

KRÄTZIG & PARTNER
Ingenieurgesellschaft für Bautechnik mbH

WÄRMESCHUTZSCHUTZNACHWEIS PR.-NR. SW 08/18

Bauvorhaben: Berufsförderungswerk der Bauindustrie NRW gGmbH
Anbau/Modernisierung Küche
Bromberger Straße 4-6
59065 Hamm

Bauherr: Berufsförderungswerk der Bauindustrie NRW gGmbH
Uhlandstraße 56
40237 Düsseldorf

Planung: Lindner Lohse Architekten BDA
Westfalendamm 59
44141 Dortmund

Auftragnehmer: Krätzig & Partner Ingenieurgesellschaft mbH
Buscheyplatz 9-17
44801 Bochum

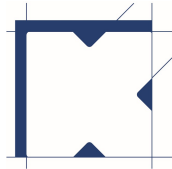
Datum: 11.02.2019

KRÄTZIG & PARTNER
Ingenieurgesellschaft
für Bautechnik mbH
Buscheyplatz 9-17
D-44801 Bochum
Tel.: +49(0)234 70994-0
Fax: +49(0)234 70994-19
mail@kup-ing.de
www.kup-ing.de

Gesellschafter – Geschäftsführer:
Dr.-Ing. Matthias Andres
Dr.-Ing. Ulrich Montag
Dr.-Ing. Ralf Wörmann
Gesellschafter:
Dr.-Ing. Hermann Beem
Dr.-Ing. Ulrich Eckstein
Prof. Dr.-Ing. Reinhard Harte
Prof. Dr.-Ing. Daniel Jun

Bankverbindungen:
Commerzbank AG Bochum
IBAN: DE58 4308 0083 0835 7201 00
BIC: DRESDEFF430
Postbank AG Dortmund
IBAN: DE81 4401 0046 0114 2404 64
BIC: PBNKDEFF

Sitz der Gesellschaft:
Bochum, Amtsgericht Bochum
Handelsregister B 2455
Beratende Ingenieure VBI/VDI
Ingenieurkammer Bau NRW



KRÄTZIG & PARTNER
Ingenieurgesellschaft für Bautechnik mbH

Projekt SW 08/18:
Anbau/Modernisierung Küche
Bromberger Straße 4-6

Seite: 1

Datum: 11.02.2019

Projektingenieurin: Dipl.-Ing. Katrin Götde
Staatl. anerkannte Sachverständige für
Schall- und Wärmeschutz der IKBau NRW

Girondelle 31
44799 Bochum

Inhalt

Aufgabenstellung und Allgemeines	3
Zum Objekt	5
Übersicht der Bauteile.....	7
Bauteilnachweise	9
Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes nach DIN 4108-2:2013.....	26
Anhang	29



Grundriss mit geplanter Erweiterung (blau) und unbeheizter Anlieferung (grün)

Die Anforderungen dieses Nachweises richten sich lediglich an die Bauteile im beheizten Bereich (vorige Seite blau). Die unbeheizte Anlieferung (vorige Seite grün) ist durch eine Gebäudefuge von der beheizten Erweiterung getrennt und nicht Gegenstand dieses Nachweises.

Die beheizte Erweiterung wird an die bestehende Heizungsanlage des Bestandsgebäudes angeschlossen und grenzt im EG komplett an den beheizten Bestand. Im UG grenzt die beheizte Erweiterung an den unbeheizten Keller des Bestandes.

Der Nachweis wird im Rahmen eines **Bauteilnachweises** gemäß § 9, Absatz 4 der EnEV 2014 geführt (Einhaltung der Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten nach Anlage 3, Tabelle 1 der EnEV 2014).

Zusätzlich muss für die Aufenthaltsräume im EG und UG der Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes nach DIN 4108-2: 2013-02 geführt werden.

Folgende Unterlagen lagen zur Beurteilung vor:

- Grundrisse, Schnitte und Ansichten

Die Berechnungen erfolgen mit der Software DÄMMWERK 2019 (Stand: Januar 2019).

Zum Objekt

Die **geplante Erweiterung** soll in Massivbauweise entstehen. Den oberen Abschluss soll ein Flachdach mit Gefälledämmung bilden. Die Attika aus Stahlbeton wird umlaufend mit mindestens 6 cm Wärmedämmung gedämmt. Im Bereich des Anschlusses der Erweiterung an den Bestand wird die Attika aus Porenbeton (Rohdichte 500 kg/m³) ausgeführt, da hier die Abmessungen des Bestandsdaches eine umlaufende Wärmedämmung einer Attika nicht erlauben (Detailskizze des Architekten s. Anhang).

Die Lüftungsanlage der Küche im Altbau wird auf dem Flachdach der Erweiterung aufgestellt werden. Die Bodenplatte erhält eine ober- und unterseitige Dämmung. Die kombiniert verlegte ober- und unterseitige Dämmung verhindert Wärmebrücken, welche sich sonst durch eine rein oberseitige Dämmung im Bereich der massiven aufgehenden Innenwände ergeben würden. Zusätzlich werden die Streifenfundamente mit einer stirnseitigen Dämmung außenseitig gedämmt (Frostschürze).

Die Außenwand der Erweiterung wird zweischalig mit außenliegendem Klinkermauerwerk und einer Kerndämmung erstellt. Die Außenwände im Erdreich (EW-1) werden mit einer 12- 14 cm außenliegenden Perimeterdämmung versehen (je nach Leitfähigkeit der eingebauten Wärmedämmung). Die Außenwand zum Erdreich im niedrig beheizten Treppenhaus Richtung unbeheizte Anlieferung (EW-2) wird mit 4 cm Wärmedämmung zwischen dem beiden Außenwandschalen gedämmt (s. Seite 20).

Der **Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes in den Aufenthaltsräumen** gelingt aufgrund der sommerheißen Lage (Hamm) gemäß DIN 4108-2 nur mit außenliegendem Sonnenschutz (z.B. Raffstores) in Kombination mit Sonnenschutzverglasung im Büro im EG. Im Aufenthaltsraum im UG reicht der Einbau einer Sonnenschutzverglasung, um den Nachweis zu erfüllen. Genauere Angaben zur Verglasung s. ab S. 17).

Maßnahmen im Altbau

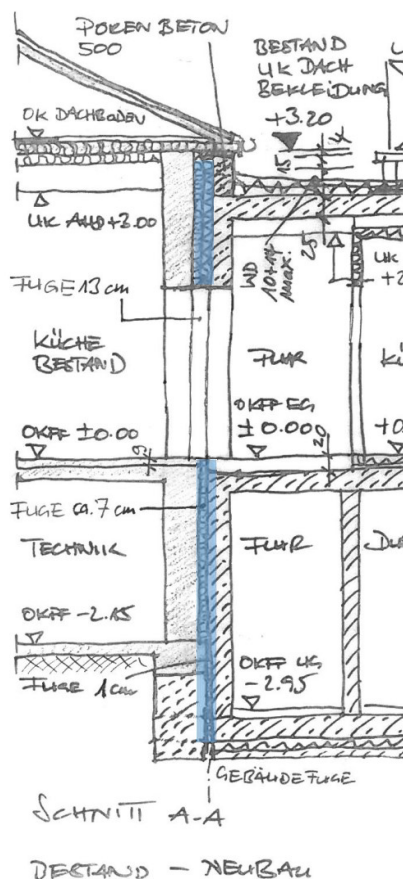
Soweit es der Umbau der Küche erfordert, werden Fenster im massiven Altbau ersetzt. Aufgrund des geringen Flächenanteils des auszutauschenden Bauteils im Vergleich zur gesamten Bauteilfläche gemäß §9, Abschnitt 3 der EnEV muss kein Bauteilnachweis geführt werden. Es wird jedoch drauf hingewiesen, dass das Mauerwerk im Bestand aus den 30er und 70er Jahren ist. Hier kann gemäß der *Bekanntmachung der Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Nichtwohngebäude-*

bestand des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung sowie der Fortschreibung dieser Publikation davon ausgegangen werden, dass die ungedämmte Außenwand im Bestand einen U-Wert von 1,4-1,8 W/(m²K) aufweist. Um Tauwasserschäden zu vermeiden, sollten grundsätzlich die Fenster das schlechteste Bauteil in einer Fassade sein. Der U-Wert der neuen Fenster sollte also einen Wert von 1,8 W/(m²K) nicht überschreiten.

