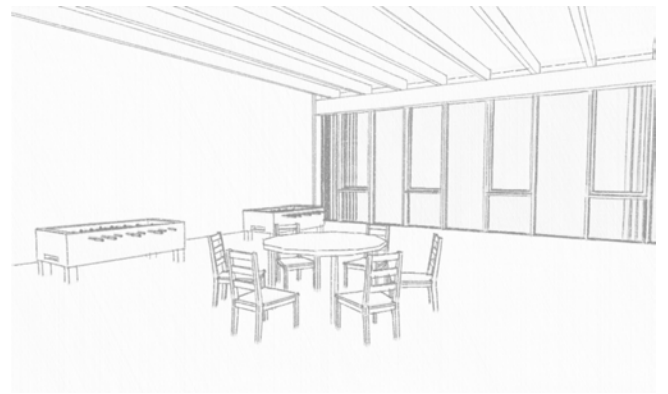
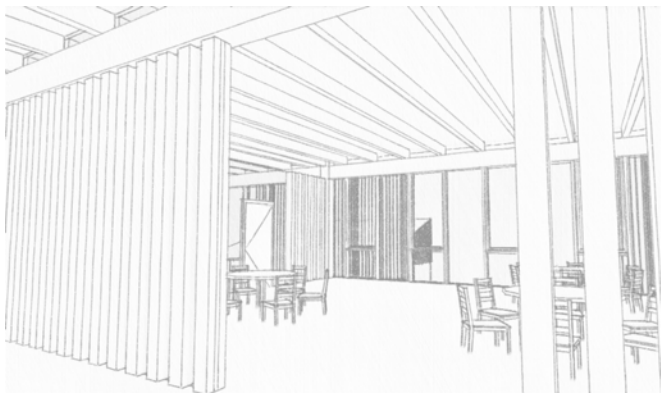
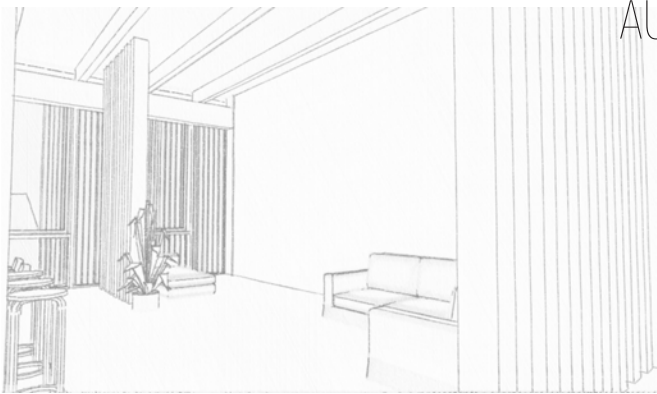


# BROSCHÜRE

ENERGETISCHE SANIERUNG  
BLÉRIOT - GRUNDSCHULE  
AUGSBURG



# INHALTSVERZEICHNIS

## 1

### BAUKONSTRUKTION NACH DER SANIERUNG

- 1.1 Sanierungskonzept
  - 1.1.1 Fassade
  - 1.1.2 Grundriss
  - 1.1.3 Grundrisse - Bestandsgeschosse
  - 1.1.4 Dach
- 1.2 Flächenbezogene Kennzahlen
- 1.3 Bauteilaufbau und U-Wert Berechnung

## 2

### GEBÄUDETECHNIK NACH DER SANIERUNG

- 2.1 Berechnung der Lüftungsanlage
- 2.2 Photovoltaik - Anlage
- 2.3 Trinkwarmwasser
- 2.4 Vergleich von drei Wärmeerzeugereinheiten

## 3

### BERECHNUNGEN NACH DER SANIERUNG

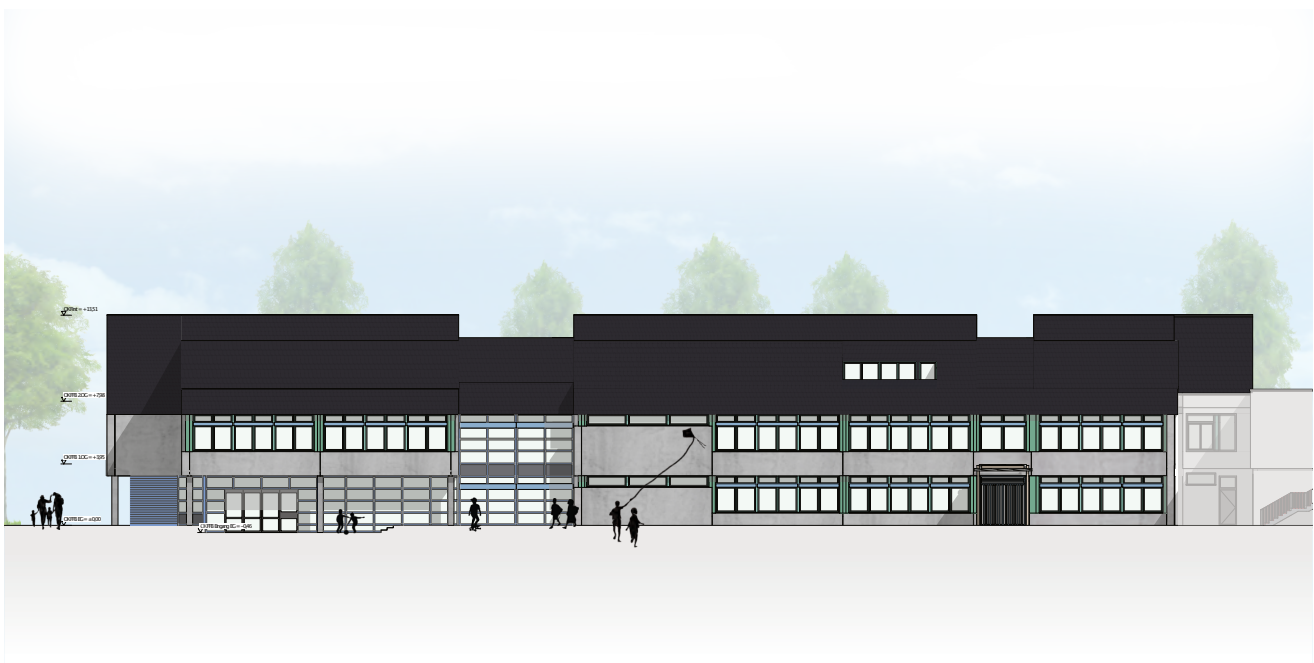
- 3.1 Thermische Hülle
- 3.2 Transmissionswärmeverluste
- 3.3 Zonierung
- 3.4 Bilanzierung
- 3.5 Wärmebrückenberechnung
- 3.6 Heizlastberechnung
- 3.7 Sommerlicher Wärmeschutz

# 1 BAUKONSTRUKTION NACH DER SANIERUNG

# 1 BAUKONSTRUKTION

## 1.1 Sanierungskonzept

Ansicht Bestand (maßstabslos)



Ansicht Sanierung (maßstabslos)



# 1 BAUKONSTRUKTION

## 1.1 Sanierungskonzept

### 1.1.1 Fassade

Mit der energetischen Sanierung der Blériot-Grundschule geht ein neues Fassadenkonzept einher. Die vorgesetzte Betonfassade wirkt hart, kühl und sehr abweisend.

Um diese Gefühlsregungen zu unterbrechen werden die Betonfertigteilvorsatzschalen sowie die vorhandene Dämmung abgerissen und durch vorgefertigte Holzmodule mit einer Holzverschalung ersetzt. Diese wirkt einladend, freundlich und warm.

Durch die Schiebeläden im Erdgeschoss sowie dem ersten Obergeschoss und den Falt-Schiebeläden im Dachgeschoss erhält die Fassade eine gewollte Unordnung. Dadurch ist die Fassade nicht statisch, sondern ständig in Bewegung und erzeugt Tag ein - Tag aus ein eigens kreiertes Design.

Die im Erdgeschoss sowie erstem Obergeschoss angeordneten Schiebeläden haben eine verdeckte Schienenführung. Zu jedem Fenster gehört ein eigener Schiebeladen.

Das Dachgeschoss besticht durch die Pfosten-Riegel-Fassade sowie die Auskragung im Bereich der Treppen. Somit scheint es, als würde das Dachgeschoss als eigenes Element auf das Bestandsgebäude gesetzt werden. Durch die vollständige Verglasung hebt sich dieses Geschoss optisch von den anderen ab. Gleichzeitig wird das 1 - Meter - Raster der Fassade aufgegriffen. Der Wechsel in den unteren Geschossen - Fenster - Außenwand - wird im Dachgeschoss weitergeführt. Jedoch anstelle der Außenwand ist eine Festverglasung angeordnet. Somit entsteht ein harmonisches Gesamtbild.

### 1.1.2 Grundriss

Das Dachgeschoss besticht durch einen offenen und teilweise flexiblen Grundriss. In den offenen Lernbereichen, welche durch nichttragende Holzstützen räumlich separiert werden, sollen die Schulkinder eigenverantwortliches Arbeiten lernen. Dort können sie als eine kleine Gruppe gemeinsam Aufgaben lösen. In den Bereichen der Treppenhäuser sind Aufenthaltsbereiche für die Kinder angeordnet. Bei schlechtem Wetter können sie dort die Pausen verbringen, haben durch die vollflächige Verglasung aber gleichermaßen einen Außenraumbezug.

Im Süden ist ein großer Raum für die Hausaufgabenbetreuung angeordnet, welcher durch eine mobile Trennwand jederzeit verkleinert und abgetrennt werden kann. Gegenüber befindet sich ein großer Raum für den Musikunterricht sowie Theaterkurs. Dieser Raum kann somit als Vorstellungsraum dienen, in welchem die Schulkinder ihren Eltern und Verwandten das einstudierte Theaterstück präsentieren.

Gegenüber dem Sanitärkern wurde ein Computerraum vorgesehen, um die Kinder bereits früh mit den Gefahren und der Nutzung des Internets sensibilisiert werden. Es ist wichtig sie frühzeitig darauf aufmerksam zu machen.

Die nach Osten und Westen orientierten Räume sind zum gemeinsamen Flur hin durch Fensterelemente unterbrochen, sodass neben einer Sichtbeziehung auch das Tageslicht durch den Raum in den Flur fällt, wodurch dieser auch natürliches Licht erhält.

Die Hausmeisterwohnung, welche sich im Dachgeschoss befindet, wird im neuen Konzept abgerissen und in den nördlichen Bereich des Geschosses verschoben. Durch einen kleinen Flur ist der Zugang zu der Wohnung optisch von den Räumlichkeiten der Grundschule getrennt, wodurch der Zugang zu der Wohnung behaglicher und privater ausfällt. Die neue Hausmeisterwohnung verfügt über einen offenen und großen Küche / Essen / Wohnen - Bereich mit Zugang auf den Balkon. Außerdem gibt es neben dem Elternschlafzimmer zwei weitere Zimmer für Kinder oder als Büro, sowie einem Bad, einem Gäste-WC und einer Abstellkammer, in welcher sich das Lüftungsgerät sowie die Wohnungsstation befinden.

Angrenzend an die Wohnung befindet sich ein Technikraum, in welchen die Technik für die PV-Anlage angeordnet wird. Zudem kann dieser Raum auch als kleine Werkstatt für den Hausmeister dienen.

# 1 BAUKONSTRUKTION

## 1.1 Sanierungskonzept

### 1.1.3 Grundrisse - Bestandsgeschosse

Während im Erdgeschoss der Grundriss überarbeitet wurde, ergaben sich im ersten Obergeschoss nur minimale Änderungen. Es werden entlang der zum Flur liegenden Innenwände Einbauschränke vorgesehen, die einen großen Stauraum bieten. Zudem werden diese bündig mit der Tür eingelassen. Im oberen Bereich befindet sich außerdem eine Abhangdecke, welche ebenfalls bündig mit der Klassenzimmertür ist. In diesem Bereich sind die Auslässe der Lüftungsanlage platziert. Über dem Waschbecken befindet sich der Auslass für die Abluft, während im Bereich der Pulte der Kinder der Auslass für die frische Zuluft angeordnet ist.

Die große Treppe im südlichen Teil des Gebäudes wird abgebrochen und durch eine gegenläufige U - Treppe mit Halbpodest sowie einem Aufzug in der Mitte ersetzt. Somit wird die Barrierefreiheit gewährleistet.

Im Erdgeschoss ergeben sich größere Änderungen. Im Eingangsbereich wird die Treppe abgebrochen und durch Sitzstufen in einer geradlinigen Form ersetzt. Zudem wird eine Rampe angeordnet, sodass die Barrierefreiheit weiterhin gewährleistet wird.

Das Büro des Direktors, des Konrektors, des Sekretariat sowie das Lehrerzimmer werden räumlich vergrößert, indem die Wände abgebrochen und auf die Achse der Betonstützen erweitert werden. Auch diese Räume erhalten einen Sichtbezug zu der Eingangshalle, indem die Trennwand aus Glas mit Holzstäben gesäumt ist.

Weiterhin wird das Lehrer-WC abgebrochen und somit Platz geschaffen für ein Behinderten WC.

Das Silentium gegenüber dem Sanitärkern wird erweitert. Durch Holzstäbe erfährt der Raum eine gewisse Trennung. Das angrenzende Klassenzimmer wird zur Leseinsel umfunktioniert, sodass Raum für eine Küche samt Sitzbereich geschaffen wird. Die Überdachung von der Schule zu der Turnhalle wird abgebrochen und durch eine großflächige Überdachung ersetzt, dadurch wird ein überdachter Bereich geschaffen, welcher zum Essen außerhalb des Gebäudes sowie zum Spielen bei schlechten Wetter einlädt. Durch Polycarbonat-Stegplatten ist das Dach weiterhin transluzent, wodurch die Sonne den Bereich und somit den dahinterliegenden Innenraum weiterhin mit Licht versorgt.

In dem Bereich des unbeheizten Raumes der Unterkellerung wird die Kellerdecke unterseitig gedämmt. Außerdem werden die Trennwände der Klassenzimmer zum Flur auch mit einer Dämmung versehen.

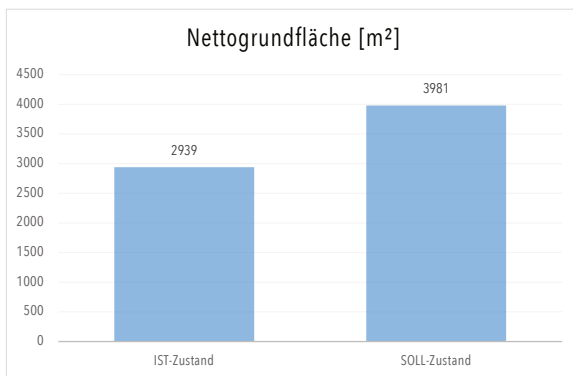
### 1.1.4 Dach

Das bestehende Dach der Grundschule wird abgerissen, da im Dachgeschoss zusätzlicher Raum geschaffen werden soll. Ausgehend von der Vorgabe, die Klimaneutralität zu erreichen, wird ein Flachdach angeordnet. Um hinsichtlich der Ökobilanz und der Nachhaltigkeit zu argumentieren, wird das Flachdach als Gründach mit extensiver Begrünung ausgeführt. Durch das Aufständern sowie durch das Gründach werden die PV-Module gut belüftet, wodurch deren Ertrag erhöht wird. Der Neigungswinkel der Module von 30° bedingt einen maximalen Ertrag.

# 1 BAUKONSTRUKTION

## 1.2 Flächenbezogene Kennzahlen

	Bestand	Sanierung
Nettogrundfläche AN:	2.939 m <sup>2</sup>	3.981 m <sup>2</sup>
Beheiztes Gebäudevolumen Ve:	3.925 m <sup>3</sup>	5.483 m <sup>3</sup>
Hüllfläche A:	12.107 m <sup>2</sup>	18.836 m <sup>2</sup>
Fensterfläche:	864 m <sup>2</sup>	1.134 m <sup>2</sup>
Fassadenfläche:	1.823 m <sup>2</sup>	2.210 m <sup>2</sup>
Fensterflächenanteil in Fassade:	0,47	0,51
Fensterflächenanteil bezogen auf AN:	0,29	0,28
A/Ve - Verhältnis:	0,32	0,29

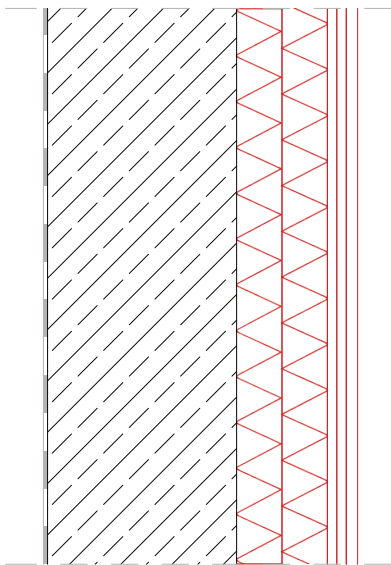


# 1 BAUKONSTRUKTION

## 1.3 Bauteilaufbau und U-Wert Berechnung

Im Nachfolgenden werden die Aufbauten der außenraumberührten Bauteile sowie die Berechnungen der Wärmedurchgangskoeffizienten dieser Bauteile aufgeführt.

Dabei wird farblich der Bestand (grau / schwarz) von den neuen Schichten (rot) unterschieden.



