

Bauphysikalische Berechnung

Thermische Bauphysik

Energieeinsparnachweis gem. Gebäudeenergiegesetz 2020 ab dem 01.01.2024
(GEG2024)

Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes

Projekt:

Erweiterung Freiherr-vom-Stein-Gymnasium
Dieckmannstraße 141
48161 Münster

Bauherr:

Stadt Münster - Amt für Immobilienmanagement
Albersloher Weg 33
48155 Münster

Entwurfsverfasser:

Aufsteller:

den 07.08.2024

Inhalt

Verwendete Normen, Verordnungen und Richtlinien	4
A. Vorbemerkungen	5
Wärmeschutznachweis	5
Objektbeschreibung	5
Allgemeines	5
Grundlagen	5
Anforderungen	6
Thermische Hülle	7
Bauteile	13
Anlagentechnik	14
Zonierung	15
Sommerlicher Wärmeschutznachweis	19
Grundlagen	19
Randbedingungen	19
Hinweise	19
B. Ergebnisse	28
Sommerlicher Wärmeschutznachweis	28
Wärmeschutznachweis	29
C. Bauteilkonzept	30
Bauteilübersichten	30
Bauteil: 11-Bodenplatte (11)	32
Bauteil: 12 Bodenplatte UG (12)	33
Bauteil: 21-Außenwand-WDVS (21)	34
Bauteil: 22-Außenwand-PRF (22)	35
Bauteil: 23 Außenwand PRF (23)	36
Bauteil: 28-Außenwand-Ueberfahrt (28)	37
Bauteil: 29 Außenwand UG (29)	38
Bauteil: 41 Dach (41)	39
Bauteil: 42-Decke nach unten (42)	40
Bauteil: 43-Dach-Brücke (43)	42
Bauteil: 44 Dach Ueberfahrt (44)	43
Bauteil: 51-Fenster (51)	44
Bauteil: 57 Außentuer Glas (57)	44
Bauteil: 58 RWA (58)	44
Bauteil: 59 Außentuer PRF (59)	44
Bauteil: 71-PRF (71)	44
Bauteil: 72 PRF (72)	44
Bauteil: 73-PRF (73)	45
D. Energetische Bewertung von Gebäuden	46
1.0 Geplante Gebäudezonen (DIN V 18599 1)	46
2.0 Transmissionswärmetransfer (DIN V 18599-2)	47
3.0 Lüftungswärmetransfer (DIN V 18599 2)	51
4.0 Solare Wärmequellen (DIN V 18599 2)	52
5.0 Interne Wärme- und Kältequellen (DIN V 18599-2)	54
6.0 Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (DIN V 18599-2)	55
7.0 Heizwärmebedarf (DIN V 18599 2)	55
9.0 RLT-Systeme (DIN V 18599-3)	60
10.0 Beleuchtungssysteme (DIN V 18599 4)	61
11.0 Klimakältesysteme (DIN V 18599 7)	64
12.0 Warmwassersysteme (DIN V 18599-8)	65
13.0 Heizsysteme (DIN V 18599-5)	66
14.0 Energiebedarf (DIN V 18599-1)	70
15.0 Nachweise	71
17.0 Nutzung von erneuerbaren Energien	72
20.0 Bundesförderprogramme (BEG)	73

E. Energetische Bewertung von Gebäuden (Referenzgebäude)	74
F. Längen, Flächen, Volumen und Faltsmodelle	101
Flächenberechnung	101
Faltsmodelle	109

Verwendete Normen, Verordnungen und Richtlinien

Gebäudeenergiegesetz – GEG 2024

Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme und Kälteerzeugung in Gebäuden, Gesetz vom 08. August 2020 zuletzt geändert am 16. Oktober 2023

DIN V 18599:2018 Teil 1 12

Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung

DIN 4108 2:2013 02

Wärmeschutz und Energie Einsparung in Gebäuden Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz

DIN 4108 3:2018 10

Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz

Gebäudeleitlinien 2020 der Stadt Münster

Klimaschutz und Nachhaltigkeit Münsters Weg zur Klimaneutralität. Stadt Münster, Amt für Immobilienmanagement, Stand September 2020 mit den Anlagen 1 5

In diesem Dokument wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit das generische Maskulinum verwendet. Weibliche und anderweitige Geschlechteridentitäten werden dabei ausdrücklich mitgemeint, soweit es für die Aussage erforderlich ist.

A. Vorbemerkungen

Wärmeschutznachweis

Objektbeschreibung

Bei dem geplanten Gebäude handelt es sich um die Erweiterung des Freiherr-vom-Stein Gymnasiums in Münster. Das Gebäude wird in massiver Bauweise erstellt und umfasst 3 Geschosse. Es erfolgt eine Anbindung an den Bestandsbau mittels zwei Brückenkonstruktionen, die das 1.OG und 2.OG erschließen.