Die oberste Geschossdecke besitzt momentan eine Zwischensparrendämmung, welche jedoch im Zuge der Baumaßnahme erneuert wird.

Anschluss an Bestand

Im Bereich des Anschlusses der Erweiterung an den Bestand entsteht aus statischen Gründen zwischen der Bestandsaußenwand sowie der Wand der Erweiterung eine Fuge. Diese wird im Bereich des UGs sowieso gedämmt werden, da hier die beheizten Räume der Erweiterung an den unbeheizten Keller im Bestand grenzen. Jedoch auch im Erdgeschoss wird diese Fuge umlaufend auf einer Tiefe von 30 - 50 cm mit Dämmstoff 035 verfüllt, so dass der Wärmebrückeneffekt (Eindringen von Kaltluft) abgeschwächt wird.



Übersicht der Bauteile

Auf den folgenden Seiten ist eine Übersicht der geplanten, für diesen Nachweis relevanten Bauteile dargestellt.

Bauteil	Konstruktion	Bemerkung
AW-1 Außenwand Erweiterung	14 cm Kerndämmung 035 2 cm Luftschicht	Es ist alternativ eine Kerndämmung oder eine hinterlüftete Konstruktion möglich.
Fenster und Fenstertüren Erweiterung	Fenster und Fenstertüren: $U_w \leq 1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ Außentür opak: $U_b \leq 1,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	Anforderungen an den außenliegenden Sonnenschutz der Aufenthaltsräume beachten (ab s. S. 17)
EW-1 Außenwand Erweiterung gegen Erdreich	12 cm Perimeterdämmung 040	Alternativ 14 cm Perimeterdämmung Wärmeleitfähigkeit 045
EW-2 Außenwand niedrig beheiztes Treppenhaus der Erweiterung gegen Erdreich	4 cm Wärmedämmung 035 in Gebäudefuge	Außenwand der Erweiterung gegen Erdreich in Richtung der unbeheizten Anlieferung
IW-1 Innenwand Erweiterung zum unbeheizten Bestand im UG	Wärmedämmung $035 \geq 7 \text{ cm}$ in der Fuge zwischen Bestandswand und Neubauinnenwand	Hier ist die Dämmstoffdicke durch die Bestandswand begrenzt.
FD-1 Flachdach beheizte Erweiterung	Stahlbeton Oberseitige Dämmung mit: 10 cm Wärmedämmung 035 plus 0-14 cm Gefälledämmung 035	

Bauteil	Konstruktion	Bemerkung
BP-1 Bodenplatte beheizte Erweiterung	unterseitige Perimeterdämmung von 8 cm 040 plus 4 cm Trittschall- /Wärmedämmung 035 oberseitig Zementestrich, schwimmend	Die Streifenfundamente werden stirnseitig mit 8 cm Perimeterdämmung bis UK Fundament gedämmt.
DE-1 Oberste Geschossdecke im Bestand	18 cm Wärmedämmung 035 zwischen den Sparren mit raumseitiger Dampfbremse	Die oberste Geschossdecke im Altbau grenzt an einen unbeheizten, ungedämmten Dachstuhl.

Flachdach
 $U = 0,20 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Bauteiltyp "Dachdecke"

mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,13$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,130
01 Gipsputz	1,00	1200	12,0	0,350	0,029
02 Stahlbeton	16,00	2400	384,0	2,100	0,076
03 Bitumenbahn	0,50	1000	5,0	-	-
04 Wärmedämmung	10,00	20	2,0	0,035	2,857
05 Gefälledämmung(s. Berechnung unten)	-	20	-	0,035	-
06 Dachabdichtung	0,50	-	5,0	0,170	0,029
R_{se}					0,040
<hr/>					
	d = 28,00	G = 408,0		$R_T = 3,16$	

$$U = 0,316 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Berechnung der Gefälledämmung:

Bauteil mit keilförmiger Schicht (EN ISO 6946:2008, Anhang C)

keilförmige Schicht: 5 Gefälledämmung $\lambda = 0,035 \text{ W/(mK)}$

Teilfläche	Typ	d_k [m]	Gefälle [%]	m ²	W/(m ² K)
1	C.1	0,140	1,8	24,0	0,204
2	C.1	0,140	1,8	48,0	0,204

mittlerer U-Wert mit keilförmiger Dämmschicht = 0,204 W/(m²K)

$$U_{\text{Rechteck-Keil}} = 1/R_1 \cdot \ln(1 + R_1 / R_0) \text{ mit } R_1 = d_k/\lambda \text{ und } R_0 = R_T \text{ (C.1)}$$

$$U_{\text{Dreieck-Keil, Spitze hoch}} = 2/R_1 \cdot [(1 + R_0 / R_1) \cdot \ln(1 + R_1 / R_0) - 1] \text{ (C.2)}$$

$$U_{\text{Dreieck-Keil, Spitze tief}} = 2/R_1 \cdot [1 - R_0 / R_1 \cdot \ln(1 + R_1 / R_0)] \text{ (C.3)}$$

Wärmedurchgangskoeffizient $U_c = 0,204 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

0,000 Korrektur für Luftspalte, mehrlagige Dämmschicht

U-Wert Gesamtkorrektur < 3% $\Rightarrow U = 0,204 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (EN ISO 6946:2008, Nr.7)

U_{max} bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (EnEV 2014 Anl. 3)

Anforderung: Einbau einer keilförmigen Dämmschicht in Gebäuden/Zonen mit $T_i \geq 19 \text{ °C}$. Der U-Wert wird nach DIN EN ISO 6946: 2008-04 Anhang C ermittelt. Am tiefsten Punkt der Gefälledämmung ist der Mindestwärmeschutz gewährleistet.