DETAIL M 1:10

### Kellerwand gegen Erdreich

#### Abdichtung

Stahlbeton	d= 0,25 m	$\lambda = 2,3$ W/mK	R= 0,109 m <sup>2</sup> K/W
Vakuumdämmung	d= 0,06 m	$\lambda = 0,007$ W/mK	R= 8,571 m <sup>2</sup> K/W
Holzweichfaser/	d= 0,06 m	$\lambda = 0,04$ W/mK	R= 1,500 m <sup>2</sup> K/W
U-Profil	d= 0,06 m	$\lambda = 50,0$ W/mK	R= 0,0012 m <sup>2</sup> K/W
Gipskarton 2-lagig	d= 0,025 m	$\lambda = 0,25$ W/mK	R= 0,100 m <sup>2</sup> K/W
Putz			

$$R_{Si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{se} = 0,00 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\text{Gefach: } 0,6244 \text{ m} / 0,625 \text{ m} = 0,99904 \text{ (100\%)}$$

$$\text{Ständer: } 0,0006 \text{ m} / 0,625 \text{ m} = 0,00096 \text{ (0\%)}$$

$$R_{TG} = 0,13 + 0,00 + 0,109 + 8,571 + 1,500 + 0,100 = 10,410 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U_{TG} = 0,096 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$R_{TS} = 0,13 + 0,00 + 0,109 + 8,571 + 0,001 + 0,100 = 8,911 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U_{TS} = 0,112 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U' = f_G \cdot U_G + f_S \cdot U_S = 1,00 \cdot 0,096 + 0,00 \cdot 0,112 = 0,096 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$R_T = 1/0,096 = 10,408 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\lambda' = \lambda_G \cdot f_G + \lambda_S \cdot f_S = 0,04 \cdot 1,0 + 50 \cdot 0,00 = 0,088 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R = 0,06 / 0,088 = 0,682 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{T'} = 0,13 + 0,00 + 0,109 + 8,571 + 0,682 + 0,100 = 9,592 \text{ m}^2\text{K/W}$$

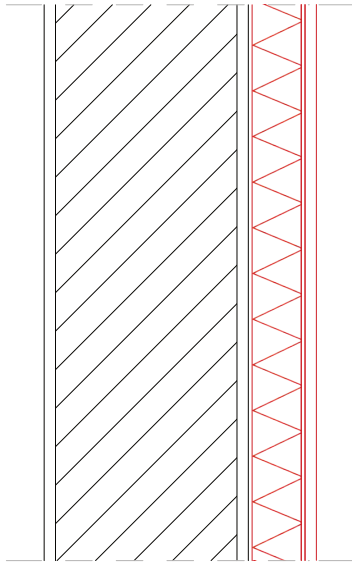
$$R_T = (R_T + R_{T'}) / 2 = (10,408 + 9,592) / 2 = 10,000 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 0,100 \text{ W/m}^2\text{K}$$



# 1 BAUKONSTRUKTION

## 1.3 Bauteilaufbau und U-Wert Berechnung



DETAIL M 1:10

### 24cm Innenwand gegen unbeheizt

Putz	d= 0,015 m	$\lambda = 1,0$ W/mK
Mauerwerk	d= 0,24 m	$\lambda = 0,6$ W/mK
Putz	d= 0,015 m	$\lambda = 1,0$ W/mK
Holzwohle-Mehrschichtplatte	d= 0,005 m	$\lambda = 0,11$ W/mK
Polystyrolkern	d= 0,065 m	$\lambda = 0,032$ W/mK
Holzwohle-Mehrschichtplatte	d= 0,005 m	$\lambda = 0,11$ W/mK
Putz		

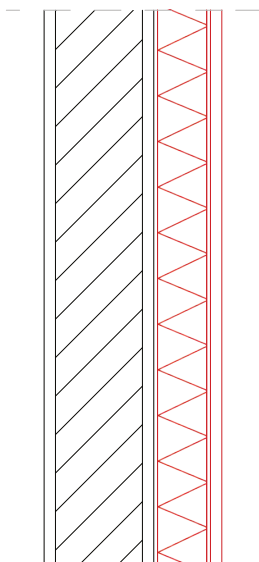
$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{se} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_T = (0,015 / 1) + (0,24 / 0,6) + (0,015 / 1) + (0,005 / 0,11) + (0,065 / 0,032) + (0,005 / 0,11) + 0,13 + 0,13 [\text{m}^2\text{K/W}]$$

$$R_T = 2,812 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 0,356 \text{ W/m}^2\text{K}$$



DETAIL M 1:10

### 11,5cm Innenwand gegen unbeheizt

Putz	d= 0,015 m	$\lambda = 1,0$ W/mK
Mauerwerk	d= 0,115 m	$\lambda = 0,6$ W/mK
Putz	d= 0,015 m	$\lambda = 1,0$ W/mK
Holzwohle-Mehrschichtplatte	d= 0,005 m	$\lambda = 0,11$ W/mK
Polystyrolkern	d= 0,065 m	$\lambda = 0,032$ W/mK
Holzwohle-Mehrschichtplatte	d= 0,005 m	$\lambda = 0,11$ W/mK
Putz		

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{se} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

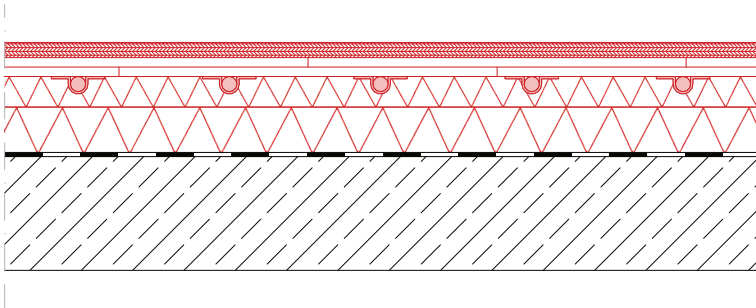
$$R_T = (0,015 / 1) + (0,115 / 0,6) + (0,015 / 1) + (0,005 / 0,11) + (0,065 / 0,032) + (0,005 / 0,11) + 0,13 + 0,13 [\text{m}^2\text{K/W}]$$

$$R_T = 2,604 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 0,384 \text{ W/m}^2\text{K}$$

# 1 BAUKONSTRUKTION

## 1.3 Bauteilaufbau und U-Wert Berechnung



DETAIL M 1:10

### Kellerboden gegen Erdreich

Parkett	d= 0,02 m	$\lambda = 0,13$ W/mK
Trockenestrich	d= 0,0125 m	$\lambda = 0,32$ W/mK
Trockenestrich	d= 0,0125 m	$\lambda = 0,32$ W/mK
EPS mit Fußboden- heizungssystem	d= 0,04 m	$\lambda = 0,035$ W/mK
Vakuumdämmung	d= 0,06 m	$\lambda = 0,007$ W/mK
Abdichtung		
Stahlbeton	d= 0,15 m	$\lambda = 2,3$ W/mK

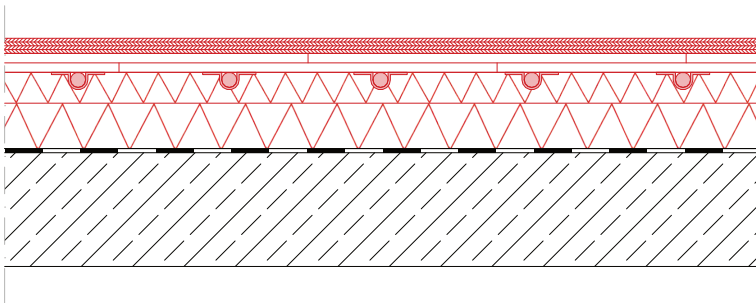
$$R_{si} = 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{se} = 0,00 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_T = (0,02 / 0,13) + (0,0125 / 0,32) + (0,0125 / 0,32) + (0,04 / 0,035) + (0,06 / 0,007) + (0,15 / 2,3) + 0,17 + 0,00 \text{ [m}^2\text{K/W]}$$

$$R_T = 10,181 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 0,098 \text{ W/m}^2\text{K}$$



DETAIL M 1:10

### Erdgeschossboden gegen Erdreich

Parkett	d= 0,02 m	$\lambda = 0,13$ W/mK
Trockenestrich	d= 0,0125 m	$\lambda = 0,32$ W/mK
Trockenestrich	d= 0,0125 m	$\lambda = 0,32$ W/mK
EPS mit Fußboden- heizungssystem	d= 0,04 m	$\lambda = 0,035$ W/mK
Vakuumdämmung	d= 0,06 m	$\lambda = 0,007$ W/mK
Abdichtung		
Stahlbeton	d= 0,15 m	$\lambda = 2,3$ W/mK

$$R_{si} = 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{se} = 0,00 \text{ m}^2\text{K/W}$$

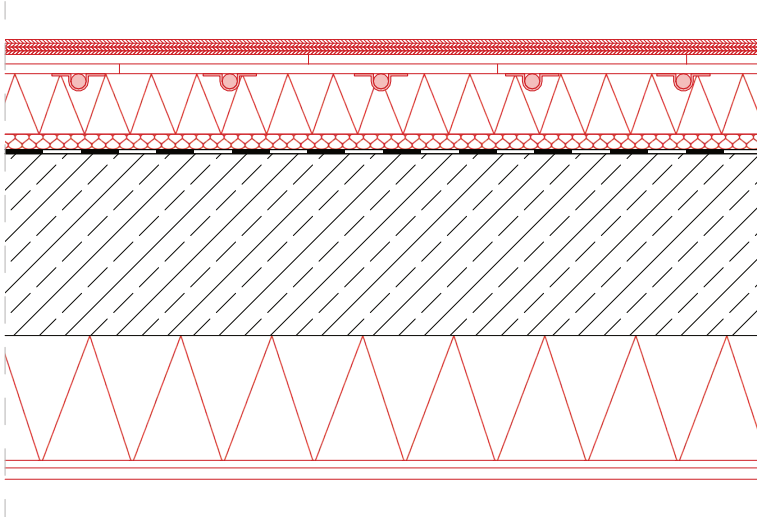
$$R_T = (0,02 / 0,13) + (0,0125 / 0,32) + (0,0125 / 0,32) + (0,04 / 0,035) + (0,06 / 0,007) + (0,15 / 2,3) + 0,17 + 0,00 \text{ [m}^2\text{K/W]}$$

$$R_T = 10,181 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 0,098 \text{ W/m}^2\text{K}$$

# 1 BAUKONSTRUKTION

## 1.3 Bauteilaufbau und U-Wert Berechnung



DETAIL M 1:10

Boden gegen unbeheizt

Parkett	d= 0,02 m	$\lambda = 0,13$ W/mK
Trockenestrich	d= 0,0125 m	$\lambda = 0,32$ W/mK
Trockenestrich	d= 0,0125 m	$\lambda = 0,32$ W/mK
EPS mit Fußboden- heizungssystem	d= 0,08 m	$\lambda = 0,035$ W/mK
Trittschalldämmung	d= 0,02 m	$\lambda = 0,035$ W/mK
Abdichtung		
Stahlbeton	d= 0,24 m	$\lambda = 2,3$ W/mK
Polystyrolkern	d= 0,165 m	$\lambda = 0,032$ W/mK
Holzwolle-Mehrschichtplatte	d= 0,010 m	$\lambda = 0,01$ W/mK
Putz		

$$R_{si} = 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{se} = 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$$

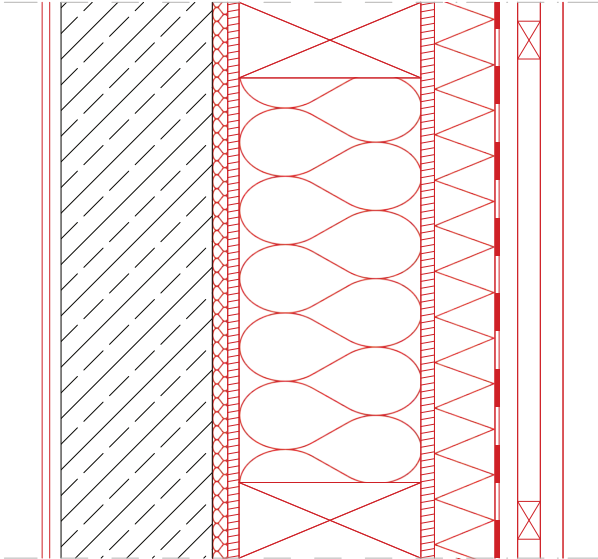
$$R_T = (0,02 / 0,13) + (0,0125 / 0,32) + (0,0125 / 0,32) + (0,08 / 0,035) + (0,02 / 0,035) + (0,24 / 2,3) + (0,165 / 0,032) + (0,010 / 0,01) + 0,17 + 0,17 \text{ [m}^2\text{K/W]}$$

$$R_T = 8,790 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 0,114 \text{ W/m}^2\text{K}$$

# 1 BAUKONSTRUKTION

## 1.3 Bauteilaufbau und U-Wert Berechnung



DETAIL M 1:10

### Außenwand gegen Außenluft - Belüftet

Lehmputz

Schilfrohrmatte

als Putzträger

Stahlbeton  $d=0,20\text{ m}$   $\lambda=2,3\text{ W/mK}$   $R=0,087\text{ m}^2\text{K/W}$

Ausgleichsdämmung

OSB-Platte  $d=0,015\text{ m}$   $\lambda=0,13\text{ W/mK}$   $R=0,115\text{ m}^2\text{K/W}$

Holzfaserdämmung/  
Ständer  $d=0,24\text{ m}$   $\lambda=0,035\text{ W/mK}$   $R=6,857\text{ m}^2\text{K/W}$

Schalung  $d=0,018\text{ m}$   $\lambda=0,13\text{ W/mK}$   $R=0,138\text{ m}^2\text{K/W}$

Holzweichfaser-  
unterdeckplatte  $d=0,08\text{ m}$   $\lambda=0,04\text{ W/mK}$   $R=2,000\text{ m}^2\text{K/W}$

Winddichtung

Senkrechte Lattung

Waagrechte Lattung

Offene Holzschalung

$$R_{si} = 0,13\text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{se} = 0,04\text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\text{Gefach: } 0,70\text{ m} / 0,80\text{ m} = 0,875\text{ (88\%)}$$

$$\text{Sparren: } 0,10\text{ m} / 0,80\text{ m} = 0,125\text{ (12\%)}$$

$$R_{TG} = 0,13 + 0,04 + 0,087 + 0,115 + 6,857 + 0,138 + 2,000 = 9,368\text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U_{TG} = 0,107\text{ W/m}^2\text{K}$$

$$R_{TS} = 0,13 + 0,04 + 0,087 + 0,115 + 1,846 + 0,138 + 2,000 = 4,357\text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U_{TS} = 0,230\text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U' = f_G \cdot U_G + f_S \cdot U_S = 0,88 \cdot 0,107 + 0,12 \cdot 0,230$$

$$= 0,122\text{ W/m}^2\text{K}$$

$$R_T = 1/0,122 = 8,190\text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\lambda' = \lambda_G \cdot f_G + \lambda_S \cdot f_S = 0,035 \cdot 0,88 + 0,13 \cdot 0,12$$

$$= 0,047\text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R = 0,24 / 0,047 = 5,120\text{ m}^2\text{K/W}$$

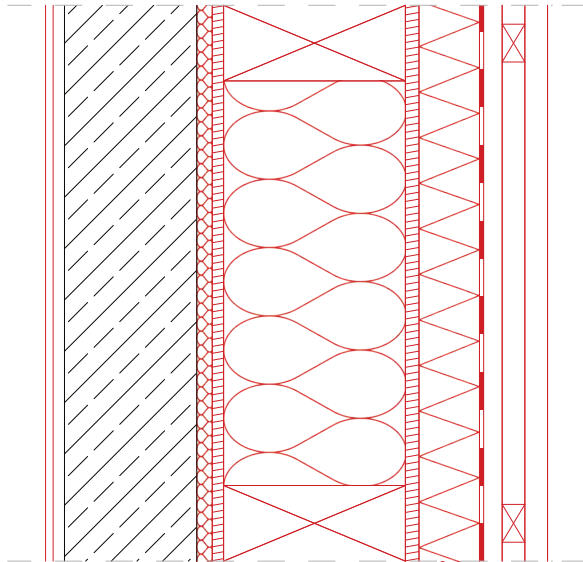
$$R_{T'} = 0,13 + 0,04 + 0,087 + 0,115 + 5,120 + 0,138 + 2,000 = 7,631\text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_T = (R_T + R_{T'}) / 2 = (8,190 + 7,631) / 2 = 7,911\text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 0,126\text{ W/m}^2\text{K}$$

# 1 BAUKONSTRUKTION

## 1.3 Bauteilaufbau und U-Wert Berechnung



DETAIL M 1:10

### Außenwand gegen Außenluft - Belüftet

Lehmputz

Schilfrohrmatte als

Putzträger

Stahlbeton  $d = 0,175 \text{ m}$   $\lambda = 2,3 \text{ W/mK}$   $R = 0,076 \text{ m}^2\text{K/W}$

Ausgleichsdämmung

OSB-Platte  $d = 0,015 \text{ m}$   $\lambda = 0,13 \text{ W/mK}$   $R = 0,115 \text{ m}^2\text{K/W}$

Holzfaserdämmung/  
Ständer  $d = 0,24 \text{ m}$   $\lambda = 0,035 \text{ W/mK}$   $R = 6,857 \text{ m}^2\text{K/W}$

Schalung  $d = 0,018 \text{ m}$   $\lambda = 0,13 \text{ W/mK}$   $R = 0,138 \text{ m}^2\text{K/W}$

Holzweichfaser-  
unterdeckplatte  $d = 0,08 \text{ m}$   $\lambda = 0,04 \text{ W/mK}$   $R = 2,000 \text{ m}^2\text{K/W}$

