Psi_{\text{Innenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}^*$
	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]
Kn nur OG	0,571	0,046	0,130

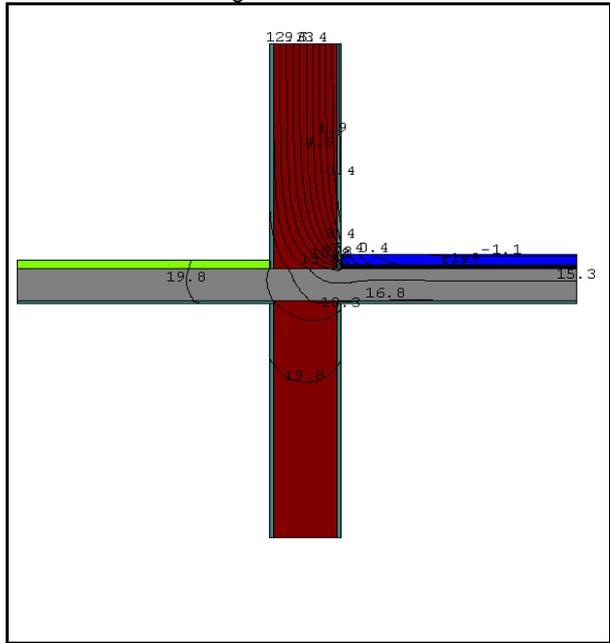
U-Werte der ungestörten Bauteile	W/m ² K
Außenwand	1,198
oberste Geschossdecke	0,398

* auf unsanierten Zustand bezogen

Dachgeschoss an Treppenhaus - Istzustand
Schnittzeichnung vertikal



Kürzel DG ist
Isothermendarstellung

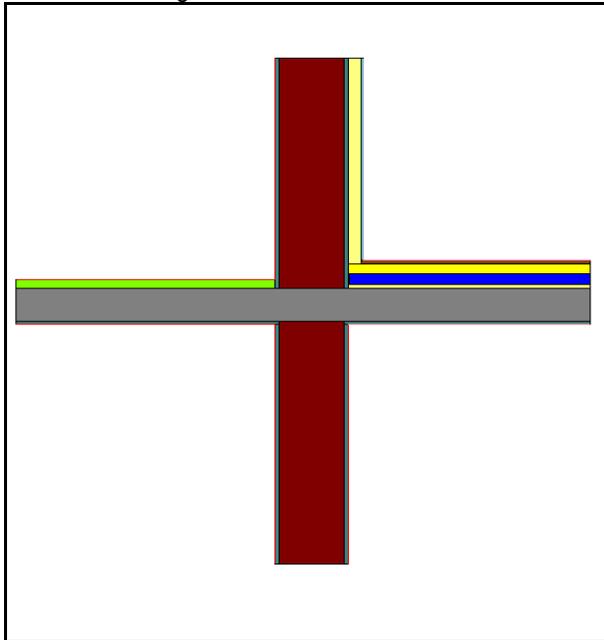


	$\Psi_{\text{Innenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}^*$
	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]
DG ist	0,170	0,170	

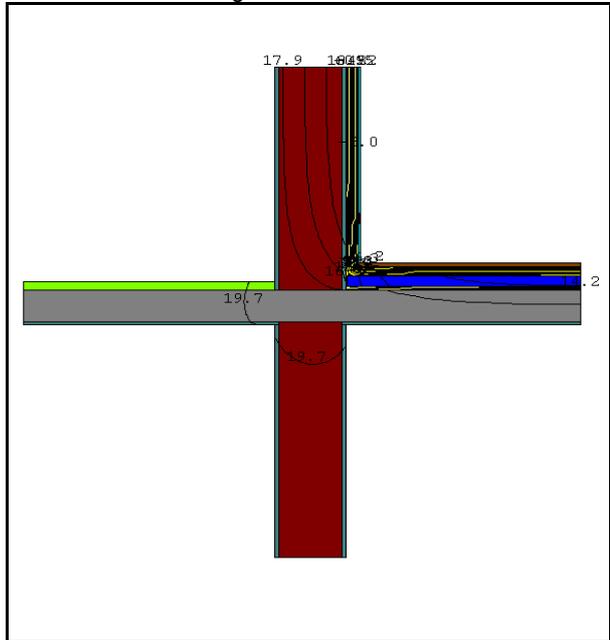
* auf unsanierten Zustand bezogen

U-Werte der ungestörten Bauteile	W/m ² K
oberste Geschossdecke	0,851
Treppenhauswand	0,969