U **0,20 ≤ 0,20 W/(m²K) erfüllt die Anforderungen**

Temperaturverlauf und Diffusionsberechnung

Klimabedingungen Regelklima DIN 4108-3:2014

Tauperiode	Außenklima	-5,0 °C	$\phi = 80 \%$
2160 Stunden	Innenklima	20,0 °C	$\phi = 50 \%$
Verdunstungsperiode	$p_{d,i} / p_{d,a}$	1200 Pa	Dampfteildruck
2160 Stunden	p_s	2000 Pa	Sättigungsdampfdruck Dach
Wärmeübergangswiderstände	R_{si}	0,25 m²K/W	
	R_{se}	0,04 m²K/W	

Grenzschichttemperaturen und Sättigungsdampfdrücke

von innen vor der Schichtgrenze	Tauperiode T_{gr} [°C]	p_s [Pa]	p_d [Pa]
Raumluft	20,0	2340	1170
1 Gipsputz	18,1	2079	1170
2 Stahlbeton	17,9	2052	1168
3 Bitumenbahn	17,3	1976	974
4 Wärmedämmung	17,3	1976	454
5 Gefälledämmung	-4,5	419	419
6 Dachabdichtung	-4,5	419	419
	-4,7	412	321
Außenluft	-5,0	401	321

Grenzschichttemperaturen T_{gr} mit $R_{si} = 0,25$, $R_{se} = 0,04$ und $R_T = 3,28$ m²K/W

Diffusionswiderstände

Schicht	μ_{min} [-]	μ_{max} [-]	$\mu_{min} \cdot s$ [m]	$\mu_{max} \cdot s$ [m]	s_d [m]
1 Gipsputz	10	10	0,10	0,10	0,10
2 Stahlbeton	70	150	11,20	24,00	-> 11,20
3 Bitumenbahn	-	-	30,00	30,00	30,00
4 Wärmedämmung	20	100	2,00	10,00	-> 2,00
5 Gefälledämmung	30	70	-	-	<- -
6 Dachabdichtung	20000	30000	100,00	150,00	<- 150,00
$\Sigma \mu \cdot s =$					193,30

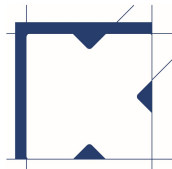
Klimabedingter Feuchteschutz DIN 4108-3:2014

Vermeidung kritischer Feuchte auf Innenoberflächen (A.1)

Dampfteildruck der Raumluft $p_i = \phi_i \cdot p_{sat}(\theta_i) = 0,50 \cdot 2.337 = 1.168$ Pa (Gl.3)

erforderliche Mindestwärmedurchlasswiderstände

	$\phi_{si,cr}$	p_{sat} Pa	$\theta_{si}(p_{sat})$ °C	R m²K/W	ausrei- chend
vorhandene Werte	0,56	2.079	18,10	2,99	



KRÄTZIG & PARTNER
Ingenieurgesellschaft für Bautechnik mbH

Projekt SW 08/18:
Anbau/Modernisierung Küche
Bromberger Straße 4-6

Seite: 12

Datum: 11.02.2019

Grenzwert für Tauwasserbildung	1,00	1.168	9,26	0,29	ja
Grenzwert für Schimmelpilzbildung	0,80	1.460	12,62	0,55	ja

mit $\phi_{si,cr}$ = kritischer / vorhandener Wert der relativen Luftfeuchte an der raumseitigen Bauteiloberfläche

$p_{sat} = p_i / \phi_{si,cr}$ = zugehöriger Sättigungsdampfdruck und $\theta_{si}(p_{sat})$ = zugehörige Oberflächentemperatur (Gl.3)

$R = R_{si} / (1 - f_{Rsi}) - R_{si} - R_{se}$ = erforderlicher / vorhandener Wärmedurchlasswiderstand (Gl.A.2 mit $R_{si} = 0,25 \text{ W/(m}^2\text{K)}$)

mit $f_{Rsi} = (\theta_{si} - \theta_e) / (\theta_i - \theta_e)$ = Temperaturfaktor der Bauteiloberfläche

Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen (A.2)

Dampfdrücke	p_i	p_c	p_e
Tauperiode [Pa]	1.170	419	321
Verdunstungsperiode [Pa]	1.200	2.000	1.200
sd-Wert [m]	0	43,30	193,30
Taubene / Taubereich	M_c g/m ²	M_{ev} g/m ²	t_{ev} Tage
vor Dachabdichtung	* 26	37	63

* Kapillar nicht wasseraufnahmefähige Baustoffschichten in der Tauebene

Die Tauwasserbildung im Bauteil ist im Sinne von DIN 4108-3 unschädlich (Abs.5.2.1)

Tauwassermassen $M_c \leq 500 \text{ g/m}^2$, Verdunstungsmassen $M_{ev} \geq M_c$

Bauteil: Fenster und Fenstertüren Erweiterung

Die Fenster und Fenstertüren der Erweiterung und Bestand müssen einen U-Wert von $U_w \leq 1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ aufweisen. Dabei handelt es sich um den U-Wert der gesamten Fensterkonstruktion bezogen auf die Standardabmessungen gemäß DIN EN 14351-1:2016-12.

U_{max} bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (EnEV 2014 Anl. 3)

Anforderung: Ersatz oder erstmaliger Einbau von Fenstern in Gebäuden/Zonen mit $T_i \geq 19 \text{ °C}$

$U_{w, \text{ vorhanden}} = 1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) \leq U_{w, \text{ erf.}} = 1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Bauteil: AW-1 Außenwand mit Kerndämmung

Die Außenwand wird zweischalig mit Kerndämmung ausgeführt. Alternativ ist ebenfalls eine hinterlüftete Ausführung der Klinkerschale möglich. Beide Varianten benötigen zur Erfüllung der EnEV eine **14 cm dicke Wärmedämmung bei einer Wärmeleitfähigkeit von 0,035 W/(mK)**. Bei Ausführung der Kerndämmung muss beachtet werden, dass die Dämmung für die Kerndämmung zugelassen ist (durchgehend wasserabweisend). Die Klinkerschale muss frostbeständig sein. Auf die vollfugige Vermauerung der Verblendschale und die sachgemäße Verlegung der Sichtflächen ist besonders zu achten. Die Entwässerungsöffnungen sollen auf 20 m² Wandfläche (Fenster und Türen eingerechnet) eine Fläche von jeweils 5000 mm² im Fußpunktbereich haben. Bei Ausführung einer Hinterlüftung muss sichergestellt werden, dass diese gewährleistet ist.

Querschnitt

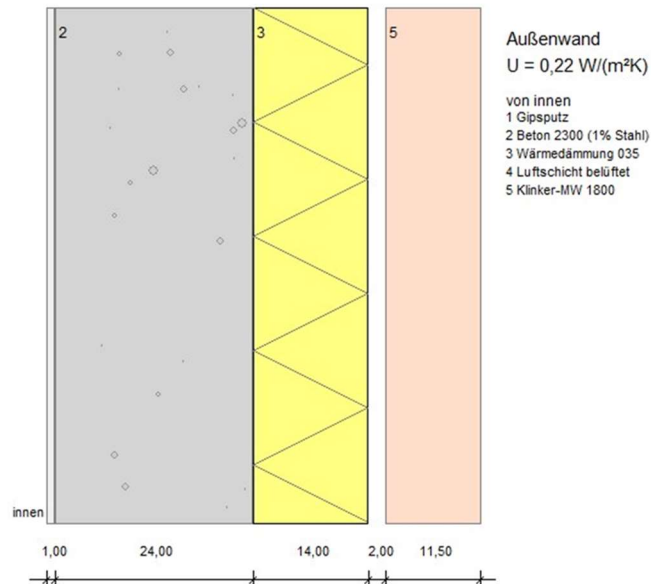
von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R _{si}					0,130
01 Gipsputz	1,00	1200	12,0	0,350	0,029
02 Beton 2300 (1% Stahl)	24,00	2300	552,0	2,300	0,104
03 Wärmedämmung 035	14,00	30	4,2	0,035	4,000
04 Luftschicht belüftet	2,00	1	0,0	-	-
05 Klinker-MW 1800	11,50	1800	207,0	-	0,142
R _{se}					0,040
<hr/>					
	d = 52,50	G = 775,2		R _T = 4,44	

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U_c = 0,225 + 0,004 = 0,229 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

0,004 Mauerwerksanker Kerndämmung

U-Wert Gesamtkorrektur < 3% $\Rightarrow U = 0,225 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (EN ISO 6946:2008, Nr.7)



Mindestwerte für

Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

Wände beheizter Räume gegen Außenluft, Erdreich, Tiefgaragen (DIN 4108-2:2013).
Mindestanforderungen nach Tabelle 3.