Winddichtung

Senkrechte Lattung

Waagrechte Lattung

Offene Holzschalung

$$R_{\text{si}} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{\text{se}} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\text{Gefach: } 0,70 \text{ m} / 0,80 \text{ m} = 0,875 \text{ (88\%)}$$

$$\text{Sparren: } 0,10 \text{ m} / 0,80 \text{ m} = 0,125 \text{ (12\%)}$$

$$R_{\text{TG}} = 0,13 + 0,04 + 0,076 + 0,115 + 6,857 + 0,138 + 2,000 = 9,357 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U_{\text{TG}} = 0,107 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$R_{\text{TS}} = 0,13 + 0,04 + 0,076 + 0,115 + 1,846 + 0,138 + 2,000 = 4,346 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U_{\text{TS}} = 0,230 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U' = f_{\text{G}} * U_{\text{G}} + f_{\text{S}} * U_{\text{S}} = 0,88 * 0,107 + 0,12 * 0,230$$

$$= 0,122 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$R_{\text{T}} = 1/0,122 = 8,178 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\lambda' = \lambda_{\text{G}} * f_{\text{G}} + \lambda_{\text{S}} * f_{\text{S}} = 0,035 * 0,88 + 0,13 * 0,12$$

$$= 0,047 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R = 0,24 / 0,047 = 5,120 \text{ m}^2\text{K/W}$$

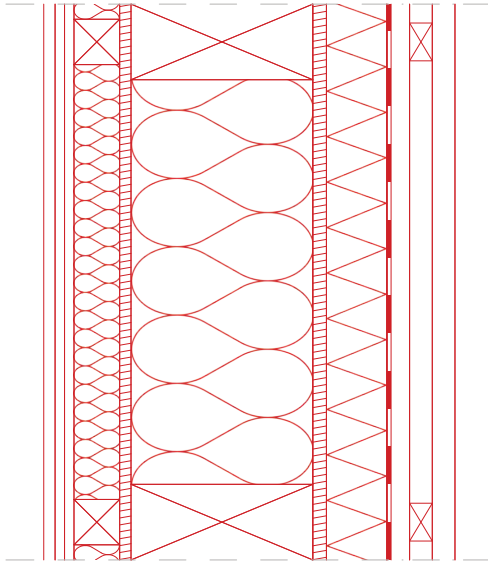
$$R_{\text{T}'} = 0,13 + 0,04 + 0,076 + 0,115 + 5,120 + 0,138 + 2,000 = 7,620 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{\text{T}} = (R_{\text{T}} + R_{\text{T}'}) / 2 = (8,178 + 7,620) / 2 = 7,899 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 0,127 \text{ W/m}^2\text{K}$$

# 1 BAUKONSTRUKTION

## 1.3 Bauteil Aufbau und U-Wert Berechnung



DETAIL M 1:10

### Außenwand neu gegen Außenluft - Belüftet

Putz

2-lagige Gipskartonplatte  $d=0,025\text{ m}$   $\lambda=0,25\text{ W/mK}$

Holzfaserdämmung/  $d=0,06\text{ m}$   $\lambda=0,035\text{ W/mK}$

Unterkonstruktion  $d=0,06\text{ m}$   $\lambda=0,13\text{ W/mK}$

OSB-Platte  $d=0,015\text{ m}$   $\lambda=0,13\text{ W/mK}$

Holzfaserdämmung/  $d=0,24\text{ m}$   $\lambda=0,035\text{ W/mK}$

Ständer  $d=0,24\text{ m}$   $\lambda=0,13\text{ W/mK}$

Schalung  $d=0,018\text{ m}$   $\lambda=0,13\text{ W/mK}$

Holzweichfaser-  
unterdeckplatte  $d=0,08\text{ m}$   $\lambda=0,04\text{ W/mK}$

Winddichtung

Senkrechte Lattung

Waagrechte Lattung

Offene Holzschalung

$R_{si} = 0,13\text{ m}^2\text{K/W}$

$R_{se} = 0,04\text{ m}^2\text{K/W}$

Anteile:

Dämmung/ Dämmung: 81 %;  $U=0,090\text{ W/m}^2\text{K}$

Ständer/ Ständer: 1 %;  $U=0,207\text{ W/m}^2\text{K}$

Dämmung/ Ständer: 12 %;  $U=0,164\text{ W/m}^2\text{K}$

Ständer/ Dämmung: 17 %;  $U=0,102\text{ W/m}^2\text{K}$

$R_{T-} = 9,937\text{ m}^2\text{K/W}$

$R_{T+} = 9,052\text{ m}^2\text{K/W}$

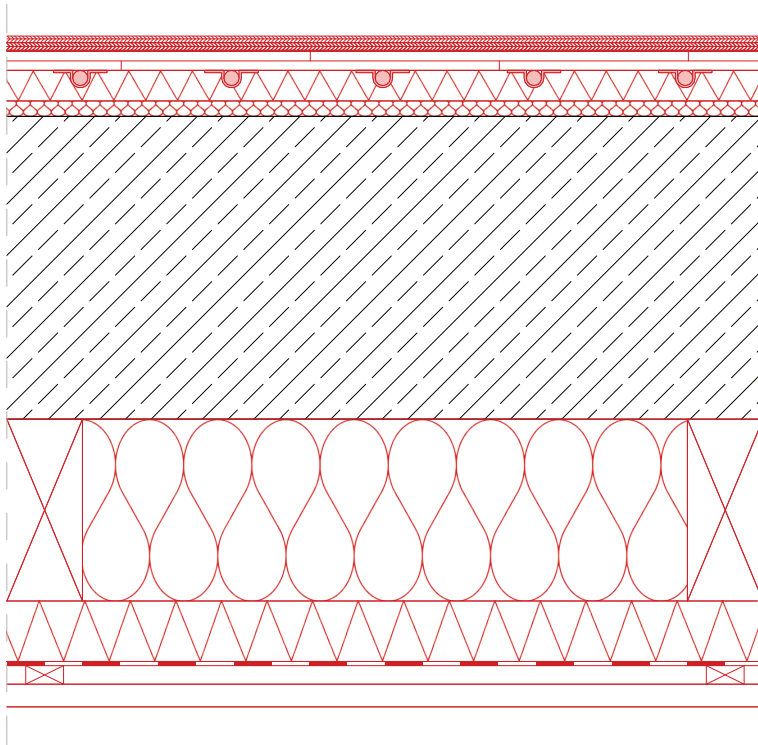
$R_{T,ges} = 9,495\text{ m}^2\text{K/W}$

$U = 0,105\text{ W/m}^2\text{K}$

Fehler R= 4,7 %

# 1 BAUKONSTRUKTION

## 1.3 Bauteilaufbau und U-Wert Berechnung



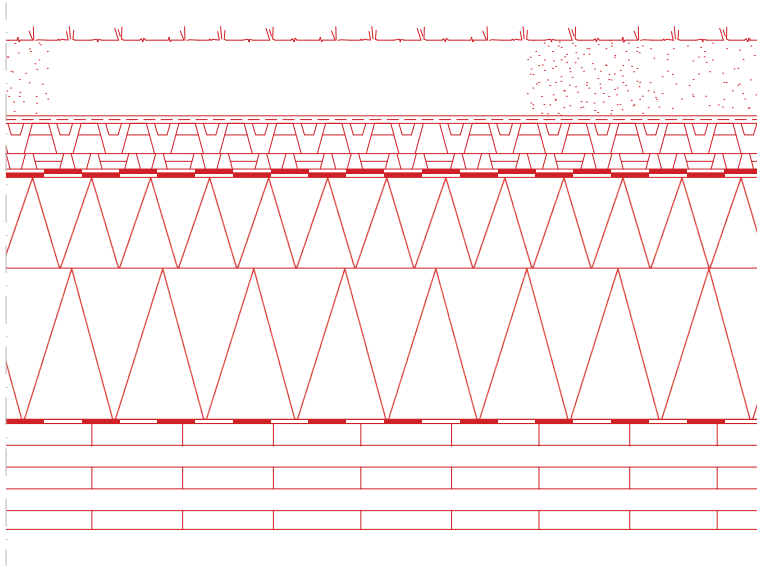
DETAIL M 1:10

### Boden gegen Außenluft

Parkett	d= 0,02 m	$\lambda = 0,13 \text{ W/mK}$	R= 0,154 m <sup>2</sup> K/W	$R_{TG} = 0,17 + 0,04 + 0,154 + 0,039 + 0,039 + 1,143 + 0,571 + 0,174 + 6,857 + 2,000 = 11,187 \text{ m}^2\text{K/W}$
Trockenstrich	d= 0,0125 m	$\lambda = 0,32 \text{ W/mK}$	R= 0,039 m <sup>2</sup> K/W	
Trockenstrich	d= 0,0125 m	$\lambda = 0,32 \text{ W/mK}$	R= 0,039 m <sup>2</sup> K/W	$U_{TG} = 0,089 \text{ W/m}^2\text{K}$
EPS mit Fußbodenheizungssystem	d= 0,040 m	$\lambda = 0,035 \text{ W/mK}$	R= 1,143 m <sup>2</sup> K/W	$R_{TS} = 0,17 + 0,04 + 0,154 + 0,039 + 0,039 + 1,143 + 0,571 + 0,174 + 1,846 + 2,000 = 6,176 \text{ m}^2\text{K/W}$
Trittschalldämmung	d= 0,020 m	$\lambda = 0,035 \text{ W/mK}$	R= 0,571 m <sup>2</sup> K/W	
Stahlbeton	d= 0,400 m	$\lambda = 2,3 \text{ W/mK}$	R= 0,174 m <sup>2</sup> K/W	$U_{TS} = 0,162 \text{ W/m}^2\text{K}$
Ausgleichsdämmung				$U' = f_G * U_G + f_S * U_S = 0,88 * 0,089 + 0,12 * 0,162 = 0,098 \text{ W/m}^2\text{K}$
Holzfaserdämmung/Unterkonstruktion	d= 0,240 m	$\lambda = 0,035 \text{ W/mK}$	R= 6,857 m <sup>2</sup> K/W	$R_{T'} = 1/0,098 = 10,157 \text{ m}^2\text{K/W}$
Holzweichfaserunterdeckplatte	d= 0,240 m	$\lambda = 0,13 \text{ W/mK}$	R= 1,846 m <sup>2</sup> K/W	
Winddichtung				$\lambda' = \lambda_G * f_G + \lambda_S * f_S = 0,035 * 0,88 + 0,13 * 0,12 = 0,047 \text{ W/mK}$
Lattung	d= 0,080 m	$\lambda = 0,040 \text{ W/mK}$	R= 2,000 m <sup>2</sup> K/W	
Offene Holzschalung				$R = 0,24 / 0,047 = 5,120 \text{ m}^2\text{K/W}$
$R_{si} = 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$				$R_{T''} = 0,17 + 0,04 + 0,154 + 0,039 + 0,039 + 1,143 + 0,571 + 0,174 + 5,120 + 2,000 = 9,450 \text{ m}^2\text{K/W}$
$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$				
Gefach: 0,70 m / 0,80 m = 0,875 (88%)				$R_T = (R_T + R_{T''}) / 2 = (10,157 + 9,450) / 2 = 9,804 \text{ m}^2\text{K/W}$
Sparren: 0,10 m / 0,80 m = 0,125 (12%)				
				$U = 0,102 \text{ W/m}^2\text{K}$

# 1 BAUKONSTRUKTION

## 1.3 Bauteilaufbau und U-Wert Berechnung



DETAIL M 1:10

### Dach

Begrünung		
Pflanzensubstrat		
Filtervlies		
Schutz-Drain-Wasserspeicherbahn mit		
Durchwurzelungsschutz	d= 0,02 m	
Dachabdichtung EPDM		
Gefälledämmung Schaumglas	d= 0,12 m	$\lambda = 0,036 \text{ W/mK}$
Dämmung Schaumglas	d= 0,20 m	$\lambda = 0,036 \text{ W/mK}$
Dampfsperre		
Brettsper Holz	d= 0,14 m	$\lambda = 0,13 \text{ W/mK}$

$$R_{si} = 0,10 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_T = (0,14 / 0,13) + (0,20 / 0,036) + (0,12 / 0,036) + 0,10 + 0,04 [\text{m}^2\text{K/W}]$$

$$R_T = 10,106 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 0,099 \text{ W/m}^2\text{K}$$



# 2 GEBÄUDETECHNIK NACH DER SANIERUNG

# 2 GEBÄUDETECHNIK

## 2.1 Berechnung der Lüftungsanlage

Die folgenden Tabellen stellen die Berechnungen der Zuluftvolumenströme sowie Abluftvolumenströme dar.

Das erste Obergeschoss ist detailliert berechnet, die anderen Geschosse werden überschlägig angenommen.

### Berechnungstabelle Zuluft

Allgemeine Angaben zur Lüftungsanlage	
Leitungskonzept	Zentral
Geschw. in Leitung [m/s]	3
Schadstoffbelastung	schadstoffarm
Kategorie	II

auszufüllende Zellen
Ergebnis

DIN EN 15251-Tabelle B.1 - Erforderliche Lüftungsdaten für die Abschwächung			
Kategorie	% Unzufriedener	Luftstrom je Person [l/s/pers]	[m³/h/Pers]
I	15	10	36
II	20	7	25,2
III	30	4	14,4
IV	>30	<4	<14,4
=> Luftstrom [m³/(h*Pers)]			<b>25,2</b>

DIN EN 15251 Lüftungsdaten für die Gebäudeemissionen			
Kategorie	sehr schadstoffarm	schadstoffarm	nicht schadstoffarm
I	1,8	3,6	7,2
II	1,26	2,52	5,04
III	1,08	1,44	2,88
=> Luftstrom [m³/(h*m²)]			<b>2,52</b>

### Lüftungsquerschnitte, Abhängig von der gewählten Form

Geschoss	Raum	Personenzahl	Raumfläche [m²]	Luftvolumenstrom [m³/h]	Querschnittsfläche [cm²]	Kanal	x; Ø [cm]	y [cm]	Ø [cm] <sup>1</sup>
OG1	A102	25	73	488	452	2 zu 1	16	30	
OG1	A103	25	68	480	445	2 zu 1	14	30	
OG1	A104	15	37	282	261	2 zu 1	12	22	
OG1	A105	25	69	483	447	2 zu 1	14	30	
OG1	A106	25	73	488	452	2 zu 1	16	30	
OG1	A110	25	71	485	449	2 zu 1	14	30	
OG1	A111	25	69	483	447	2 zu 1	14	30	
OG1	A112	25	68	480	445	2 zu 1	14	30	
OG1	A113	25	71	485	449	2 zu 1	14	30	
OG1	A114	15	37	282	261	2 zu 1	12	22	
OG1	A132	25	71	486	450	2 zu 1	14	30	
OG1	A133	15	26	267	247	2 zu 1	12	22	
OG1	A134	25	69	482	446	2 zu 1	14	30	
OG1	A135	25	71	486	450	2 zu 1	14	30	

Übersicht zur Auslegung der Zuluft-Anlage	Personenanzahl gesamt = 320	Fläche gesamt = 873 m²	Luftvolumenstrom ges. = 6158 m³/h	Zuluftvolumenstrom ohne Gleichzeitigkeitsbetrachtung	<sup>1</sup> Normwert nach Tabelle DIN 323.1
---	-----------------------------	------------------------	-----------------------------------	--	--

# 2 GEBÄUDETECHNIK

## 2.1 Berechnung der Lüftungsanlage

### Berechnungstabelle Abluft

Allgemeine Angaben zur Lüftungsanlage	
Leitungskonzept	Zentral
Geschw. in Leitung [m/s]	3

auszufüllende Zellen
Ergebnis

### Lüftungsquerschnitte, Abhängig von der gewählten Form

Geschoss	Raum	Raumfläche [m <sup>2</sup> ]	Höhe [m]	Raumnutzung	LWR	Luftvolumenstrom [m <sup>3</sup> /h]	Querschnittsfläche [cm <sup>2</sup> ]	Kanal	x; Ø [cm]	y [cm]	Ø [cm] <sup>1</sup>
OG1	A136	22,68	3,185	Toiletten (öffentlich)	5	217	201	2 zu 1	10	20	
OG1	A137	3,03	3,185	Toiletten (öffentlich)	5	29	27	Quadrat	6	6	
OG1	A138	3,03	3,185	Toiletten (öffentlich)	5	29	27	Quadrat	6	6	
OG1	A139	28,78	3,185	Toiletten (öffentlich)	5	275	255	2 zu 1	12	22	
OG1	A140	3,03	3,185	Putzraum	5	29	27	2 zu 1	4	8	

Übersicht zur Auslegung der Zuluft-Anlage	Fläche gesamt= 60,55 m <sup>2</sup>		Luftvolumenstrom ges. = 579 m <sup>3</sup> /h	Abluftvolumenstrom ohne Gleichzeitigkeitsbetrachtung	<sup>1</sup> Normwert nach Tabelle DIN 323-1
---	-------------------------------------	--	---	--	--

# 2 GEBÄUDETECHNIK

## 2.1 Berechnung der Lüftungsanlage

Anhand der, in der vorangegangenen Tabellen, ermittelten Werte für den notwendigen Volumenstrom, wird in dieser Tabelle der Gesamtvolumenstrom für das 1. Obergeschoss ermittelt und dargestellt.

### LÜFTUNGSLEISTUNG

Zuluft	1.OG		m <sup>3</sup> /h	Abluft		m <sup>3</sup> /h	
	A102	Klasse	488	A102	Klasse	488	
	A103	Klasse	480	A103	Klasse	480	
	A104	Gruppe	282	A104	Gruppe	282	
	A105	Klasse	483	A105	Klasse	483	
	A106	Klasse	488	A106	Klasse	488	
	A110	Klasse	485	A110	Klasse	485	
	A111	Klasse	483	A111	Klasse	483	
	A112	Klasse	480	A112	Klasse	480	
	A113	Klasse	485	A113	Klasse	485	
	A114	Gruppe	282	A114	Gruppe	282	
	A132	Klasse	486	A132	Klasse	486	
	A133	Gruppe	267	A133	Gruppe	267	
	A134	Klasse	482	A134	Klasse	482	
	A135	Klasse	486	A135	Klasse	486	
	A136	WC	246	A136	WC	217	
	A137	WC		A137	WC	29	
	A138	WC		A138	WC	29	
	A139	WC	333	A139	WC	275	
	A140	Putzraum		A140	Putzraum	29	
Summe:			6737				6737
Volumenstrom	m <sup>3</sup> /h						13473
Hinweis: Durch das kleinere Lungenvolumen von Kindern wird der Volumenstrom um 40 % minimiert.							
Beheiztes Volumen V <sub>e</sub>	m <sup>3</sup>	Beheiztes Volumen im 1. Obergeschoss				5813	
Luftvolumen	m <sup>3</sup>	über 3 Vollgeschosse = 0,8 * V <sub>e</sub>				4651	
Luftwechsel	1/h					2,90	
Zeitfaktor						22%	
Volumenstrom	m <sup>3</sup> /h						3006
Luftwechsel	1/h						0,65

# 2 GEBÄUDETECHNIK

## 2.1 Berechnung der Lüftungsanlage

Werden die Nutzungsrandbedingungen wie die Betriebszeiten sowie der Betriebszeitenfaktor berücksichtigt, ergibt sich eine effektive Luftmenge von 3.006 m<sup>3</sup>/h, während die Gesamtauslegungsluftmenge nach der Auslegung bei 13.473 m<sup>3</sup>/h liegt.