Abbildung 1 Ausschnitt Lage des Gebäudes (aus der Machbarkeitsstudie der Stadt Münster)

Allgemeines

Das Gebäude wird gem. GEG 2024 §3 als Nichtwohngebäude eingestuft.

Es handelt sich um eine Erweiterung eines bestehenden Gebäudes, somit ist der Nachweis gem. §51 zu führen.

In Absprache mit der Stadt Münster wird der Nachweis als Neubau geführt. Der Nachweis erfolgt mit dem Mehr-Zonen-Modell nach DIN V 18599.

Aufgrund der o.g. Nachweisführung und der Gebäudecharakteristik kann ein Energiebedarfsausweis erstellt werden.

Alle errechneten Parameter und Werte dienen ausschließlich der Erfüllung des öffentlich-rechtlichen Nachweises. Alle anlagenspezifischen Werte sind der Berechnung des TGA Planers zu entnehmen.

Grundlagen

Zeichnerische Grundlage sind die Genehmigungsunterlagen des Entwurfsverfasser vom 04.07.2024 bzw. 18.07.2024.

Anforderungen

Es ist der öffentlich-rechtliche Nachweis gem. dem **GEG 2024** (Gebäudeenergiegesetz, Fassung 2020, Änderung vom 16.10.2023) zu führen.

Durch die Einhaltung der höheren Anforderungen der Gebäudeleitlinie 2020 Münster, sind die Anforderungen des GEG automatisch eingehalten.

Es ist die **Gebäudeleitlinie 2020** der Stadt Münster einzuhalten.

Folgende Anforderungen bestehen an den baulichen Wärmeschutz: Anforderungen an die U Werte:

Bauteil	W/ (m²K) *
Außenwand	< 0,15
Dach	< 0,15
Decken, Wände, Boden (auch gegen unbeheizt)	< 0,15
Bodenplatte	< 0,25
Fenster Uw	< 1,10
Verglasung	< 0,80

* zu beachten ist: < und nicht <=, somit ist der angegebene Wert zu unterschreiten

Der Nachweis des Gebäudes hat mit dem Passivhausprojektierungspaket zu erfolgen (PHPP). Der PHPP Nachweis wird intern bei der Stadt Münster geführt.

Es gilt zu beachten: Auch mit der Einhaltung der oben genannten Bauteilkennwerte können sich im Rahmen des Passivhausnachweises auch höhere Anforderungen an die Bauteile ergeben.

Da es sich um einen Neubau > 500m² NGF handelt, ist der Jahresheizwärbedarf auf 20 kWh/m²a zu begrenzen.

Eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung ist in allen Bereichen umzusetzen.

Es wird ein allgemeiner Wärmebrückenzuschlag von 0,030 W/(m²K) angesetzt. Dies setzt voraus, dass alle Details nach DIN 4108: 2019 Bbl. 2 in der dort aufgeführten Kategorie B (wärmebrückentechnisch optimiert) geplant und ausgeführt werden.

In der Berechnung ist eine Dichtheitsprüfung (Blower-Door-Test) anzusetzen. Die Dichtheitsprüfung ist von einem zertifizierten Fachplaner durchzuführen und zu protokollieren. Es gelten folgende Anforderungen:
Anforderungen gem. Gebäudeleitlinie: $n=1,0h^{-1}$

Der Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes ist mittels thermischer Simulation nachzuweisen mit einer 10% höheren Anforderung gegenüber der DIN 4108-2.

Die Dachkonstruktion ist für ein Gründach auszubilden. Ebenso ist eine PV Anlage mit zu berücksichtigen (kombiniert).

Anmerkungen seitens Verfasser

Der Nachweis des Gebäudes soll mittels PHPP geführt werden.

Jedoch weichen die o.g. Anforderungen seitens der

Gebäudeleitlinie 2020 zu den klassischen

Passivhausanforderungen ab.

Folgende Abweichungen sind derzeit erkennbar:

Das Passivhaus sieht bei den Fenstern $U_w \leq 0,80 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ vor.

Das Passivhaus sieht bei den opaken Bauteilen

$U \leq 0,15 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ vor, auch für die Bodenplatte.

Der Jahresheizwärmebedarf ist bei einem Passivhaus auf $15 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$ begrenzt.

Die Anforderung „Passivhaus“ wird daher im Weiteren als „in Anlehnung an den Passivhausstandard“ definiert.

Thermische Hülle

Die thermische Hülle des Gebäudes verläuft entlang der Außenbauteile. Die Brückenkonstruktionen werden mit in die thermische Hülle einbezogen.