R $4,27 \geq 1,20 \text{ m}^2\text{K/W}$ erfüllt die Anforderungen

U_{max} bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (EnEV 2014 Anl. 3)

Anforderung: Ersatz oder erstmaliger Einbau der Außenwand in Gebäuden/Zonen mit $T_i \geq 19^\circ\text{C}$

U $0,23 \leq 0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ erfüllt die Anforderungen

Bauteil: BP-1 Bodenplatte Erweiterung

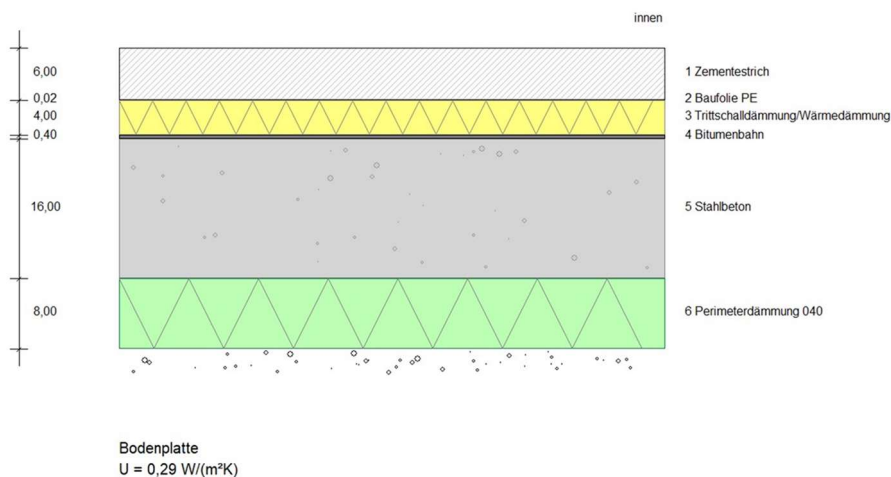
Die Bodenplatte erhält eine **unterseitige Dämmung von 8 cm ($\lambda = 0,04$)** sowie eine oberseitige **Trittschall-/Wärmedämmung von 4 cm ($\lambda = 0,035$)** oberseitig. Die Fundamente werden stirnseitig gedämmt mit mindestens 8 cm Perimeterdämmung.

Bauteiltyp "Fußboden gegen Erdreich"
mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,17$ und $R_{se} = 0,00 \text{ m}^2\text{K/W}$

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m ³	γ kg/m ³	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,17
01 Zementestrich	6,00	2000	120,0	1,400	0,04
02 Baufolie PE	0,02	1000	0,2	-	-
03 Trittschalldämmung/Wärmedämmung	4,00	-	-	0,035	1,14
04 Bitumenbahn	0,40	1100	4,4	0,230	0,02
05 Stahlbeton	16,00	2400	384,0	2,000	0,08
06 Perimeterdämmung 040	8,00	25	2,0	0,040	2,00
R_{se}					0,00
<hr/>					
	d = 34,42	G = 510,6		$R_T =$	3,45

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,29 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)



U_{\max} bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (EnEV 2014 Anl. 3)

Anforderung: Ersatz oder erstmaliger Einbau von Wänden gegen Erdreich oder zu unbeheizten Räumen (mit Ausnahme von Dachräumen) in Gebäuden/Zonen mit $T_i \geq 19 \text{ °C}$

U **$0,29 \leq 0,30 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ erfüllt die Anforderungen**

Temperaturverlauf und Diffusionsberechnung "Bodenplatte"

Klimabedingungen Regelklima DIN 4108-3:2014

Tauperiode	Außenklima	-5,0 °C	$\phi = 80 \%$
2160 Stunden	Innenklima	20,0 °C	$\phi = 50 \%$
Verdunstungsperiode	$p_{d,i} / p_{d,a}$	1200 Pa	Dampfteildruck
2160 Stunden	p_s	1700 Pa	Sättigungsdampfdruck
Wärmeübergangswiderstände	R_{si}	0,25 m²K/W	
	R_{se}	0,04 m²K/W	

Grenzschichttemperaturen und Sättigungsdampfdrücke

von innen vor der Schichtgrenze	Tauperiode T_{gr} [°C]	p_s [Pa]	p_d [Pa]
Raumluft	20,0	2340	1170
1 Zementestrich	18,3	2105	1170
2 Baufolie PE	18,0	2065	1167
3 Trittschalldämmung/Wärmedämm	18,0	2065	1101
4 Bitumenbahn	10,0	1228	1101
5 Stahlbeton	9,8	1211	442
6 Perimeterdämmung 040	9,3	1171	374
	-4,7	412	321
Außenluft	-5,0	401	321

Grenzschichttemperaturen T_{gr} mit $R_{si} = 0,25$, $R_{se} = 0,04$ und $R_T = 3,57$ m²K/W

Diffusionswiderstände

Schicht	μ_{min} [-]	μ_{max} [-]	$\mu_{min} \cdot s$ [m]	$\mu_{max} \cdot s$ [m]	s_d [m]
1 Zementestrich	15	35	0,90	2,10	-> 0,90
2 Baufolie PE	100000	100000	20,00	20,00	20,00
3 Trittschalldämmung/Wärmedämmu	1	1	0,04	0,04	0,04
4 Bitumenbahn	50000	50000	200,00	200,00	200,00
5 Stahlbeton	80	130	12,80	20,80	<- 20,80
6 Perimeterdämmung 040	80	200	6,40	16,00	<- 16,00
$\Sigma \mu \cdot s =$					257,74

Klimabedingter Feuchteschutz DIN 4108-3:2014

Vermeidung kritischer Feuchte auf Innenoberflächen (A.1)

Dampfteildruck der Raumluft $p_i = \phi_i \cdot p_{sat}(\theta_i) = 0,50 \cdot 2.337 = 1.168$ Pa (Gl.3)
erforderliche Mindestwärmedurchlasswiderstände

	$\phi_{si,cr}$	p_{sat} Pa	$\theta_{si}(p_{sat})$ °C	R m²K/W	ausrei- chend
vorhandene Werte	0,55	2.105	18,25	3,28	

Grenzwert für Tauwasserbildung	1,00	1.168	9,26	0,29	ja
Grenzwert für Schimmelpilzbildung	0,80	1.460	12,62	0,55	ja

mit $\phi_{si,cr}$ = kritischer / vorhandener Wert der relativen Luftfeuchte an der raumseitigen Bauteiloberfläche

$p_{sat} = p_i / \phi_{si,cr}$ = zugehöriger Sättigungsdampfdruck und $\theta_{si}(p_{sat})$ = zugehörige Oberflächentemperatur (Gl.3)

$R = R_{si} / (1 - f_{Rsi}) - R_{si} - R_{se}$ = erforderlicher / vorhandener Wärmedurchlasswiderstand (Gl.A.2 mit $R_{si} = 0,25 \text{ W/(m}^2\text{K)}$)

mit $f_{Rsi} = (\theta_{si} - \theta_e) / (\theta_i - \theta_e)$ = Temperaturfaktor der Bauteiloberfläche

Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen (A.2)

Keine Tauwasserbildung im Bauteil.