### NUTZUNGSRANDBEDINGUNGEN

		Klasse	L/Technik/F	Gruppe	WC	Gesamt
Fläche	m <sup>2</sup>	869,75	408,96	122,06	75,5	
Flächenanteil	-	59%	28%	8%	5%	1476,27
Betriebszeiten	d/a	200	250	250	250	
	h/d	7	11	11	11	
	h/a	1400	2750	2750	2750	1955
Betriebszeitenfaktor	-	22%				
Nach Auslegung						
Gesamtauslegungsluftmenge	m <sup>3</sup> /h	13473				
effektive Luftmenge (heizen)	m <sup>3</sup> /h	3006				

# 2 GEBÄUDETECHNIK

## 2.1 Berechnung der Lüftungsanlage

Die folgende Berechnung stellt die überschlägigen Volumenströme für die restlichen Geschosse (UG, EG, DG) dar.

### ÜBERSCHLÄGIGE BERECHNUNG VOLUMENSTRÖME UG; EG; DG

Geschoss	Name	Pers./m <sup>2</sup>	m	m <sup>2</sup>	LWR	m <sup>3</sup> /h
UG						
KG	KL	100		304		1971
KG	Gruppe	5		26		115
EG						
EG	KL	75		213		1456
EG	Lehrer	25		70		484
EG	Lesesaal	30		70		559
EG	Gruppe	30		107		615
EG	Büro	4		77		178
EG	Kantine	30		76		569
EG	WC	72,5	3,185	Toiletten (öffentlich)	5	693
EG	Küche	66	3,185	Restaurant, NIWO	15	1892
DG						
OG2	KL	100		269		1918
OG2	Lernberei.	75		458		1827
OG2	WC	72,5	3,6	Toiletten (öffentlich)	5	783

<b>Summe UG-DG:</b>	<b>m<sup>3</sup>/h</b>
Klassenräume:	10672
Gruppe:	1562
Lehrer:	484
Lesesaal:	559
Büro:	178
WC:	2054
Kantine:	569
Restaurant:	1892
Lernbereiche:	1827
<b>Summe:</b>	<b>19796</b>
<b>Gesamtauslegung Lüftungsanlage</b>	<b>39593</b>

DG-Wohnung				
V <sub>Personen</sub>	4 Pers.	x	30 m <sup>3</sup> /(h*Pers.)	120 m <sup>3</sup> /h
V <sub>min</sub>	0,4 1/h	x	654,9 m <sup>3</sup>	262 m <sup>3</sup> /h
V <sub>Abluft</sub>	40 (Bad) + 60 (Küche) + 20 (WC)			120 m <sup>3</sup> /h
V <sub>nom</sub>				262 m <sup>3</sup> /h
n <sub>nom</sub>				0,4 1/h

# 2 GEBÄUDETECHNIK

## 2.1 Berechnung der Lüftungsanlage

Die folgende Tabelle stellt die Abstufungen der Volumenströme, Querschnittsfläche sowie deren Dimensionierung dar, welche grafisch im Lüftungstechnikplan dargestellt sind.

### Obergeschoss - Zuluft

	Luftvolumenstrom [m <sup>3</sup> /h]	Querschnittsfläche [cm <sup>2</sup> ]	Kanal	x; Ø [cm]	y [cm]
<b>Gesamt OG</b>	6737	6238	3 zu 1	45	135
<b>ohne WC</b>	6158	5702	3 zu 1	45	130
<b>Splittung - Richtung Norden</b>	3452	3196	2 zu 1	40	80
<b>1</b>	2969	2749	2 zu 1	35	75
<b>2</b>	2483	2299	2 zu 1	35	70
<b>3</b>	2002	1854	2 zu 1	30	60
<b>4</b>	1520	1408	2 zu 1	25	55
<b>5</b>	1254	1161	2 zu 1	25	50
<b>6</b>	768	711	2 zu 1	18	38
<b>7</b>	282	261	2 zu 1	12	22

<b>Splittung - Richtung Süden</b>	2706	2506	2 zu 1	35	70
<b>8</b>	2221	2057	2 zu 1	30	65
<b>9</b>	1733	1605	2 zu 1	30	55
<b>10</b>	1246	1153	2 zu 1	25	50
<b>11</b>	765	708	2 zu 1	18	38
<b>12</b>	282	261	2 zu 1	12	22

<b>136 WC</b>	246	227	2 zu 1	10	22
<b>139 WC</b>	333	308	2 zu 1	12	24

<b>Schule KG-OG</b>	15268	14137	2 zu 1	85	170
---------------------	-------	-------	--------	----	-----

<b>Schule Gesamt</b>	19796	18330	2 zu 1	95	190
----------------------	-------	-------	--------	----	-----

# 2 GEBÄUDETECHNIK

## 2.1 Berechnung der Lüftungsanlage

Die folgende Tabelle stellt die Abstufungen der Volumenströme, Querschnittsfläche sowie deren Dimensionierung dar, welche grafisch im Lüftungstechnikplan dargestellt sind.

### Obergeschoss - Abluft

	Luftvolumenstrom [m³/h]	Querschnittsfläche [cm²]	Kanal	x; Ø [cm]	y [cm]
<b>Gesamt OG</b>	6737	6238	3 zu 1	45	135
<b>ohne WC</b>	6462	5983	3 zu 1	45	135
<b>Splittung - Richtung Norden</b>	3452	3196	2 zu 1	40	80
<b>1</b>	2483	2299	2 zu 1	35	70
<b>2</b>	2002	1854	2 zu 1	30	60
<b>3</b>	1520	1408	2 zu 1	25	55
<b>4</b>	1254	1161	2 zu 1	25	50
<b>5</b>	768	711	2 zu 1	18	38
<b>6</b>	282	261	2 zu 1	12	22

<b>Splittung - Richtung Süden</b>	3010	2787	2 zu 1	35	75
<b>8</b>	2525	2338	2 zu 1	35	70
<b>9</b>	2221	2057	2 zu 1	30	65
<b>10</b>	1246	1153	2 zu 1	25	50
<b>11</b>	282	261	2 zu 1	12	22

<b>136 WC</b>	246	227	2 zu 1	10	22
<b>137/138 WC</b>	58	54	2 zu 1	6	10
<b>139 WC</b>	275	255	2 zu 1	12	22
<b>140 Putzraum</b>	29	27	2 zu 1	4	8
<b>139/ 140</b>	304	281	2 zu 1	12	24

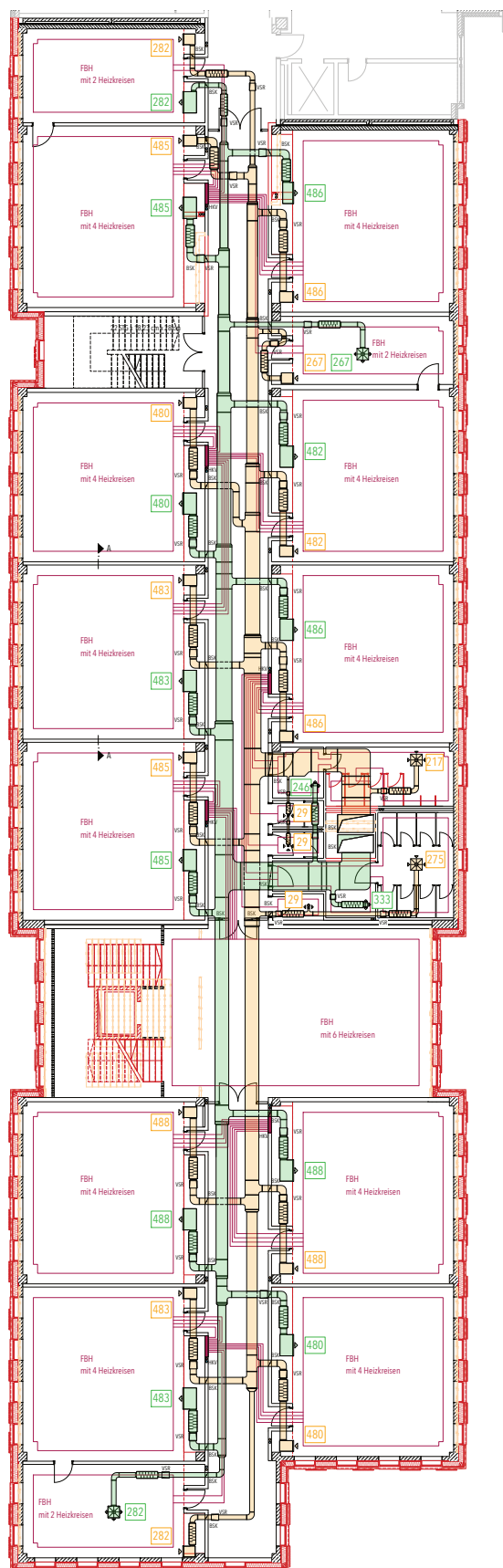
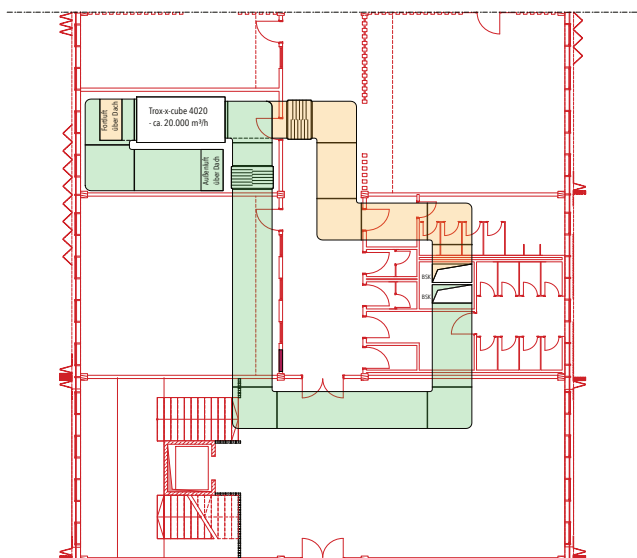


# 2 GEBÄUDETECHNIK

## 2.1 Berechnung der Lüftungsanlage

Nicht maßstäblich dargestellt ist der Technikplan mit der Leitungsführung der Lüftungsanlage.

Ausschnitt Grundrissdarstellung Lüftungsplan DG (links) und Grundrissdarstellung Lüftungsplan 1.OG (rechts).



# 2 GEBÄUDETECHNIK

## 2.1 Berechnung der Lüftungsanlage

Um Energie zu sparen, wird eine Lüftungsanlage empfohlen. Dadurch müssen vor allem während der Heizperiode die Fenster nicht geöffnet werden, wodurch ein erheblicher Energieverbrauch resultiert, da über die Fensterlüftung unkontrolliert Energie verloren geht.

Über eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung wird das eigenständige Lüften über Fenster umgangen. Die Wärmerückgewinnung sorgt für einen geringeren Energiebedarf, indem die Wärme der Abluft auf die frische Zuluft übertragen wird.

Es gibt mehrere Varianten wie die Grundschule mit einer Lüftungsanlage ausgestattet werden kann. Neben einer zentralen Anlage, welche das gesamte Gebäude bedient, besteht auch die Möglichkeit geschossweise eine Anlage zu installieren.

In diesem Projekt wird mit einer zentralen Anlage gearbeitet. Daher wird nur ein Technikraum für die Lüftungsanlage benötigt, welcher sich im DG befindet. Das hat den Grund, dass über das Dach die frische Außenluft sowie die Fortluft an- und abgesaugt werden kann, wodurch die Fassade von Öffnungen durch die Lüftungsleitungen unberührt bleibt.

Um den benötigten Volumenstrom befördern zu können, benötigt es beispielsweise das Lüftungsgerät X-Cube mit der Baugröße 4020. Mit diesem Gerät kann bis zu 28.000 m<sup>3</sup>/h Luft befördert werden. Mit Volumenströme für die Zu- und Abluft von jeweils 19.796 m<sup>3</sup>/h können dabei Geschwindigkeiten von 1,6-1,8 m/s eingestellt werden. Das genannte Gerät hat dabei folgende Abmessungen: B/H/L = 2,4 m/1,2 m/3,8 m.

Die Maße des Gerätes ergeben sich wie folgt:

$$4020 = BBHH$$

$$B = (BB/10) * 612 \text{ mm} = (40/10) * 612 \text{ mm} = 2448 \text{ mm} = 2,4 \text{ m}$$

$$H = (HH/10) * 612 \text{ mm} = (20/10) * 612 \text{ mm} = 1224 \text{ mm} = 1,2 \text{ m}$$

Für die Wohnung im Dachgeschoss wird das Lüftungsgerät Stiebel Eltron LWZ 8 CS Premium vorgeschlagen.

Mit dieser Lüftungsanlage kann bis zu 300 m<sup>3</sup>/h Luftvolumen befördert werden. Bei einer überschlägigen Ermittlung der Volumenströme wird für die Hausmeisterwohnung ein Volumenstrom von 262 m<sup>3</sup>/h benötigt. Daher ergeben sich die Abmessungen B/H/L = 1,43 m/ 1,885 m / 0,812 m.

Während der Heizperiode ist die Lüftungsanlage sehr zum Vorteil. Wie bereits oben geschildert, geht ohne eine Lüftungsanlage sehr viel Wärme verloren. Um Energie zu sparen, ist es sehr sinnvoll die Lüftungsanlage während der Wintermonate zu nutzen. In dieser Zeit wird ein regelmäßiger Luftwechsel gewährleistet ohne Zuglufterscheinungen durch das Eintreten von kalter Luft.

Im Sommer dagegen kann über die Fenster gelüftet werden. Somit kann die Lüftungsanlage auf das Minimum herab gesenkt werden, wodurch Energie eingespart wird.

# 2 GEBÄUDETECHNIK

## 2.2 Photovoltaik - Anlage

Um das Ziel der Klimaneutralität zu erreichen, ist die PV-Anlage unerlässlich. Das Konzept dieses Entwurfs ist auf Basis der Klimaneutralität gebettet.

Um möglichst viel erneuerbaren Strom zu produzieren, entspricht die Dachfläche der Fläche der Geschosse. Die Gründachfläche wird mit 336 PV-Modulen ausgelegt, welche jeweils eine Fläche von 1,7 m<sup>2</sup> aufweisen. Dadurch ergibt sich eine PV-Belegung von insgesamt 571,2 m<sup>2</sup>.

Ein Grund für die Wahl eines Flachdachs war neben dem Erhalt der Artenvielfalt und der positiven Ökobilanz des Gründachs die dadurch mögliche Südausrichtung der Module.

Indem die monokristallinen Module mit einer Südausrichtung sowie einer 30° Aufständigung angeordnet sind, wird der Ertrag maximiert. Durch das Gründach sind diese Module stark belüftet, was den Ertrag positiv beeinflusst.

Der jährliche Ertrag wurde mittels ZUB-Helena erfasst und beträgt 90.689,5 kWh/a.

## 2.3 Trinkwarmwasser

Da die Schule in dem Entwurf eine eigene kleine Küche erhält, benötigt diese Trinkwarmwasser. Daher wird in der Küche ein Elektrowärmeerzeuger eingesetzt. Dieser erhitzt das Wasser erst dann, wenn dies benötigt wird.

Empfohlen wird der Elektro-Durchlauferhitzer Vitotherm EI3 von der Firma Viessmann. Dieser Durchlauferhitzer wird direkt in der Küche montiert und hat die Maße H/B/T = 293 mm/ 174 mm/ 98 mm.

Auch die Hausmeisterwohnung benötigt einen Zugang zu Warmwasser. Jedoch wird anstelle eines Elektro-Durchlauferhitzers auf eine Wohnungsstation zurückgegriffen, da der Durchlauferhitzer einen sehr hohen Strombedarf für eine kurze Zeit benötigt. Für die Wohnung wird die Wohnungsstation WS - DUO - T Premium von der Firma Stiebel Eltron vorgeschlagen. Die Maße dieser Anlage betragen H/B/T = 761 mm/ 804 mm/ 180mm.

## TRINKWARMWASSER

Nutzung		Kantine	Wohnung
nutzungsbezogen	kWh je Menü		0,4
flächenbezogen	Wh/(m <sup>2</sup> d)		400
Menü (pauschal)	Menü/d	100	
Fläche	m <sup>2</sup>		198,23
Betriebstage	d/a	250	365
Energie	kWh/a	10.000	28.942

# 2 GEBÄUDETECHNIK

## 2.4 Vergleich von drei Wärmeerzeugervarianten

Ein weiterer Aspekt der Aufgabenstellung beinhaltet das Vergleichen von drei verschiedenen Wärmeerzeugereinheiten. Dafür wurde als Variante eins die Kombination aus Fernwärme und Fußbodenheizung, als Variante zwei eine Wärmepumpe mit Fußbodenheizung und als dritte Variante eine Pelletheizung mit Niedertemperaturheizkörpern untersucht.