Dachgeschoss an Treppenhaus - saniert
Schnittzeichnung vertikal



Kürzel DG san
Isothermendarstellung

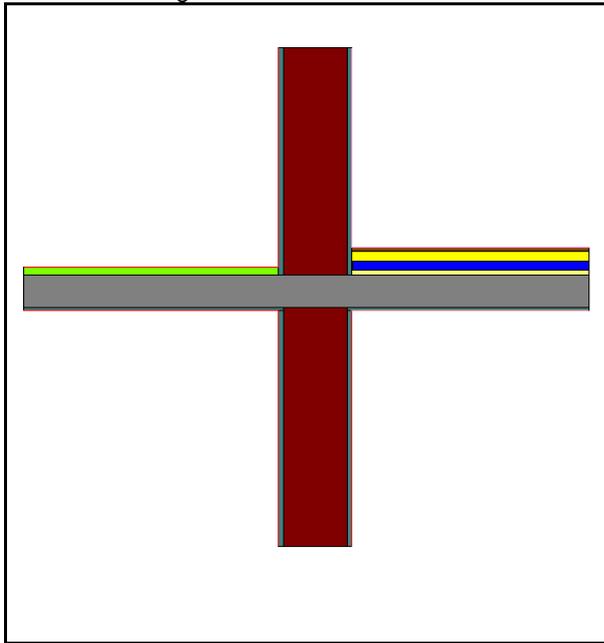


	$\Psi_{\text{Innenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}^*$
	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]
DG san	0,046	0,046	

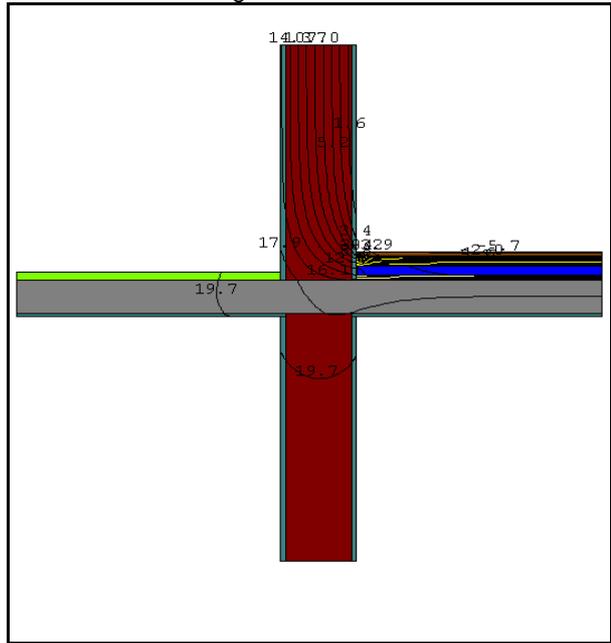
* auf unsanierten Zustand bezogen

U-Werte der ungestörten Bauteile	W/m ² K
oberste Geschossdecke	0,398
Treppenhauswand	0,363

Dachgeschoss an Treppenhaus - nur OG gedämmt
Schnittzeichnung vertikal



Kürzel DG nur OG gedämmt
Isothermendarstellung

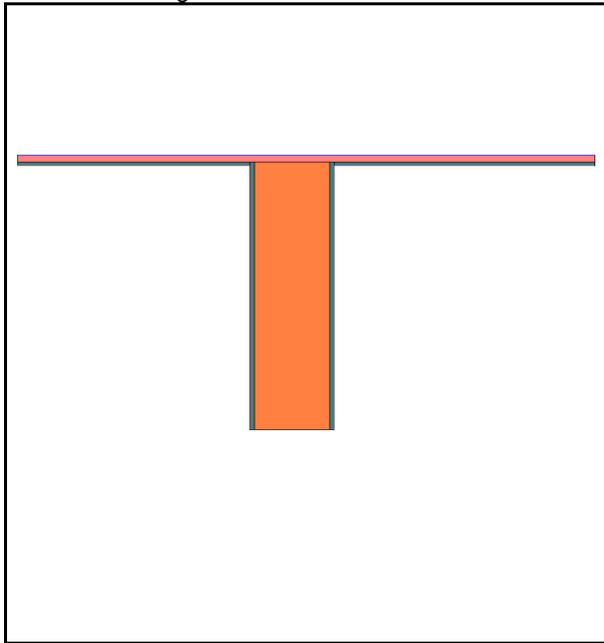


	$\Psi_{\text{Innenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}^*$
	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]
DG nur OG ge	0,137	0,137	