Diffusionsstromdichte = 0,002 g/m²h

Bauteil: IW-1 Innenwand im UG zu unbeheiztem Keller im Bestand

Die Innenwand im UG grenzt an den unbeheizten Keller unten dem Bestandsküchentrakt. Hier entsteht zwischen der neuen Innenwand und der bestehenden Wand des Kellers aus statischen Gründen eine Fuge von 7 cm, welche komplett mit Wärmedämmung verfüllt wird.

Bauteiltyp "Außenwand"

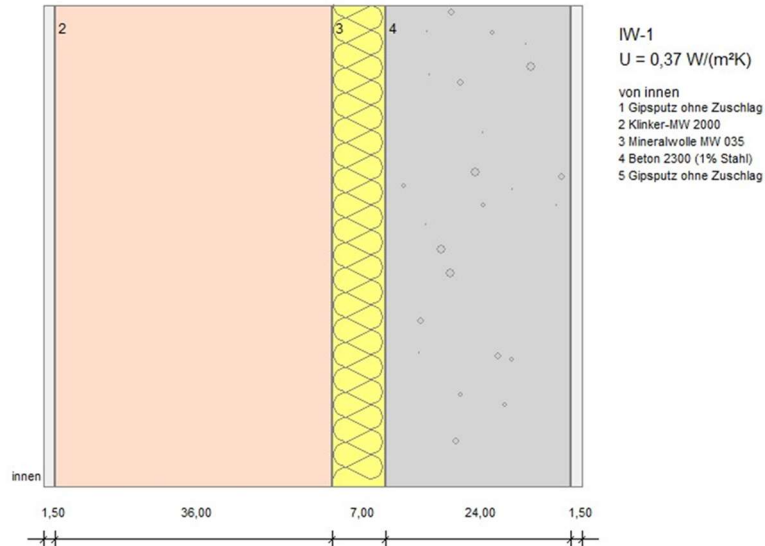
mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,13$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/ (mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,13
01 Gipsputz ohne Zuschlag	1,50	1200	18,0	0,510	0,03
02 Klinker-MW 2000	36,00	2000	720,0	0,960	0,38
03 Wärmedämmung 035	7,00	20	1,4	0,035	2,00
04 Beton 2300 (1% Stahl)	24,00	2300	552,0	2,300	0,10
05 Gipsputz ohne Zuschlag	1,50	1200	18,0	0,510	0,03
R_{se}					0,04
<hr/>					
	d = 70,00	G = 1309,4		$R_T =$	2,71

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,37 W/(m²K)** (ohne Korrekturen)



Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

Wände beheizter Räume zu nicht beheizten Räume (auch nicht beheizten Dach- oder Kellerräumen)
(DIN 4108-2:2013. Mindestanforderungen nach Tabelle 3.

R $2,54 \geq 1,20 \text{ m}^2\text{K/W}$ erfüllt die Anforderungen

U_{max} bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (EnEV 2014 Anl. 3)

Anforderung: Maßnahmen an Wänden gegen Erdreich oder zu unbeheizten Räumen in Gebäuden/Zonen mit $T_i \geq 19 \text{ °C}$, sofern die technisch mögliche Dämmschicht begrenzt ist: Einbau der höchstmöglichen Dämmschichtdicke der Wlf $0,035 \text{ W/(mK)}$. Bei Einblasdämmung oder Dämmstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen genügt Wlf $0,045$.

Bauteil: EW-1 Außenwand der Erweiterung gegen Erdreich

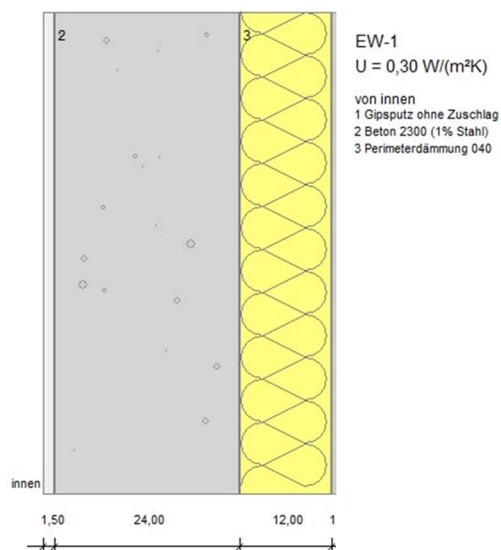
Bauteiltyp "Außenwand gegen Erdreich"
mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,13$ und $R_{se} = 0,00 \text{ m}^2\text{K/W}$

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m ³	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}				0,13
01 Gipsputz ohne Zuschlag	1,50	1200	0,510	0,03
02 Beton 2300 (1% Stahl)	24,00	2300	2,300	0,10
03 Perimeterdämmung 040	12,00	20	0,040	3,00
R_{se}				0,00
<hr/>				
	d = 39,00	G = 599,4	$R_T = 3,26$	

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,30 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)



Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

Wände beheizter Räume gegen Außenluft, Erdreich, Tiefgaragen (DIN 4108-2:2013).
Mindestanforderungen nach Tabelle 3.

R $3,15 \geq 1,20 \text{ m}^2\text{K/W}$ erfüllt die Anforderungen

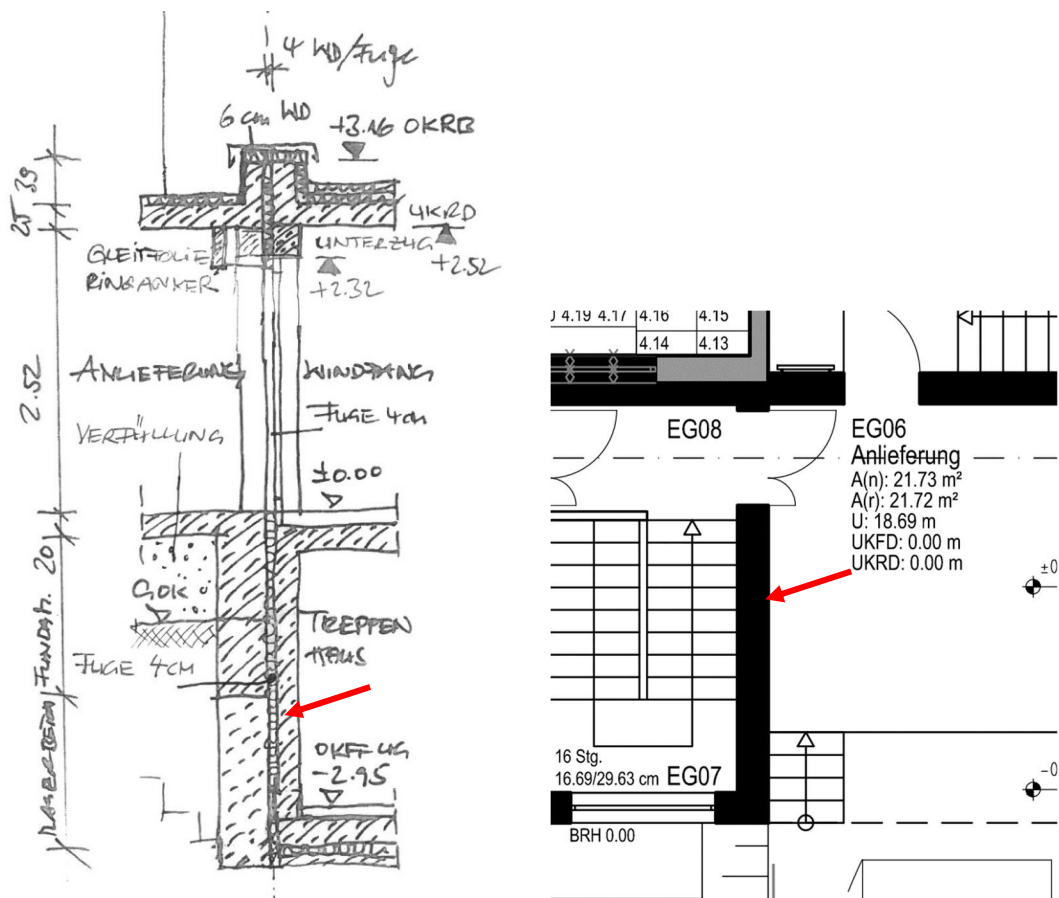
U_{\max} bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (EnEV 2014 Anl. 3)