In diesen 3 Varianten ist für die Berechnung der CO<sub>2</sub> - Äquivalente der Photovoltaik - Ertrag gleich.

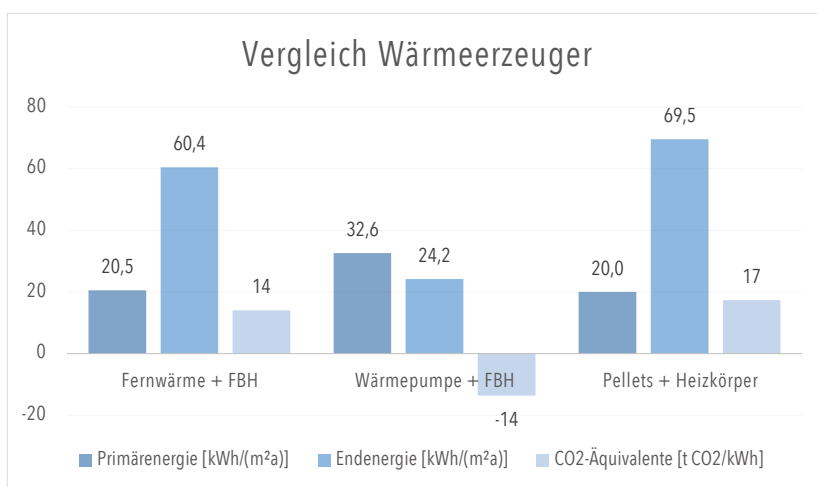
Die Wärmepumpe mit der Fußbodenheizung als Übergabe der Wärme besticht durch einen niedrigen Endenergiebedarf. Die Wärmepumpe wird mit Strom betrieben und der hohe Strombedarf wird zu 78% aus dem eigens erzeugten Strom gedeckt, jedoch muss der restliche Anteil von 22% aus dem Netz bezogen werden. Folglich ist eine Klimaneutralität nicht gegeben.

Die Pelletheizung mit Niederenergieheizkörper glänzt zwar durch eine hohe CO<sub>2</sub>-Einsparung und den minimal niedrigeren Primärenergiebedarf, jedoch muss beachtet werden, dass für diese Art der Heizungsanlage ein Lagerraum für die Pellets vorhanden sein muss. Zudem ist ein Kamin notwendig und die Anlieferung der Pellets muss auch gewährleistet werden. Weiterhin muss diese Anlage in regelmäßigen Abständen gewartet und gereinigt werden. Sie ist außerdem auch störungsanfällig.

Die bereits erneuerte Fernwärmestation wird über KWK (Kraft-Wärme-Kopplung) mit erneuerbaren Energien betrieben. Für diese Art der Anlage ist eine Fernwärmestation, ein sogenannter Wärmetauscher, notwendig. Diese Anlage ist wartungsarm und spart zudem Reparatur- und Servicekosten.

	Primärenergie [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	Endenergie [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	CO <sub>2</sub> -Äquivalente [t CO <sub>2</sub> /kWh]
Fernwärme + FBH	20,5	60,4	14
Wärmepumpe + FBH	32,6	24,2	-14
Pellets + Heizkörper	20,0	69,5	17

	Photovoltaik [kWh/a]	Strom netzbezogen [kWh/a]	Fernwärme aus KWK (eneuerb. Brennstoff) [kWh/a]	Biog. Brennstoffe Holz [kWh/a]	Differenz aus Stromertrag und -bedarf [kWh/a]	Strom-Überschuss CO <sub>2</sub> -Äquivalent [kg CO <sub>2</sub> /kWh]	Fernwärme CO <sub>2</sub> -Äquivalent [kg CO <sub>2</sub> /kWh]	Biog. Brennstoffe CO <sub>2</sub> -Äquivalent [kg CO <sub>2</sub> /kWh]	CO <sub>2</sub> -Äquivalente [kg CO <sub>2</sub> /kWh]
Emissionsfaktor [g CO <sub>2</sub> -Äquivalent/kWh]		560	40	20					
Stromertrag	90.690								
Fernwärme + FBH		48.602	238.875		42.087	23.569	9.555		14.014
Wärmepumpe + FBH		114.953			-24.263	-13.587			-13.587
Pellets + Heizkörper		49.750		280.972	40.940	22.926		5.619	17.307



Die Wahl zwischen den drei Varianten fiel auf den Erhalt der Fernwärmestation sowie der Nutzung einer Fußbodenheizung. Hierfür werden Heizkreisverteiler benötigt, die im Unterputz in die Innenwände eingebaut werden. Die neuen Leitungen im Bereich der Nicht-Unterkellerung sollen weiterhin in Bodenkanälen verlaufen.

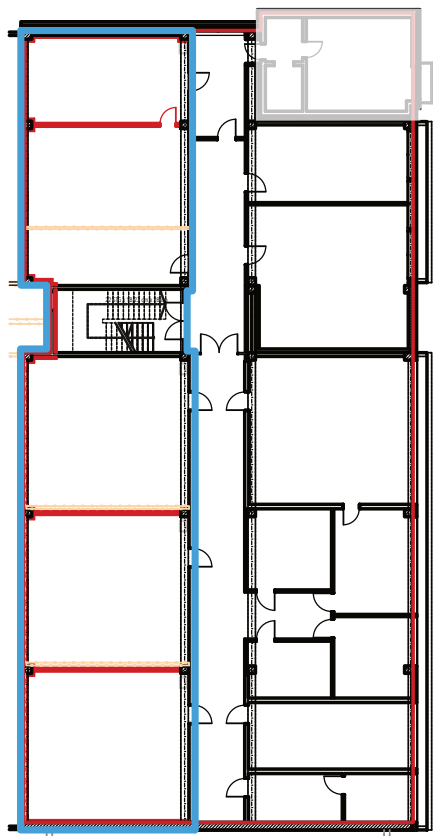
# 3 BERECHNUNGEN NACH DER SANIERUNG

# 3 BERECHNUNGEN

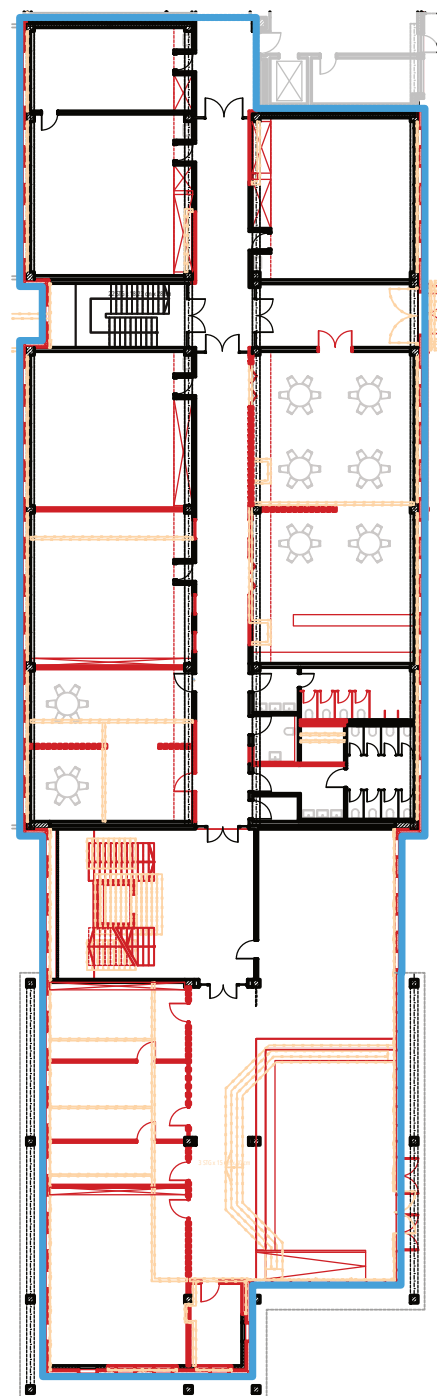
## 3.1 Thermische Hülle

Die Kennzeichnung der thermischen Hülle erfolgt hier in einer blauen Linie. Wie im UG zu sehen ist, werden nur die Räume, welche als Klassenzimmer genutzt werden, in die thermische Hülle gefasst.

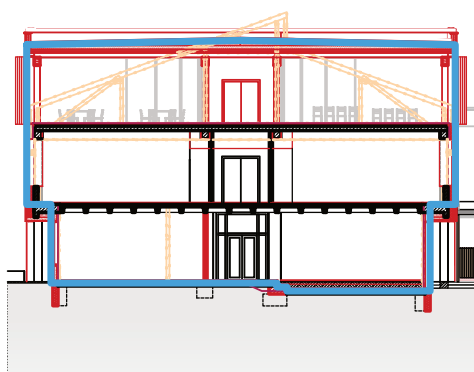
Thermische Hülle UG (nicht maßstäblich)



Thermische Hülle EG (nicht maßstäblich)



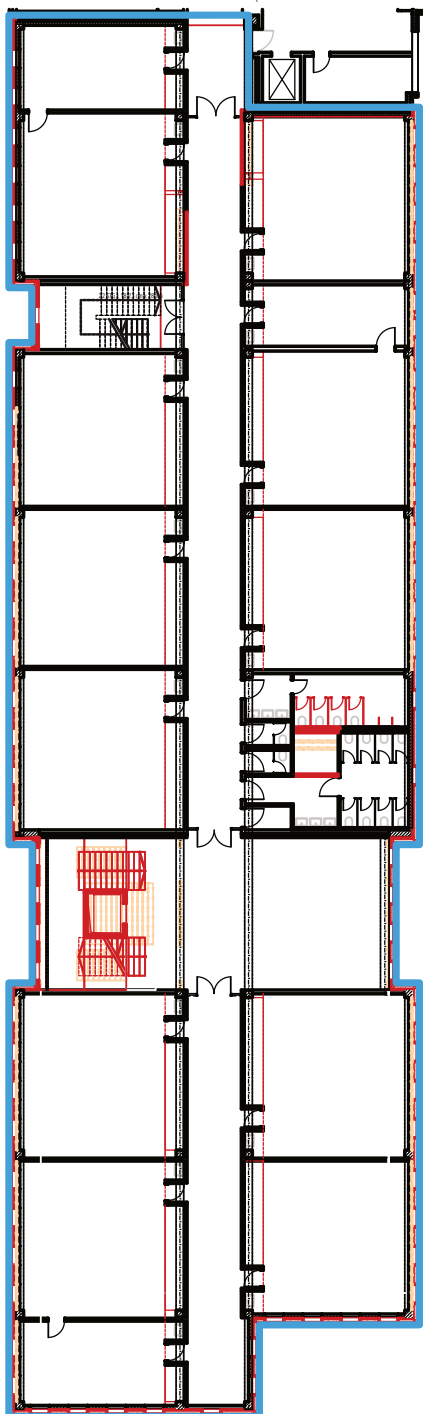
Thermische Hülle Schnitt 1-1 (nicht maßstäblich)



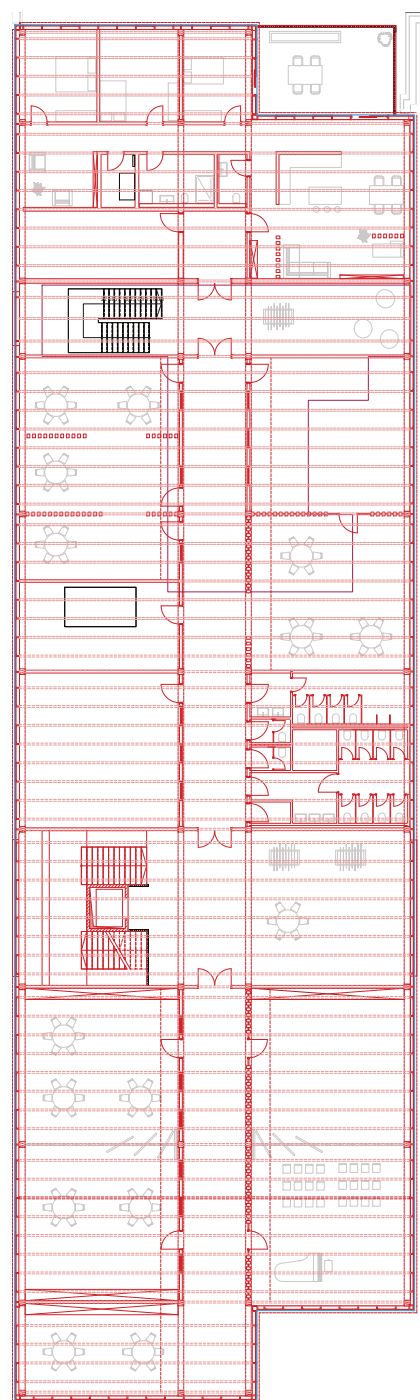
# 3 BERECHNUNGEN

## 3.1 Thermische Hülle

Thermische Hülle 1.OG (nicht maßstäblich)



Thermische Hülle DG (nicht maßstäblich)



# 3 BERECHNUNGEN

## 3.2 Transmissionswärmeverluste

### BERECHNUNG TRANSMISSIONSWÄRMEVERLUST

Beheiztes Gebäudevolumen $V_e$	18836 m <sup>3</sup>	NGF UG	$A_R$	354 m <sup>2</sup>
Gebäudenutzfläche $A_N = 0,32 \cdot V_e$	6028 m <sup>3</sup>	NGF EG	$A_R$	1172 m <sup>2</sup>
		NGF OG	$A_R$	1231 m <sup>2</sup>
		NGF DG	$A_R$	1224 m <sup>2</sup>
		Summe NGF		3981 m <sup>2</sup>

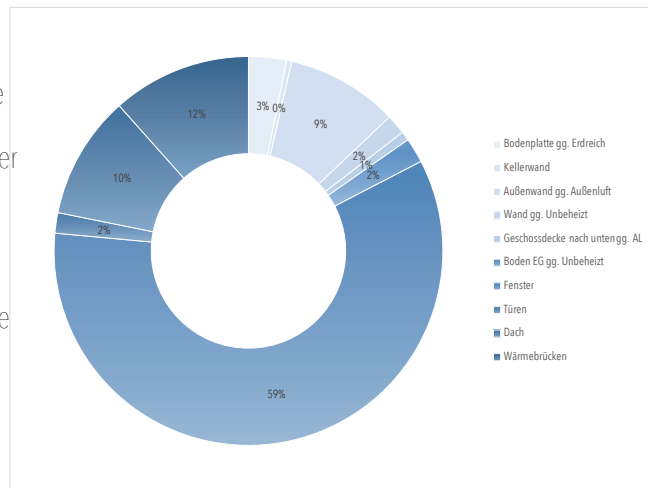
	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Wärmedurchgangskoeffizient [W/m <sup>2</sup> K]	Korrekturfaktor	Transmission [W/K]	
Kellerwand	124,08	0,10	0,5	6,1	
Kellerinnenwand 11,5	49,22	0,38	0,5	9,5	
Kellerinnenwand 24	79,21	0,36	0,5	14,1	
Boden KG gg. Erdreich	402,13	0,10	0,5	19,7	
AW Nord	14,30	0,13	1	1,8	
AW Ost	336,10	0,13	1	42,3	
AW Ost - 17,5 Stb	16,94	0,13	1	2,2	
AW West	423,57	0,13	1	53,4	
AW West - 17,5 Stb	63,23	0,13	1	8,0	
AW Süd	101,78	0,13	1	12,8	
AW Süd - 17,5 Stb	35,16	0,13	1	4,5	
Boden EG gg. Unbeheizt	518,84	0,11	0,5	29,6	
Boden EG gg. Erdreich	519,38	0,10	0,5	25,4	
Boden gg. AL	106,12	0,10	1	10,8	
DG neu gg. AL-West	27,88	0,11	1	2,9	
DG neu gg. AL-Nord	14,76	0,11	1	1,5	
DG neu gg. AL-Ost	31,58	0,11	1	3,3	
DG neu gg. AL-Süd	3,61	0,11	1	0,4	
Flachdach	1481,49	0,10	1	146,7	
Fenster KG	33,30	0,6	1	20,0	
Fenster EG	121,00	0,6	1	72,6	
Fenster OG	163,20	0,6	1	97,9	
EG Pfosten-Riegel Osten	64,60	0,8	1	51,7	
EG Pfosten-Riegel Osten Mehrzweckraum	6,95	0,8	1	5,6	
EG Pfosten-Riegel Süden	34,37	0,8	1	27,5	
DG Pfosten-Riegel	710,40	0,8	1	568,3	
Tür	4,29	1	1	4,3	
Tür	12,94	1	1	12,9	
Tür	7,08	1	1	7,1	
	$\Sigma A$	5507,51		$\Sigma A \cdot U_{F_x}$	1262,9
Wärmebrücken	pauschal mit 0,03 W/m <sup>2</sup> K * $\Sigma A$			$H_{WB}$	165,2
				$H_T$	1428,1 W/K
				$H_{T' \text{ vorh}} =$	0,3 W/m <sup>2</sup> *K



# 3 BERECHNUNGEN

## 3.2 Transmissionswärmeverluste

Das nebenstehende Tortendiagramm zeigt die Wärmeverluste über die Hüllflächenbauteile der Grundschule. Dabei fallen vor allem mit über der Hälfte der gesamten Verluste die Fenster ins Blickfeld des Betrachters. Das ist dahingehend zu erklären, dass der Fensterflächenanteil bezogen auf die Fassade bei 51 % liegt. Somit ist etwas mehr als die Hälfte der gesamten Fassade mit Fenster verkleidet. Im Vergleich zum U-Wert der Außenwand ist der der Fenster und der Pfosten-Riegel-Fassade mit  $0,6 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  und  $0,8 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  weniger gut. Die U-Werte sowie der hohe Flächenanteil bedingen den hohen Anteil der Transmissionswärmeverluste.