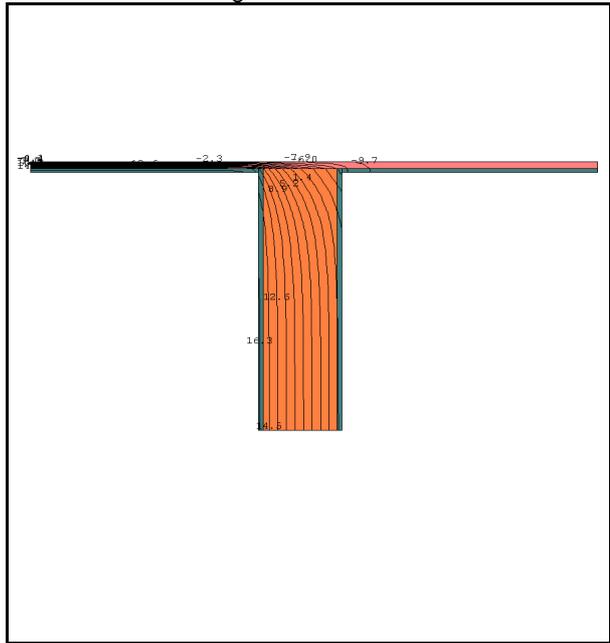
* auf unsanierten Zustand bezogen

U-Werte der ungestörten Bauteile	W/m ² K
oberste Geschossdecke	0,398
Treppenhauswand	0,969

Treppenhaus: Decke an Wand - Istzustand
Schnittzeichnung vertikal



Kürzel DG Decke ist
Isothermendarstellung

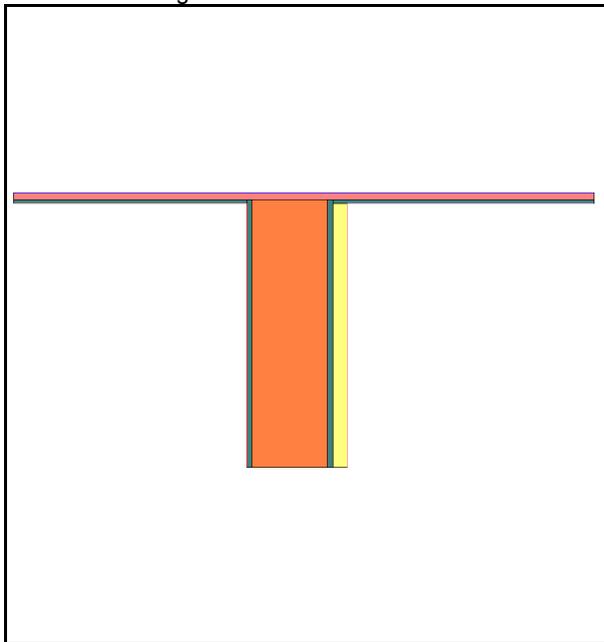


	$\Psi_{\text{Innenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}^*$
	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]
DG Decke ist	0,181	-0,425	

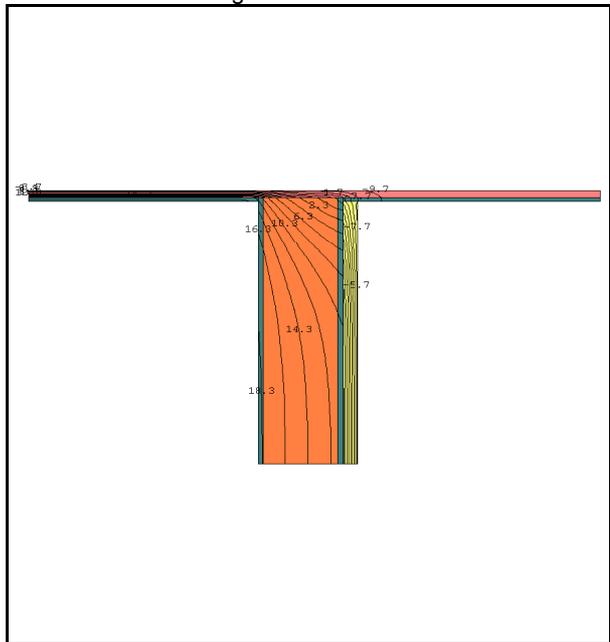
* auf unsanierten Zustand bezogen

U-Werte der ungestörten Bauteile	W/m ² K
Decke Treppenhaus	1,667
Treppenhauswand	0,869

Treppenhaus: Decke an Wand - saniert
Schnittzeichnung vertikal



Kürzel DG Decke san
Isothermendarstellung



	$\Psi_{\text{Innenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}$	$\Psi_{\text{Außenmaß}}^*$
	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]
DG Decke san	0,288	-0,394	-0,294

* auf unsanierten Zustand bezogen

U-Werte der ungestörten Bauteile	W/m ² K
Treppenhausdecke	1,667
Treppenhauswand	0,348