Anforderung: Ersatz oder erstmaliger Einbau von Wänden gegen Erdreich oder zu unbeheizten Räumen (mit Ausnahme von Dachräumen) in Gebäuden/Zonen mit $T_i \geq 19 \text{ °C}$

U $0,30 \leq 0,30 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ erfüllt die Anforderungen

Bauteil: EW-2 Außenwand der Erweiterung zum Erdreich (Richtung Anlieferung)

Das niedrig beheizte Treppenhaus im UG der beheizten Erweiterung grenzt an die Außenwand der unbeheizten Anlieferung. Hier entsteht eine 4 cm dicke Fuge, welche gedämmt ausgeführt wird.



Darstellung der Gebäudefuge im Schnitt und im Grundriss

Bauteiltyp "Außenwand gegen Erdreich"
mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,13$ und $R_{se} = 0,00 \text{ m}^2\text{K/W}$

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,13
01 Gipsputz ohne Zuschlag	1,50	1200	18,0	0,510	0,03
02 Beton 2300 (1% Stahl)	24,00	2300	552,0	2,300	0,10
03 Wärmedämmung 035	4,00	20	0,8	0,035	1,14
04 Beton 2300 (1% Stahl)	16,00	2300	368,0	2,300	0,07
R_{se}					0,00
d =	45,50	G =	938,8	$R_T =$	1,48

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,68 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

Wände beheizter Räume gegen Außenluft, Erdreich, Tiefgaragen in Gebäuden mit niedrigen Innentemperaturen (DIN 4108-2:2013. Mindestanforderungen nach Tabelle 3.

$R \quad 1,35 \geq 0,55 \quad \text{m}^2\text{K/W}$ erfüllt die Anforderungen

U_{\max} bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (EnEV 2014 Anl. 3)

Anforderung: keine bei Ersatz oder erstmaliger Einbau der Wände in Zonen von NWG mit $T_i < 19^\circ\text{C}$ gegen Erdreich oder zu unbeheizten Räumen (mit Ausnahme von Dachräumen).

Bauteil: DE-1 Geschossdecke Altbau

Die vorhandene Zwischensparrendämmung wird erneuert.

Bauteiltyp "Decke unter Dachräumen"
mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,10$ und $R_{se} = 0,10 \text{ m}^2\text{K/W}$

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,10
01 Gipskartonplatten nach DIN 18180	1,25	800	10,0	0,250	0,05
02 Dampfbremse 30m	0,03	-	-	-	-
03 Mineralwolle MW 035	18,00	20	3,6	0,035	5,14
04 OSB-Platten	2,00	650	13,0	0,130	0,15
R_{se}					0,10
<hr/>					
	d = 21,28	G =	26,6	$R_T =$	5,55

$$U_{\text{Gefach}} = 0,18 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Rahmenbereich

Rahmenbreite	Achsabstand	zusammengesetztes Bauteil			
10,0 cm	80,0 cm	12,5 %	39,6 kg/m ²		
Rahmenanteil von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,10
01 Gipskartonplatten nach DIN 18180	1,25	800	10,0	0,250	0,05
02 Dampfbremse 30m	0,03	-	-	-	-
03 Sparren 180 mm	18,00	600	108,0	0,130	1,38
04 OSB-Platten	2,00	650	13,0	0,130	0,15
R_{se}					0,10
<hr/>					
	21,28		131,0	$R_T =$	1,79

$$U_{(R)} = 0,56 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

$$R'_T = 1 / (87,50\% \cdot 1/5,547 + 12,50\% \cdot 1/1,788) = 4,39 \text{ m}^2\text{K/W}$$

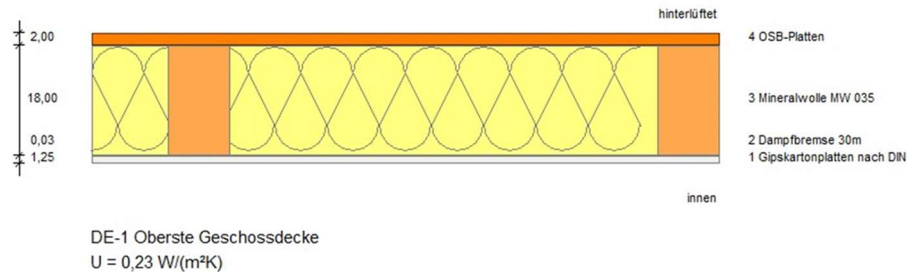
$$R''_T = 0,10 + 1/(0,875/0,050 + 0,125/0,050) + 1/(0,875/5,143 + 0,125/1,385) +$$

$$1/(0,875/0,154 + 0,125/0,154) + 0,10 = 4,24 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_T = (R'_T + R''_T)/2 = 4,32 \text{ m}^2\text{K/W (maximaler Fehler} = R'_T - R''_T / 2 \cdot R_T = 2\%)$$

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,23 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)



Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

Decken zu nicht beheizten Räumen, zu bekriechbaren oder noch niedrigeren Räumen (DIN 4108-2:2013. Erhöhte Anforderungen für leichte Bauteile mit einer flächenbezogenen Gesamtmasse $< 100 \text{ kg/m}^2$

$R_{(G)} \quad 5,35 \geq 1,75 \quad \text{m}^2\text{K/W} \quad \text{erfüllt die Anforderungen}$
 $R \quad 4,12 \geq 1,00 \quad \text{m}^2\text{K/W} \quad \text{erfüllt die Anforderungen}$

U_{\max} bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (EnEV 2014 Anl. 3)

Anforderung: Aufbringung/Erneuerung von Bekleidungen oder Verschalungen oder Dämmschichten an der kalten Seite bei Decken zum unbeheizten Dachraum (oberste Geschossdecke) in Gebäuden/Zonen mit $T_i \geq 19 \text{ }^\circ\text{C}$

$U \quad 0,23 \leq 0,24 \quad \text{W/(m}^2\text{K)} \quad \text{erfüllt die Anforderungen}$