# 3 BERECHNUNGEN

## 3.3. Zonierung

Im Bestandsgebäude der Grundschule gibt es eine Hausmeisterwohnung. Der Flächenanteil der Wohnung bezogen auf die gesamte Fläche der Grundschule beträgt 3,3%.

In dem Sanierungskonzept ist weiterhin eine Wohnung vorgesehen, diese ist jedoch flächenmäßig großzügiger geschnitten. Es ist eine getrennte Bilanzierung notwendig, sofern der Flächenanteil, der dem Wohnen dient, nicht unerheblich ist. Als nicht unerheblich gelten in der Regel Flächenanteile von mehr als 10%. Das schreibt die KfW-Regel vor.

Im Folgenden wird der Nachweis für die unerheblichen Flächenanteile dargestellt.

NGF Grundschule (Nichtwohngebäude) : 3.804 m<sup>2</sup>

NGF Wohnung (Wohnnutzung): 177 m<sup>2</sup>

Somit beträgt der Flächenanteil der Wohnung bezogen auf die gesamte Fläche der Grundschule 4,7%.

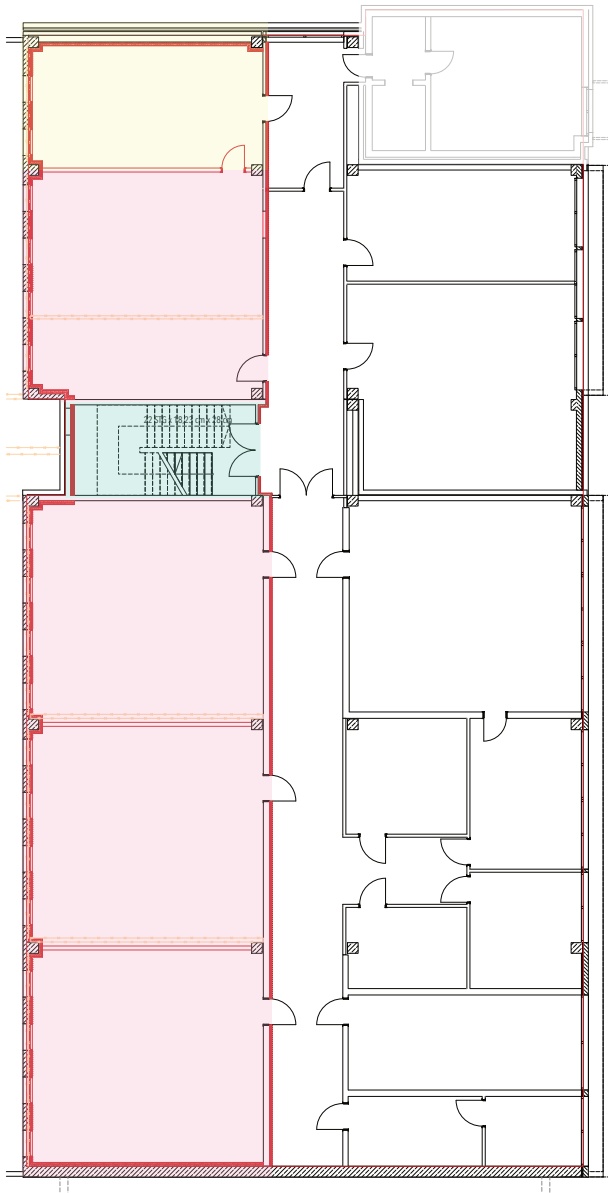
Folglich kann die Hausmeisterwohnung in die Nichtwohngebäudebilanzierung integriert und es muss keine getrennte Bilanzierung durchgeführt werden.

# 3 BERECHNUNGEN

## 3.3 Zonierung

Wie bereits in der thermischen Hülle gezeigt, ist nur der Teil des Kellers, welcher für Klassenräume dient, im beheizten Bereich. Somit entfallen bei der Bilanzierung der Sanierung die Räume auf der Ostseite.

### Zonierung UG

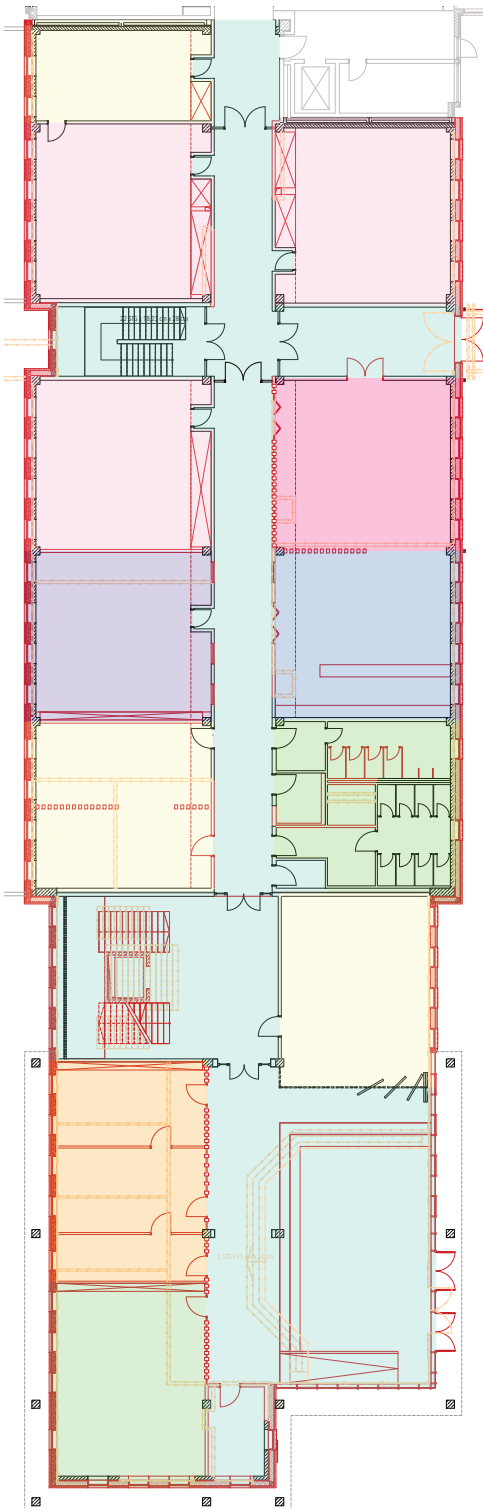


Farbe	Nutzungsprofil nach DIN V 18599
Yellow	2 - Gruppenbüro (zwei bis sechs Arbeitsplätze)
Light Green	3 - Großraumbüro (ab sieben Arbeitsplätze)
Light Yellow	4 - Besprechung, Sitzung, Seminar
Pink	8 - Klassenzimmer (Schule)
Grey	10 - Schlafzimmer
Magenta	12 - Kantine
Blue	14 - Küche in Nichtwohngebäude
Orange	17 - Sonstige Aufenthaltsräume
Green	16 - WC und Sanitärräume in Nichtwohngebäude
Light Blue	18 - Nebenflächen (ohne Aufenthaltsräume)
Purple	28 - Bibliothek - Lesesaal

# 3 BERECHNUNGEN

## 3.3 Zonierung

### Zonierung EG

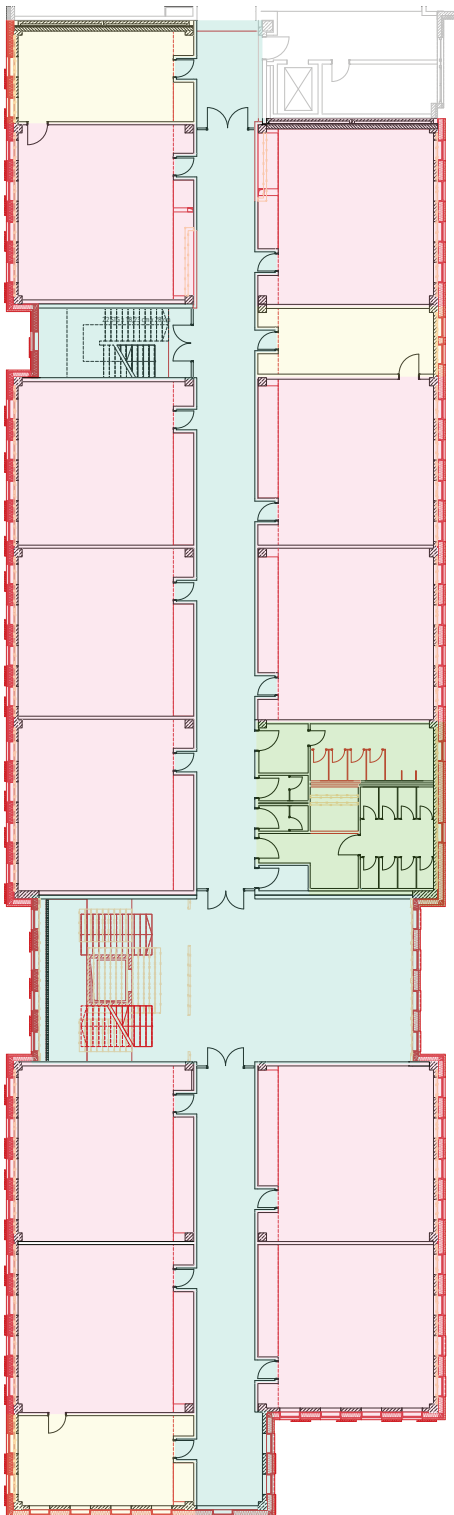


Farbe	Nutzungsprofil nach DIN V 18599
Yellow	2 - Gruppenbüro (zwei bis sechs Arbeitsplätze)
Green	3 - Großraumbüro (ab sieben Arbeitsplätze)
Yellow	4 - Besprechung, Sitzung, Seminar
Pink	8 - Klassenzimmer (Schule)
Grey	10 - Bettzimmer
Pink	12 - Kantine
Blue	14 - Küche in Nichtwohngebäude
Orange	17 - Sonstige Aufenthaltsräume
Green	16 - WC und Sanitärräume in Nichtwohngebäude
Light Blue	18 - Nebenflächen (ohne Aufenthaltsräume)
Purple	28 - Bibliothek - Lesesaal

# 3 BERECHNUNGEN

## 3.3 Zonierung

### Zonierung 1.OG

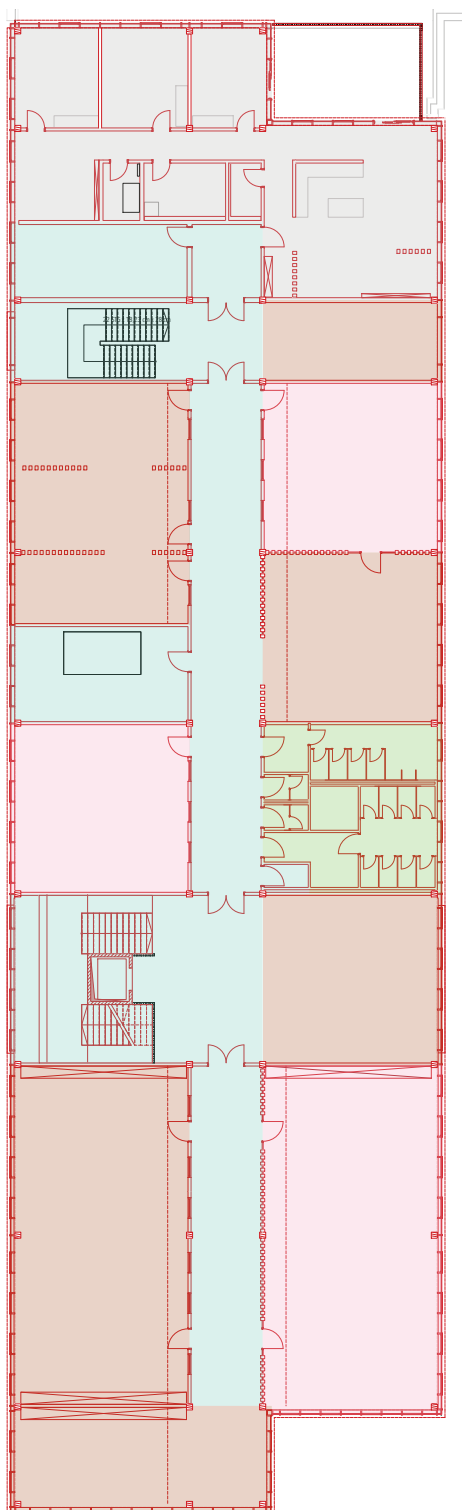


Farbe	Nutzungsprofil nach DIN V 18599
Yellow	2 - Gruppenbüro (zwei bis sechs Arbeitsplätze)
Pink	3 - Großraumbüro (ab sieben Arbeitsplätze)
Light Green	4 - Besprechung, Sitzung, Seminar
Purple	8 - Klassenzimmer (Schule)
Grey	10 - Schlafzimmer
Red	12 - Kantine
Blue	14 - Küche in Nichtwohngebäude
Brown	17 - Sonstige Aufenthaltsräume
Dark Green	16 - WC und Sanitärräume in Nichtwohngebäude
Light Blue	18 - Nebenflächen (ohne Aufenthaltsräume)
Dark Purple	28 - Bibliothek - Lesesaal

# 3 BERECHNUNGEN

## 3.3 Zonierung

### Zonierung 2.OG



Farbe	Nutzungsprofil nach DIN V 18599
Yellow	2 - Gruppenbüro (zwei bis sechs Arbeitsplätze)
Green	3 - Großraumbüro (ab sieben Arbeitsplätze)
Yellow	4 - Besprechung, Sitzung, Seminar
Pink	8 - Klassenzimmer (Schule)
Grey	10 - Bettzimmer
Pink	12 - Kantine
Blue	14 - Küche in Nichtwohngebäude
Brown	17 - Sonstige Aufenthaltsräume
Light Green	16 - WC und Sanitärräume in Nichtwohngebäude
Light Blue	18 - Nebenflächen (ohne Aufenthaltsräume)
Purple	28 - Bibliothek - Lesesaal

# 3 BERECHNUNGEN

## 3.3 Zonierung

### Zonenergebnisse

Zone 1: Klassenzimmer

	Endenergie [kWh/a]	Primärenergie [kWh/a]
Heizung	58.687,90	15.144,20
Warmwasser	-	-
Beleuchtung	564,50	1.016,10
Lüftung	6.225,30	11.205,60
	$\Sigma$	27.365,90

Zone 6: Gruppe, Mehrzweckraum

	Endenergie [kWh/a]	Primärenergie [kWh/a]
Heizung	7.274,50	1.912,50
Warmwasser	-	-
Beleuchtung	3.309,00	5.956,20
Lüftung	1.789,80	3.221,60
	$\Sigma$	11.090,30

Zone 11: Lernbereiche

	Endenergie [kWh/a]	Primärenergie [kWh/a]
Heizung	21.624,40	5.542,10
Warmwasser	-	-
Beleuchtung	2.567,00	4.620,60
Lüftung	2.093,40	3.768,20
	$\Sigma$	13.930,90

Zone 2: Büro

	Endenergie [kWh/a]	Primärenergie [kWh/a]
Heizung	2.094,20	546,20
Warmwasser	-	-
Beleuchtung	789,90	1.421,70
Lüftung	204,00	367,10
	$\Sigma$	2.335,00

Zone 7: WC

	Endenergie [kWh/a]	Primärenergie [kWh/a]
Heizung	7.546,00	1.946,00
Warmwasser	-	-
Beleuchtung	360,90	649,50
Lüftung	2.338,80	4.209,80
	$\Sigma$	6.805,30

Zone 3: Lehrerzimmer

	Endenergie [kWh/a]	Primärenergie [kWh/a]
Heizung	1.326,40	352,60
Warmwasser	-	-
Beleuchtung	1.110,10	1.998,20
Lüftung	554,60	998,30
	$\Sigma$	3.349,10

Zone 8: Leseinsel

	Endenergie [kWh/a]	Primärenergie [kWh/a]
Heizung	182,50	66,20
Warmwasser	-	-
Beleuchtung	1.689,50	3.041,10
Lüftung	838,50	1.509,30
	$\Sigma$	4.616,60

Zone 4: Lager/ Technik/ Flur

	Endenergie [kWh/a]	Primärenergie [kWh/a]
Heizung	33.737,50	8.791,00
Warmwasser	-	-
Beleuchtung	699,90	1.259,90
Lüftung	14,80	26,60
	$\Sigma$	10.077,50

Zone 9: Mensa

	Endenergie [kWh/a]	Primärenergie [kWh/a]
Heizung	926,40	252,70
Warmwasser	-	-
Beleuchtung	316,10	568,90
Lüftung	414,90	746,80
	$\Sigma$	1.568,40

Zone 5: Wohnung

	Endenergie [kWh/a]	Primärenergie [kWh/a]
Heizung	11.354,20	2.891,80
Warmwasser	31.751,60	7.937,90
Beleuchtung	3.516,50	6.329,80
Lüftung	2.434,90	4.382,70
	$\Sigma$	21.542,20

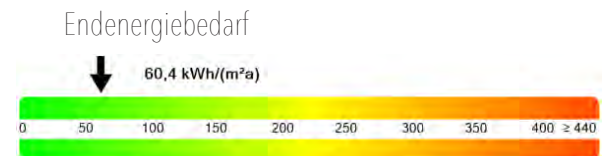
Zone 10: Küche

	Endenergie [kWh/a]	Primärenergie [kWh/a]
Heizung	63.193,30	15.818,90
Warmwasser	10.110,80	18.199,50
Beleuchtung	2.760,30	4.968,50
Lüftung	3.074,50	5.534,10
	$\Sigma$	44.521,00

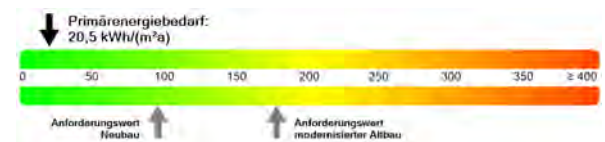
# 3 BERECHNUNGEN

## 3.4 Bilanzierung

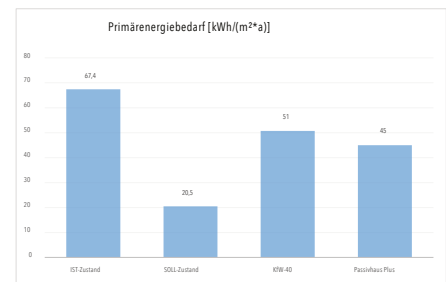
Endenergiebedarf der Grundschule



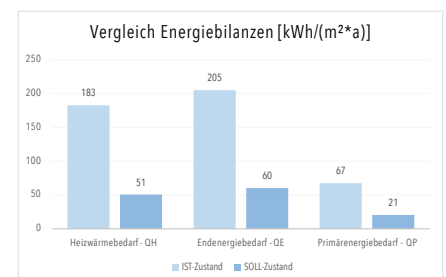
Primärenergiebedarf der Grundschule



In dem nebenstehenden Diagramm wurde der Primärenergiebedarf des Bestandsgebäudes mit dem Sanierungskonzept sowie dem KfW 40 Anforderungen und den Passivhaus Plus Anforderungen gegenübergestellt.