Temperaturverlauf und Diffusionsberechnung

Klimabedingungen Regelklima DIN 4108-3:2014

Tauperiode	Außenklima	-5,0 °C	$\phi = 80 \%$
2160 Stunden	Innenklima	20,0 °C	$\phi = 50 \%$
Verdunstungsperiode	$p_{d,i} / p_{d,a}$	1200 Pa Dampfteildruck	
2160 Stunden	p_s	1700 Pa Sättigungsdampfdruck	
Wärmeübergangswiderstände	R_{si}	0,25 m²K/W	
	R_{se}	0,04 m²K/W	

Grenzschichttemperaturen und Sättigungsdampfdrücke

von innen vor der Schichtgrenze	Tauperiode $T_{gr} \text{ [}^\circ\text{C]}$	$p_s \text{ [Pa]}$	$p_d \text{ [Pa]}$
Raumluft	20,0	2340	1170
1 Gipskartonplatten nach DIN 1	18,9	2185	1170
2 Dampfbremse 30m	18,7	2158	1169
3 Mineralwolle MW 035	18,7	2158	353
4 OSB-Platten	-4,1	433	348
	-4,8	408	321
Außenluft	-5,0	401	321

Grenzschichttemperaturen T_{gr} mit $R_{si} = 0,25$, $R_{se} = 0,04$ und $R_T = 5,64 \text{ m}^2\text{K/W}$

Diffusionswiderstände

Schicht	μ_{\min} [-]	μ_{\max} [-]	$\mu_{\min} \cdot s$ [m]	$\mu_{\max} \cdot s$ [m]	s_d [m]
1 Gipskartonplatten nach DIN 18	4	10	0,05	0,13	-> 0,05
2 Dampfbremse 30m	-	-	30,00	30,00	30,00
3 Mineralwolle MW 035	1	1	0,18	0,18	0,18
4 OSB-Platten	30	50	0,60	1,00	<- 1,00
$\Sigma \mu \cdot s =$					31,23

Klimabedingter Feuchteschutz DIN 4108-3:2014

Vermeidung kritischer Feuchte auf Innenoberflächen (A.1)

Dampfdruck der Raumluft $p_i = \phi_i \cdot p_{\text{sat}}(\theta_i) = 0,50 \cdot 2.337 = 1.168 \text{ Pa}$ (Gl.3)

erforderliche Mindestwärmedurchlasswiderstände

	$\phi_{\text{si, cr}}$	p_{sat} Pa	$\theta_{\text{si}}(p_{\text{sat}})$ °C	R m²K/W	ausreichend
vorhandene Werte	0,53	2.185	18,89	5,35	
Grenzwert für Tauwasserbildung	1,00	1.169	9,27	0,29	ja
Grenzwert für Schimmelpilzbildung	0,80	1.461	12,62	0,56	ja

mit $\phi_{\text{si, cr}}$ = kritischer / vorhandener Wert der relativen Luftfeuchte an der raumseitigen Bauteiloberfläche

$p_{\text{sat}} = p_i / \phi_{\text{si, cr}}$ = zugehöriger Sättigungsdampfdruck und $\theta_{\text{si}}(p_{\text{sat}})$ = zugehörige Oberflächentemperatur (Gl.3)

$R = R_{\text{si}} / (1 - f_{\text{Rsi}}) - R_{\text{si}} - R_{\text{se}}$ = erforderlicher / vorhandener Wärmedurchlasswiderstand (Gl.A.2 mit $R_{\text{si}} = 0,25 \text{ W/(m²K)}$)

mit $f_{\text{Rsi}} = (\theta_{\text{si}} - \theta_e) / (\theta_i - \theta_e)$ = Temperaturfaktor der Bauteiloberfläche

Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen (A.2)

Keine Tauwasserbildung im Bauteil.

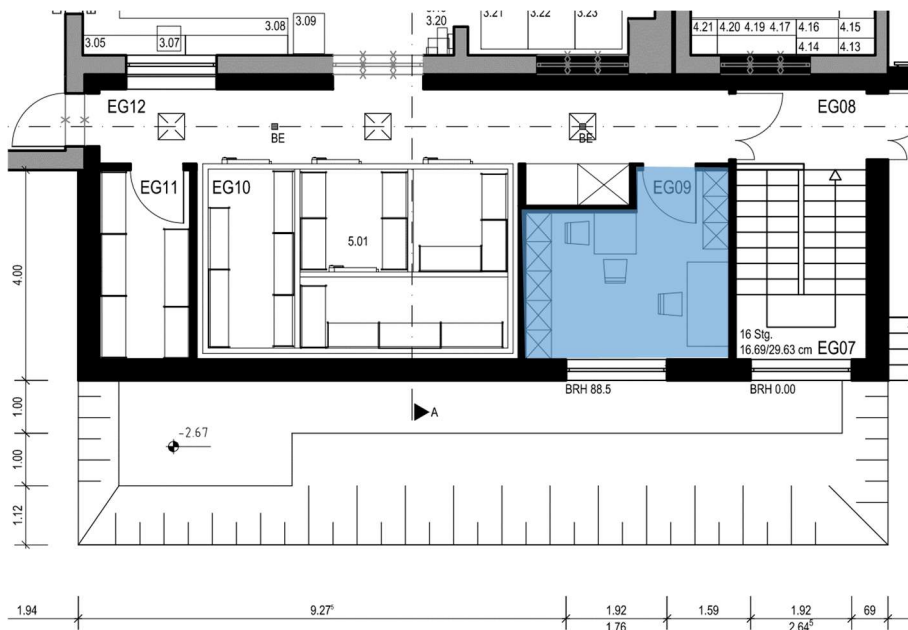
Diffusionsstromdichte = 0,018 g/m²h

Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes nach DIN 4108-2:2013

Nachweis für Raum / Raumgruppe Aufenthalt im EG

Der Nachweis erfolgt für den Raum Büro im EG.

mit der Nettogrundfläche $A_G = 12 = 12,00 \text{ m}^2$



Ein rechnerischer Nachweis ist erforderlich.

vorhandener Sonneneintragskennwert

Fensterflächen	Orientierung / Neigung	A_w [m ²]	g [%]	F_c	$A_w * g * F_c$
1 FE-1 W	West 90°	3,38	38	0,35	0,45
2					
3,4 m ²					0,45

eingesetzte Sonnenschutzvorrichtungen:

$F_c = 0,35$ Sonnenschutzglas $g \leq 0,38$ (Sonnenschutzglas + Fensterläden / Rollläden 3/4tel geschlossen)

grundflächenbezogener Fensterflächenanteil = $3,38 / 12,00 = 0,28$ (28%)

vorh. Sonneneintragskennwert $S_{\text{vorh}} = (\sum A_{w,i} * g_i * F_{c,i}) / A_G = 0,45 / 12,00 = \mathbf{0,037}$

zulässiger Sonneneintragskennwert

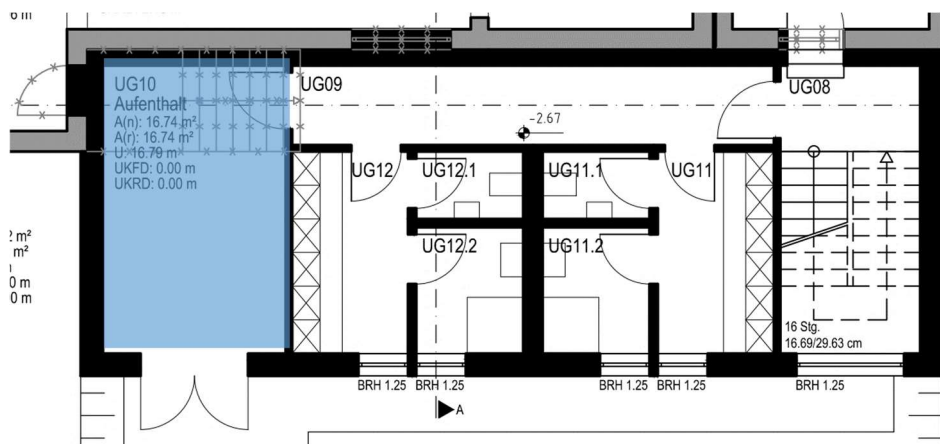
Klimaregion	C sommerheiß
Gebäudenutzung	Nichtwohngebäude
Bauart	schwer
Nachtlüftung	ohne
Sonneneintragskennwert S_1	+0,011