In diesem Diagramm werden der Heizwärmebedarf QH, der Endenergiebedarf QE und der Primärenergiebedarf QP des Bestandsgebäudes und der Sanierung verglichen.





# 3 BERECHNUNGEN

## 3.5 Wärmebrückenberechnung

Es wurden die Wärmebrücken von 3 Anschlüssen sowohl im Bestandsgebäude sowie der Sanierung berechnet. Diese werden nun gegenüber gestellt. Die Randbedingungen bei jeder Berechnung sind:  $T_e = -5^\circ\text{C}$ ,  $T_i = 20^\circ\text{C}$ ,  $dT = 25\text{ K}$ .

### 1. Oberer Gebäudeanschluss - Bestand

#### Psi - Wert Berechnung

$$Q = 55,415 \quad \text{W/m}$$

$$L2d = Q/dT$$

$$L2d = 2,217 \quad \text{W/(mK)}$$

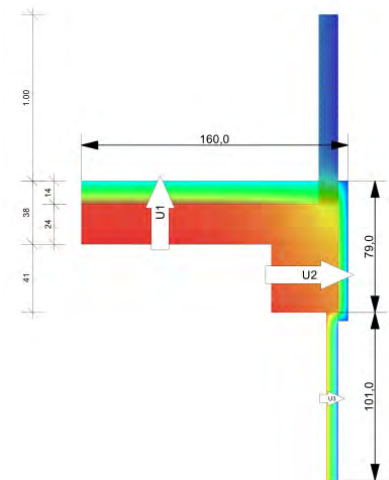
$$U1 = 0,232 \quad \text{W/(m}^2\text{K)}$$

$$U2 = 0,517 \quad \text{W/(m}^2\text{K)}$$

$$U3 = 1,412 \quad \text{W/(m}^2\text{K)}$$

$$\Psi_{si} = L2d - \sum(U * L * F_x) + \text{Zuschlag}$$

$$\begin{aligned} \Psi_{si} &= 2,217 - (0,232 * 1,6 * 0,8 + 0,517 * 0,79 * 1,0 + 1,412 * 1,01 * 1,0) + 0,040 \\ &= 0,125 \end{aligned}$$

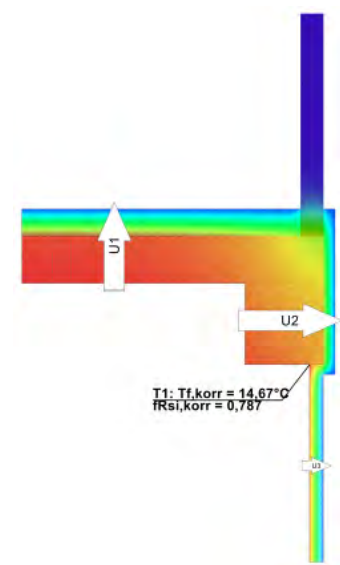


#### fRsi - Wert Berechnung

$$\theta_{si} = 15,175 \quad \text{W/m}$$

$$fR_{si} = ((\theta_{si} + \text{Korrekturfaktor } dT_f) - \theta_e) / (\theta_i - \theta_e)$$

$$\begin{aligned} fR_{si} &= ((15,175 + (-0,5)) - (-5)) / (20 - (-5)) \\ &= 0,787 \end{aligned}$$



# 3 BERECHNUNGEN

## 3.5 Wärmebrückenberechnung

Bei der Berechnung der Wärmebrücken Oberer Gebäudeanschluss ist zu beachten, dass dieser variiert, da im Bestand der obere Gebäudeanschluss der Anschluss an den unbeheizten Dachboden und in der Sanierung an das Attikadetail darstellt.

### 1. Oberer Gebäudeanschluss - Sanierung

#### Psi - Wert Berechnung

$$Q = 24,607 \quad \text{W/m}$$

$$L2d = Q/dT$$

$$L2d = 0,984 \quad \text{W/(mK)}$$

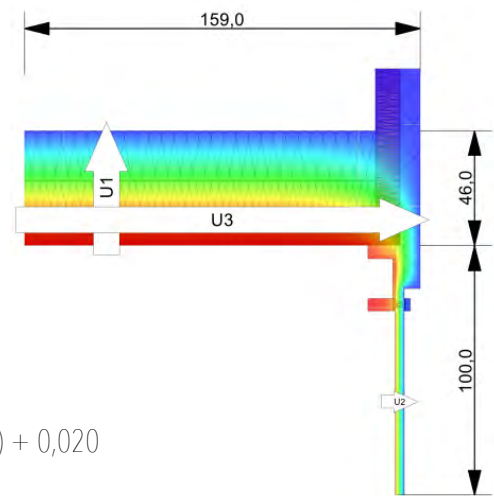
$$U1 = 0,099 \quad \text{W/(m}^2\text{K)}$$

$$U2 = 0,834 \quad \text{W/(m}^2\text{K)}$$

$$U3 = 0,105 \quad \text{W/(m}^2\text{K)}$$

$$\Psi_{si} = L2d - \sum(U * L * F_x) + \text{Zuschlag}$$

$$\begin{aligned} \Psi_{si} &= 0,984 - (0,099 * 1,59 * 1,0 + 0,834 * 1,0 * 1,0 + 0,105 * 0,46 * 0,2) + 0,020 \\ &= 0,003 \end{aligned}$$

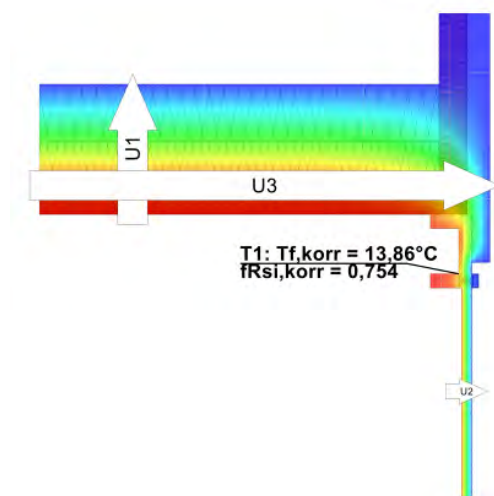


#### fRsi - Wert Berechnung

$$\theta_{si} = 14,36 \quad \text{W/m}$$

$$fR_{si} = ((\theta_{si} + \text{Korrekturfaktor } dT_f) - \theta_e) / (\theta_i - \theta_e)$$

$$\begin{aligned} fR_{si} &= ((14,36 + (-0,5)) - (-5)) / (20 - (-5)) \\ &= 0,754 \end{aligned}$$



# 3 BERECHNUNGEN

## 3.5 Wärmebrückenberechnung

Für die Fensteranschlüsse wurde jeweils das Ersatzsystem verwendet. Bei der Verwendung eines Ersatzsystems müssen Korrekturwerte mit berechnet werden. Diese Werte wurden aus der DIN 4108 Beiblatt 2 Tabellen 58 ff entnommen. Zusätzlich müssen bei der fRsi- Wert Berechnung für die Fensteranschlüsse Temperaturkorrekturfaktoren vorgenommen werden. Diese sind abhängig von dem Fensteranschluss sowie dem Fenstermaterial.

### 2. Fensterbrüstung - Bestand

#### Psi - Wert Berechnung

$$Q = 50,012 \quad \text{W/m}$$

$$L2d = Q/dT$$

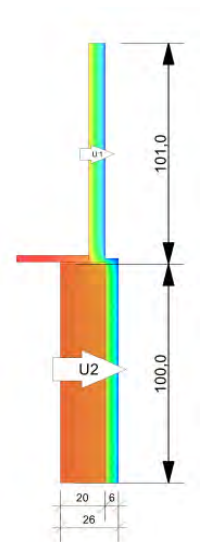
$$L2d = 2,000 \quad \text{W/(mK)}$$

$$U1 = 1,412 \quad \text{W/(m}^2\text{K)}$$

$$U2 = 0,541 \quad \text{W/(m}^2\text{K)}$$

$$\text{Psi} = L2d - \Sigma(U * L * Fx) + \text{Zuschlag}$$

$$\begin{aligned} \text{Psi} &= 2,000 - (1,412 * 1,01 * 1,0 + 0,541 * 1,0 * 1,0) + 0,080 \\ &= 0,113 \end{aligned}$$



#### fRsi - Wert Berechnung

$$\theta_{si} = 16,173 \quad \text{W/m}$$

$$fR_{si} = ((\theta_{si} + \text{Korrekturfaktor } dT_f) - \theta_e) / (\theta_i - \theta_e)$$

$$\begin{aligned} fR_{si} &= ((16,173 + (-1,5)) - (-5)) / (20 - (-5)) \\ &= 0,787 \end{aligned}$$



# 3 BERECHNUNGEN

## 3.5 Wärmebrückenberechnung

Für die Fensteranschlüsse wurde jeweils das Ersatzsystem verwendet. Bei der Verwendung eines Ersatzsystems müssen Korrekturwerte mit berechnet werden. Diese Werte wurden aus der DIN 4108 Beiplatt 2 Tabellen 58 ff entnommen. Zusätzlich müssen bei der fRSI - Wert Berechnung für die Fensteranschlüsse Temperaturkorrekturfaktoren vorgenommen werden. Diese sind abhängig von dem Fensteranschluss sowie dem Fenstermaterial.

## 2. Fensterbrüstung - Sanierung

### Psi - Wert Berechnung

$$Q = 39,786 \quad \text{W/m}$$

$$L2d = Q/dT$$

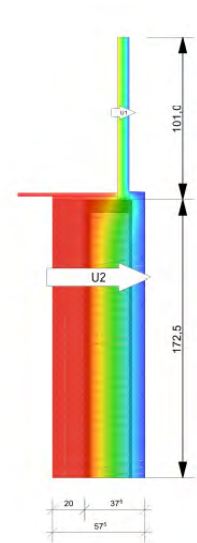
$$L2d = 1,591 \quad \text{W/(mK)}$$

$$U1 = 1,412 \quad \text{W/(m}^2\text{K)}$$

$$U2 = 0,126 \quad \text{W/(m}^2\text{K)}$$

$$\text{Psi} = L2d - \Sigma(U * L * Fx) + \text{Zuschlag}$$

$$\begin{aligned} \text{Psi} &= 1,591 - (1,412 * 1,01 * 1,0 + 0,126 * 1,725 * 1,0) + 0,080 \\ &= 0,028 \end{aligned}$$

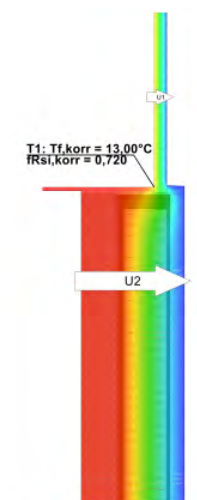


### fRSi - Wert Berechnung

$$\theta_{si} = 14,499 \quad \text{W/m}$$

$$f_{RSi} = ((\theta_{si} + \text{Korrekturfaktor } dT_f) - \theta_e) / (\theta_i - \theta_e)$$

$$\begin{aligned} f_{RSi} &= ((14,499 + (-1,5)) - (-5)) / (20 - (-5)) \\ &= 0,720 \end{aligned}$$



# 3 BERECHNUNGEN

## 3.5 Wärmebrückenberechnung

### 3. Auskragung 1.OG - Bestand

#### Psi - Wert Berechnung

$$Q = 62,558 \quad \text{W/m}$$

$$L2d = Q/dT$$

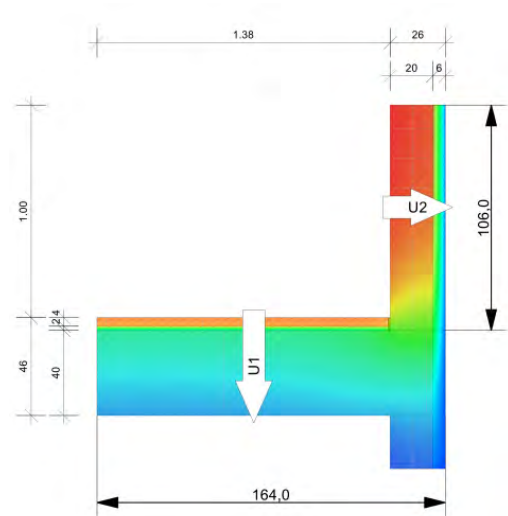
$$L2d = 2,502 \quad \text{W/(mK)}$$

$$U1 = 1,056 \quad \text{W/(m}^2\text{K)}$$

$$U2 = 0,541 \quad \text{W/(m}^2\text{K)}$$

$$\Psi_{si} = L2d \cdot \sum(U \cdot L \cdot F_x)$$

$$\begin{aligned} \Psi_{si} &= 2,502 \cdot (1,056 \cdot 1,64 \cdot 1,0 + 0,541 \cdot 1,06 \cdot 1,0) \\ &= 0,197 \end{aligned}$$

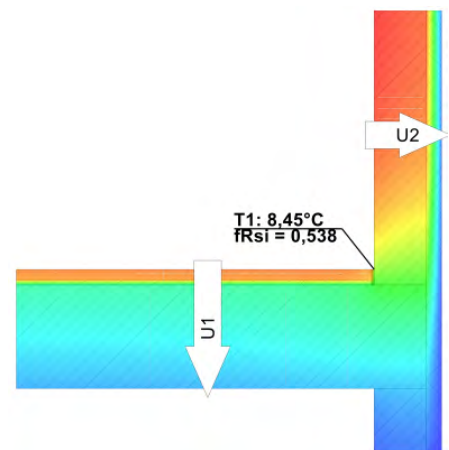


#### fRsi - Wert Berechnung

$$\theta_{si} = 8,452 \quad \text{W/m}$$

$$fR_{si} = (\theta_{si} - \theta_e) / (\theta_i - \theta_e)$$

$$\begin{aligned} fR_{si} &= (8,452 - (-5)) / (20 - (-5)) \\ &= 0,538 \end{aligned}$$



# 3 BERECHNUNGEN

## 3.5 Wärmebrückenberechnung

### 3. Auskragung 1.OG - Sanierung

#### Psi - Wert Berechnung

$$Q = 13,682 \quad \text{W/m}$$

$$L2d = Q/dT$$

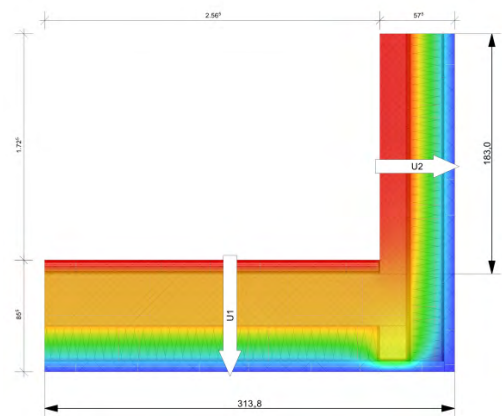
$$L2d = 0,547 \quad \text{W/(mK)}$$

$$U1 = 0,126 \quad \text{W/(m}^2\text{K)}$$

$$U2 = 0,102 \quad \text{W/(m}^2\text{K)}$$

$$\text{Psi} = L2d - \sum(U * L * Fx)$$

$$\begin{aligned} \text{Psi} &= 0,547 - (0,102 * 3,138 * 1,0 + 0,126 * 1,83 * 1,0) \\ &= -0,003 \end{aligned}$$

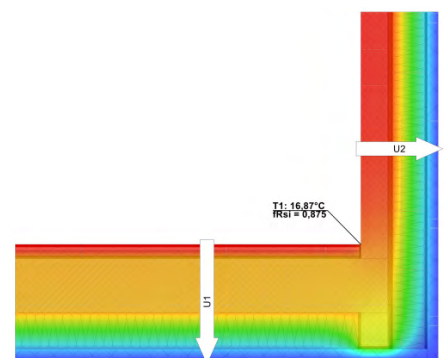


#### fRsi - Wert Berechnung

$$\theta_{si} = 16,872 \quad \text{W/m}$$

$$fR_{si} = (\theta_{si} - \theta_e) / (\theta_i - \theta_e)$$

$$\begin{aligned} fR_{si} &= (16,872 - (-5)) / (20 - (-5)) \\ &= 0,875 \end{aligned}$$



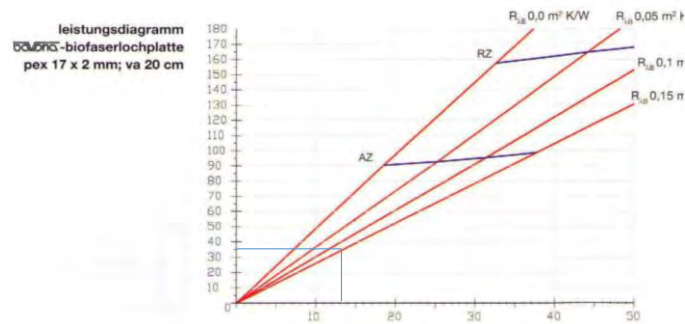
# 3 BERECHNUNGEN

## 3.6 Heizlastberechnung - Eingang EG

In der folgenden Tabelle wird die Heizlast des Eingangsbereichs berechnet. Dieser Raum grenzt im Osten und Süden an Außenluft.