Korrekturen	
für Fensterflächenanteil	-0,002 ($f_{WG} = 0,28$)
für Sonnenschutzverglasung	+0,030
für geneigte Fenster	-0,000
für nordorientierte Fenster >60°	-0,000
für passive Kühlung	-
Sonneneintragskennwert S_+	+0,028

$S_{vorh} = 0,037 \leq 0,039 = S_{zul} (= 0,011 + 0,028)$ Nachweis erbracht

Nachweis für Raum / Raumgruppe Aufenthalt im UG

Der Nachweis erfolgt für den Raum Aufenthalt im UG. Hier wird zur Verminderung der Sonneneinstrahlung ein Türelement oapk ausgeführt. Das andere, transparente Türelement erhält eine Sonnenschutzverglasung mit einem **g-Wert** $\leq 0,39$. Es ist kein außenliegender oder innenliegender Sonnenschutz zusätzlich notwendig.



Nachweis für Raum / Raumgruppe Aufenthalt UG
mit der Nettogrundfläche $A_G = 16,80 \text{ m}^2$

Ein rechnerischer Nachweis ist erforderlich

vorhandener Sonneneintragskennwert

Fensterflächen	Orientierung / Neigung	$A_w [\text{m}^2]$	g [%]	F_C	$A_w * g * F_C$
1 TAT-1 W	West 90°	2,05	39	1,00	0,80
2					
2,0 m²					0,80

grundflächenbezogener Fensterflächenanteil = $2,05 / 16,80 = 0,12$ (12%)

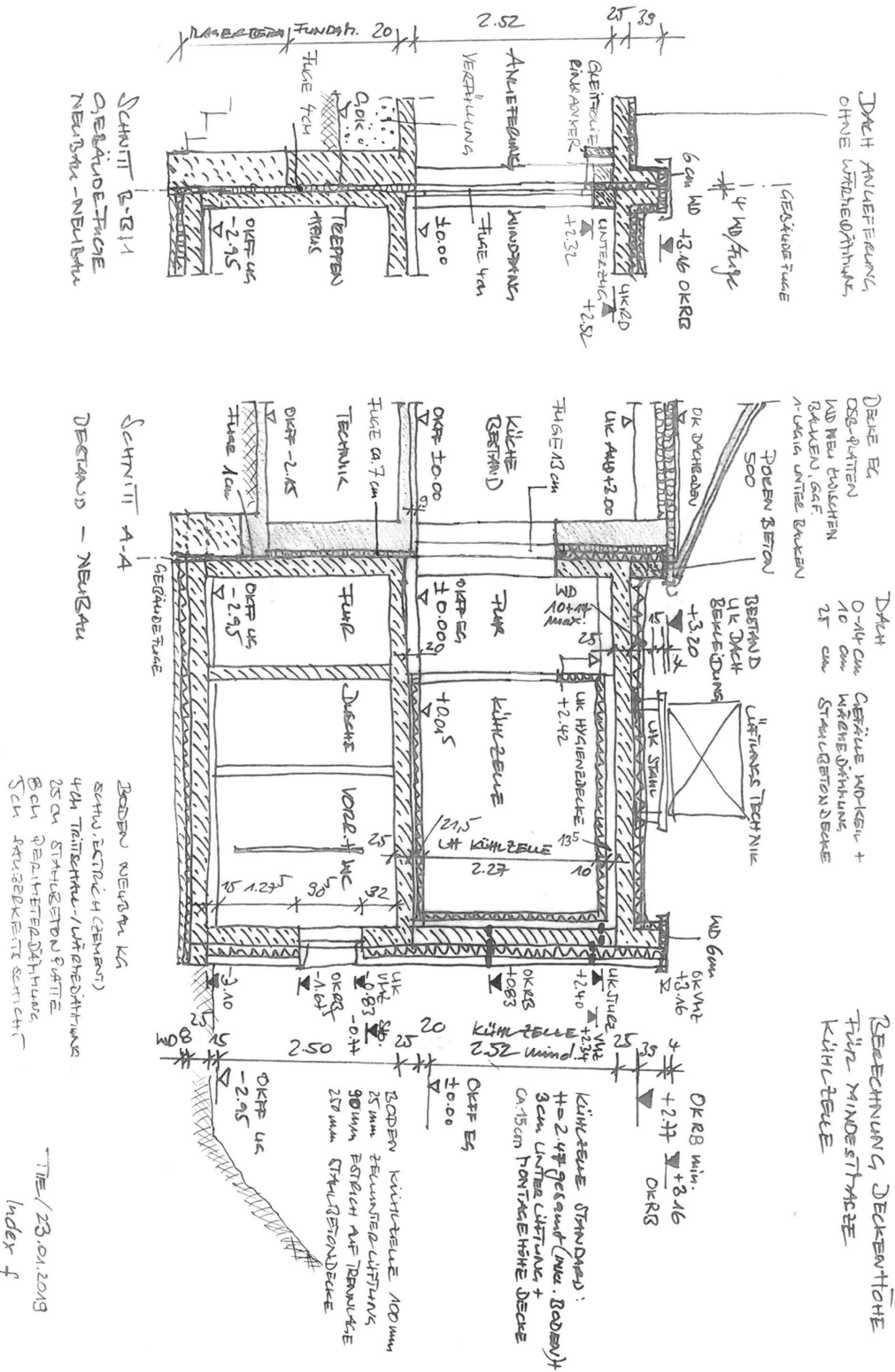
vorh. Sonneneintragskennwert $S_{\text{vorh}} = (\sum A_{w,i} * g_i * F_{c,i}) / A_G = 0,80 / 16,80 = \mathbf{0,048}$

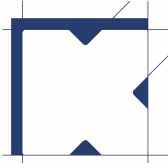
zulässiger Sonneneintragskennwert

Klimaregion	C sommerheiß
Gebäudenutzung	Nichtwohngebäude
Bauart	schwer
Nachtlüftung	ohne
Sonneneintragskennwert S_1	+0,011

Korrekturen	
für Fensterflächenanteil	+0,016 ($f_{WG} = 0,12$)
für Sonnenschutzverglasung	+0,030
für geneigte Fenster	-0,000
für nordorientierte Fenster >60°	-0,000
für passive Kühlung	-
Sonneneintragskennwert S_+	+0,046

Anhang





KRÄTZIG & PARTNER
Ingenieurgesellschaft für Bautechnik mbH

Projekt SW 08/18:
Anbau/Modernisierung Küche
Bromberger Straße 4-6

Seite: 30

Datum: 11.02.2019