Orientierung	Bauteil	Anzahl	Breite	Länge/Höhe	Bruttofläche	Abzugfläche	Nettofläche	grenz an	angrenzende Temperatur	Korrekturfaktoren	U-Wert	Korrekturwert Wärmebrücken	korrigierter U-Wert	Wärmeverlust Koeffizient	Transmissionswärmeverlust
		n	b	l/h	A <sub>brutto</sub>	A <sub>abzug</sub>	A <sub>netto</sub>	e/u	$\Theta_e/\Theta_b$	e/b <sub>u</sub>	U	delta U <sub>WB</sub>	U <sub>Crequiv</sub>	H <sub>T</sub>	Φ <sub>T</sub>
			m		m <sup>2</sup>			g/b	°C	f <sub>sp</sub> /f <sub>sg</sub>	W/m <sup>2</sup> K			W/K	W
Osten	AW	1	14,85	4,35	64,60	64,60	0,00	Außenluft	-14	1	0,13	0,03	0,16		0
	F1 - PR	1	14,85	4,35	64,60		64,60	Außenluft	-14	1	0,8	0,03	0,8		1877
Süden	AW	1	7,91	4,35	34,39	34,39	0,00	Außenluft	-14	1	0,13	0,03	0,16		0
	F1 - PR	1	7,91	4,35	34,39		34,39	Außenluft	-14	1	0,8	0,03	0,8		999
Boden gg. Erd.	BD	1			164,76		164,76	Erdreich	8,5	0,5	0,10	0,03	0,13		264
Transmissionswärmeverluste													H <sub>T</sub>	W	3139
mit Blower-Door-Test					0,6*0,34*V				361,28 m <sup>3</sup> /h			2580 W			
Lüftungswärmeverluste													H <sub>V</sub>	W	2580
Netto-Heizlast													W		5719
													kW		6
Flächenbezogene Heizlast													W/m <sup>2</sup>		35

Heizlast: 35 W/m<sup>2</sup>  
 Raumtemperatur: 21 °C  
 Heizmittelüber-  
 temperatur: 13 K  
 Heizmitteltemp.: 34 °C  
 Spreizung: 6 K  
  
 T<sub>RI</sub>: 37 °C  
 T<sub>RI</sub>: 31 °C  
  
 Heizkreise: 9 Stck



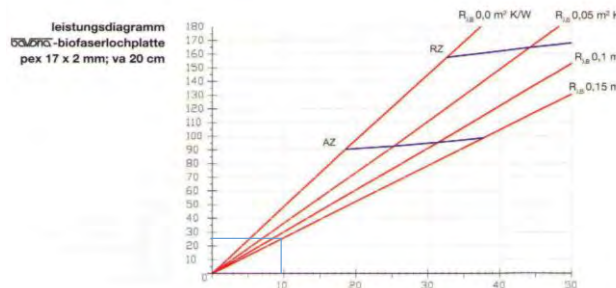
# 3 BERECHNUNGEN

## 3.6 Heizlastberechnung - Leseinsel EG

In der folgenden Tabelle wird die Heizlast der Leseinsel berechnet. Dieser Raum grenzt nur zu einer Seite an die Außenluft, die anderen Bereiche grenzen an beheizte Bereiche an.

Orientierung	Bauteil	Anzahl	Breite	Länge/Höhe	Bruttofläche	Abzugsfläche	Nettofläche	grenz an	angrenzende temperatur	Korrekturfaktoren	U-Wert	Korrekturwert Wärmebrücken	korrigierter U-Wert	Wärmeverlustkoeffizient	Transmissionswärmeverlust
		n	b	l / h	A <sub>brutto</sub>	A <sub>abzug</sub>	A <sub>netto</sub>	e/u	Θ <sub>e</sub> /Θ <sub>b</sub>	e/b <sub>u</sub>	U	delta U <sub>wb</sub>	U <sub>C/equiv</sub>	H <sub>T</sub>	Φ <sub>T</sub>
			m		m <sup>2</sup>			g/b	°C	f <sub>g2</sub> /f <sub>g</sub>	W/m <sup>2</sup> K	W/m <sup>2</sup> K	W/K	W	W
Westen	AW	1	8,40	3,95	33,18	8,80	24,38	Außenluft	-14	1	0,13	0,03	0,16		133
	F1	4	1,00	2,20	8,80		8,80	Außenluft	-14	1	0,6	0,03	0,6		194
Transmissionswärmeverluste													H <sub>T</sub>	W	327
mit Wärmerückgewinnung					V(punkt)*0,34*(1-0,80)		559,00 m <sup>3</sup> /h		1330 W						
Lüftungswärmeverluste													H <sub>V</sub>	W	1330
Netto-Heizlast													W	1658	
													kW	2	
Flächenbezogene Heizlast													W/m <sup>2</sup>	24	

Heizlast: 24 W/m<sup>2</sup>  
 Raumtemperatur: 21 °C  
 Heizmittelüber-  
 temperatur: 9,5 K  
 Heizmitteltemp.: 30,5 °C  
 Spreizung: 6 K  
  
 T<sub>VL</sub>: 34 °C  
 T<sub>RL</sub>: 28 °C  
  
 Heizkreise: 4 Stck



Höchste Vorlauftemperatur - Eingang EG 37 °C

T<sub>VL</sub>: 37 °C  
 T<sub>RL</sub>: 28 °C

Heizmitteltemp.: 32 °C  
 Spreizung: 10 K



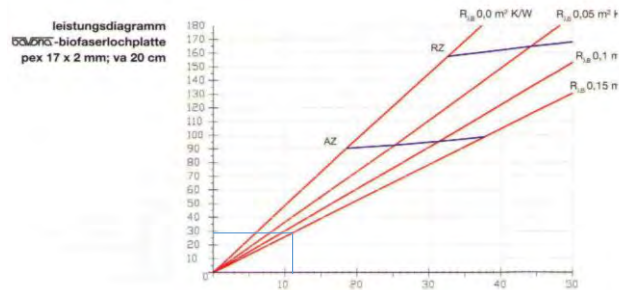
# 3 BERECHNUNGEN

## 3.6 Heizlastberechnung - Klassenzimmer 1.OG

In der folgenden Tabelle wird die Heizlast eines Klassenzimmers berechnet. Dieser Raum grenzt zu zwei Seiten an die Außenluft, die anderen Bereiche grenzen an beheizte Bereiche an.

Orientierung	Bauteil	Anzahl	Breite	Länge/Höhe	Bruttofläche	Abzugfläche	Nettofläche	grenz an	angrenzende Temperatur	Korrekturfaktoren	U-Wert	Korrekturwert Wärmebrücken	Korrigierter U-Wert	Wärmeverlustkoeffizient	Transmissionswärmeverlust	
		n	b	l/h	A <sub>brutto</sub>	A <sub>abzug</sub>	A <sub>netto</sub>	e/u	Θ <sub>j</sub> /Θ <sub>b</sub>	e/b <sub>u</sub>	U	delta U <sub>WB</sub>	U <sub>cequiv</sub>	H <sub>T</sub>	Φ <sub>T</sub>	
			m		m <sup>2</sup>			g/b	°C	f <sub>32</sub> /f <sub>5</sub>	W/m <sup>2</sup> K			W/K	W	
Osten	AW	1	8,65	3,95	34,17	9,60	24,57	Außenluft	-14	1	0,13	0,03	0,16		134	
Süden	F1	4	1,00	2,40	9,60		9,60	Außenluft	-14	1	0,6	0,03	0,6		212	
	AW	1	8,40	3,95	33,18	9,60	23,58	Außenluft	-14	1	0,13	0,03	0,16		130	
	F1	4	1,00	2,40	9,60		9,60	Außenluft	-14	1	0,6	0,03	0,6		212	
Transmissionswärmeverluste													H <sub>T</sub>	W	687	
mit Wärmerückgewinnung					V(punkt)*0,34*(1-0,80)		480,00 m <sup>3</sup> /h				1142 W					
Lüftungswärmeverluste													H <sub>V</sub>	W	1142	
Netto-Heizlast															W	1829
															kW	2
Flächenbezogene Heizlast															W/m <sup>2</sup>	27

Heizlast: 27 W/m<sup>2</sup>  
 Raumtemperatur: 21 °C  
 Heizmittelüber-  
 temperatur: 11 K  
 Heizmitteltemp.: 32 °C  
 Spreizung: 6 K  
 T<sub>VL</sub>: 35 °C  
 T<sub>RL</sub>: 29 °C  
 Heizkreise: 4 Stck



Höchste Vorlauftemperatur - Eingang EG

37 °C

T<sub>VL</sub>: 37 °C  
 T<sub>RL</sub>: 29 °C

Heizmitteltemp.: 33 °C  
 Spreizung: 8 K

# 3 BERECHNUNGEN

## 3.6 Heizlastberechnung - Grundschule

Bei dieser Heizlastberechnung wird die gesamte Grundschule als ein Raum berechnet.

Orientierung	Bauteil	Anzahl	Bruttofläche	Abzugsfläche	Nettofläche	grenzt an	angrenzende Temperatur	Korrekturfaktoren	U-Wert	Korrekturwert Wärmebrücken	korrigierter U-Wert	Wärmeverlust-Koeffizient	Transmissionswärmeverlust
		n	A <sub>brutto</sub>	A <sub>abzug</sub>	A <sub>netto</sub>	e/u	Θ <sub>u</sub> /Θ <sub>o</sub>	e/b <sub>u</sub>	U	delta U <sub>WB</sub>	U <sub>Cl<sub>equiv</sub></sub>	H <sub>T</sub>	Φ <sub>T</sub>
			m <sup>2</sup>			g/b	°C	f <sub>12</sub> /f <sub>g</sub>	W/m <sup>2</sup> K			W/K	W
Norden	AW	1	14,30		14,30	Außenluft	-14	1	0,13	0,03	0,16		78
Norden	AW DG	1	88,76	74,00	14,76	Außenluft	-14	1	0,11	0,03	0,14		70
	F1 - PR	1	74,00		74,00	Außenluft	-14	1	0,80	0,03	0,83		2150
Westen	AW	1	586,67	163,10	423,57	Außenluft	-14	1	0,13	0,03	0,16		2313
	F1	33	79,20		79,20	Außenluft	-14	1	0,60	0,03	0,63		1746
	F2	23	50,60		50,60	Außenluft	-14	1	0,60	0,03	0,63		1116
	F3	18	33,30		33,30	Außenluft	-14	1	0,60	0,03	0,63		734
Westen	AW DG	1	305,38	277,50	27,88	Außenluft	-14	1	0,11	0,03	0,14		132
	F1 - PR	1	277,50		277,50	Außenluft	-14	1	0,80	0,03	0,83		8061
Westen	AW 17,5 Stb	1	83,03	19,80	63,23	Außenluft	-14	1	0,13	0,03	0,16		347
	F1	9	19,80		19,80	Außenluft	-14	1	0,60	0,03	0,63		437
Süden	AW	1	148,15	46,37	101,79	Außenluft	-14	1	0,13	0,03	0,16		556
	F1	5	12,00		12,00	Außenluft	-14	1	0,60	0,03	0,63		265
	F2 - PR	1	34,37		34,37	Außenluft	-14	1	0,80	0,03	0,83		998
Süden	AW DG	1	88,71	85,10	3,61	Außenluft	-14	1	0,11	0,03	0,14		17
	F1 - PR	1	85,10		85,10	Außenluft	-14	1	0,80	0,03	0,83		2472
Süden	AW 17,5 Stb	1	43,96	8,80	35,16	Außenluft	-14	1	0,13	0,03	0,16		193
	F1	4	8,80		8,80	Außenluft	-14	1	0,60	0,03	0,63		194
Osten	AW	1	526,33	190,23	336,10	Außenluft	-14	1	0,13	0,03	0,16		1835
	F1 - PR	1	64,60		64,60	Außenluft	-14	1	0,80	0,03	0,83		1877
	F2 - PR	1	6,95		6,95	Außenluft	-14	1	0,80	0,03	0,83		202
	F3	18	39,60		39,60	Außenluft	-14	1	0,60	0,03	0,63		873
	F4	30	72,00		72,00	Außenluft	-14	1	0,60	0,03	0,63		1588
	T1	1	7,08		7,08	Außenluft	-14	1	1,00	0,03	1,03		255
Osten	AW DG	1	305,38	273,80	31,58	Außenluft	-14	1	0,11	0,03	0,14		159
	F1 - PR	1	273,80		273,80	Außenluft	-14	1	0,80	0,03	0,83		7954
Osten	AW 17,5 Stb	1	19,14	2,20	16,94	Außenluft	-14	1	0,13	0,03	0,16		93
	F1	1	2,20		2,20	Außenluft	-14	1	0,60	0,03	0,63		49
Kellerwand	KW	1	124,08		124,08	Erdreich	8,5	0,5	0,10	0,03	0,13		199
KG IW 11,5	KG IW	1	59,98	10,77	49,21	unbeheizt	16	0,5	0,38	0,03	0,41		102
	T1	1	4,29		4,29	unbeheizt	16	0,5	1,00	0,03	1,03		22
	T2	3	6,48		6,48	unbeheizt	16	0,5	1,00	0,03	1,03		33
KG IW 24	KG IW	1	85,68	6,48	79,20	unbeheizt	16	0,5	0,36	0,03	0,39		153
	T1	3	6,48		6,48	unbeheizt	16	0,5	1,00	0,03	1,03		33
Decke	EG DE unbe.	1	518,84		518,84	unbeheizt	16	0,5	0,11	0,03	0,14		374
Bodenplatte	KG BP	1	402,13		402,13	Erdreich	8,5	0,5	0,10	0,03	0,13		643
Bodenplatte	EG BP	1	519,38		519,38	Erdreich	8,5	0,5	0,10	0,03	0,13		831
Decke	DE AL	1	106,12		106,12	Außenluft	-14	1	0,10	0,03	0,13		490
Dach	D	1	1481,49		1481,49	Außenluft	-14	1	0,10	0,03	0,13		6689

Transmissionswärmeverluste		H <sub>T</sub>	W	46332
----------------------------	--	----------------	---	-------

mit Wärmerückgewinnung	V(Punkt)*0,34*(1-0,80)	17970 m <sup>3</sup> /h	42769 W	
------------------------	------------------------	-------------------------	---------	--

Lüftungswärmeverluste		H <sub>V</sub>	W	42769
-----------------------	--	----------------	---	-------

Netto-Heizlast			W	89101
----------------	--	--	---	-------

			kW	89
--	--	--	----	----

Flächenbezogene Heizlast			W/m <sup>2</sup>	22
--------------------------	--	--	------------------	----

# 3 BERECHNUNGEN

## 3.7 Sommerlicher Wärmeschutz

Da das Dachgeschoss komplett verglast ist und die Hülle aus einer Pfosten-Riegel-Fassade besteht, wurde hier der sommerlicher Wärmeschutz mit Hilfe der Simulation bei ZUB Helena nachgewiesen.

Für die Simulation wurde der Musikraum im Südosten des Dachgeschosses betrachtet.

### Technische Daten:

Nettovolumen: 503,5 m<sup>3</sup>

NGF: 134,26 m<sup>2</sup>

Nachlüftung: erhöhte Nachlüftung

Sonnenschutz: Fensterläden, Rolläden,  $\frac{3}{4}$  geschlossen (außenliegend)

Variable Sonnenschutzvorrichtung mit manueller Steuerung oder Standardgrenzbestrahlungsstärken

Fenster: Sonnenschutzverglasung, g-Wert ist kleiner oder gleich 0,40

### Ergebnisse:

Bezugswerte  $\theta_{b,op}$  der

Innentemperatur: 26°C

Übertemperaturgradstunden: 497,6 Kh/a

Übertemperaturstunden: 273 h/a

Die Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz sind erfüllt.

Um die Temperatur weiter herabzusetzen und eine Überhitzung zu kompensieren, können PCMs auf die Deckensegel gelegt werden.

Für den Musikraum würden bei einer Deckensegelfläche von 62,4%, was einem Flächenanteil von 46% entspricht, 14 kg/m<sup>2</sup> PCM benötigt werden. Die Temperatur während der Nacht müsste auf mind. 20,2°C abkühlen, sodass eine vollständige Regeneration der PCMs stattfinden kann.

# 3 BERECHNUNGEN

## 3.7 Sommerlicher Wärmeschutz

### PCM AUSLEGUNG

Erforderliche Masse an PCM im Musikraum

Speicherfähigkeit PCM - mittlere Kühllast von 200 Wh/(Tag\*m<sup>2</sup>)

	Grundfläche m <sup>2</sup>	Segelfläche m <sup>2</sup>	Flächenanteil %	PCM-Belegung kg/m <sup>2</sup>	Masse an PCM kg
Musikraum:	134,26	62,4	46%	14	874
Musikraum:					874

Angaben:	
Temperatur Tag:	25 °C
Regenerationszeit:	9 h
Wärmeübergangskoeffizient:	10 W/m <sup>2</sup> K
Mittlere Kühllast:	200 Wh/m <sup>2</sup> d

Büro 1:	
Q =	26852 Wh/d
Q(dot) =	2984 W
Delta T =	4,78 K
Temperatur Nacht	20,2 °C

$Q = \text{Grundfläche} * \text{mittlere Kühllast}$

$Q(\text{dot}) = Q/t$

$\Delta T = Q(\text{dot}) / (U * \text{Segelfläche})$