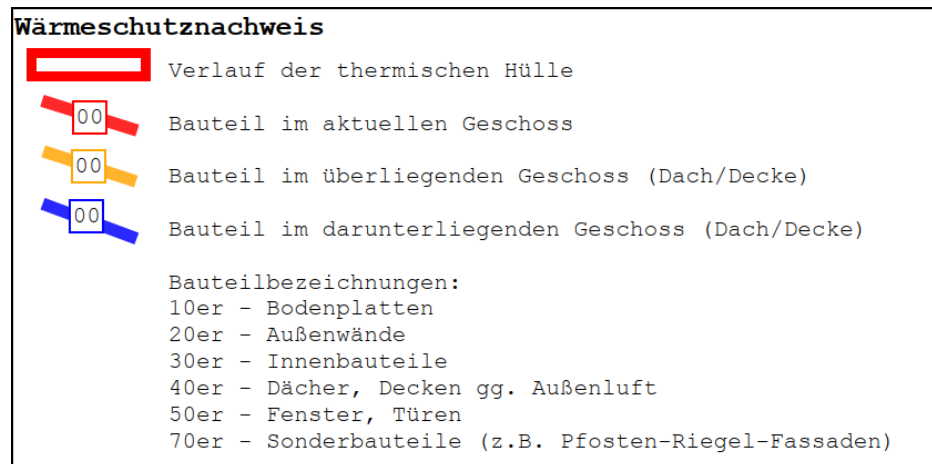


Abbildung 2 Legende Wärmeschutznachweis

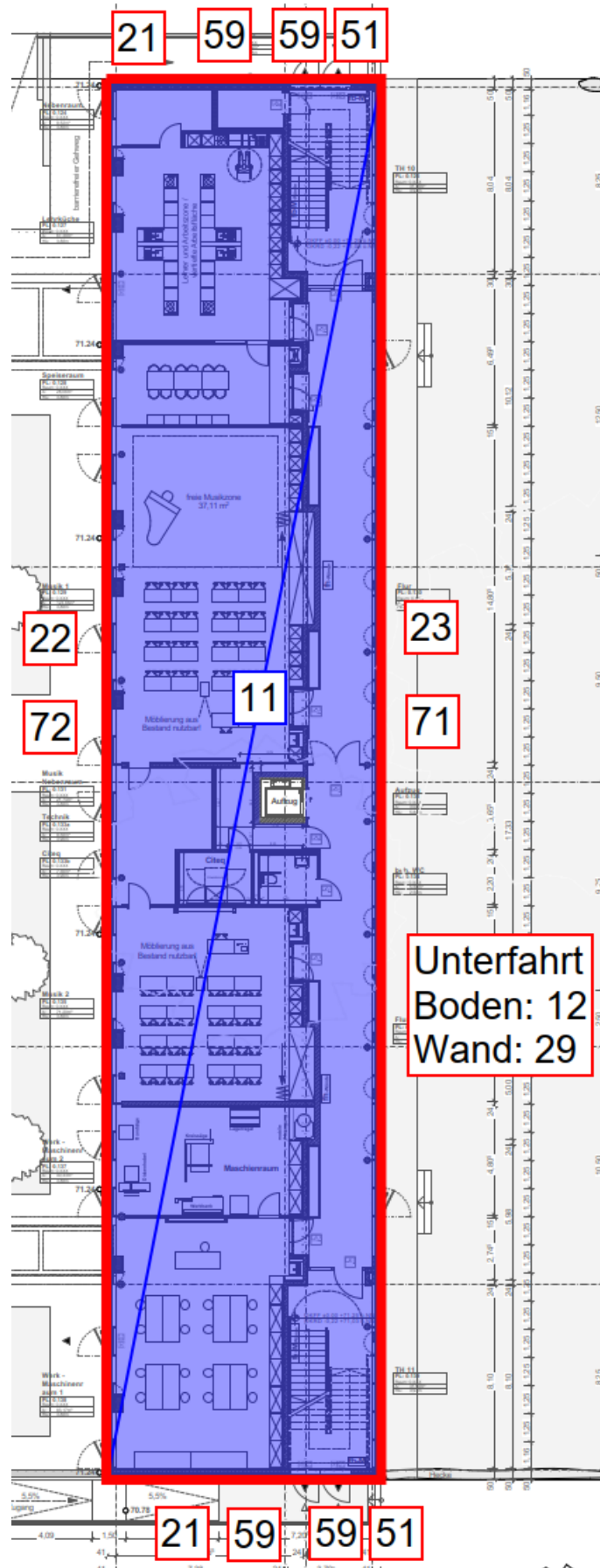


Abbildung 3 Verlauf der thermischen Hülle (EG)

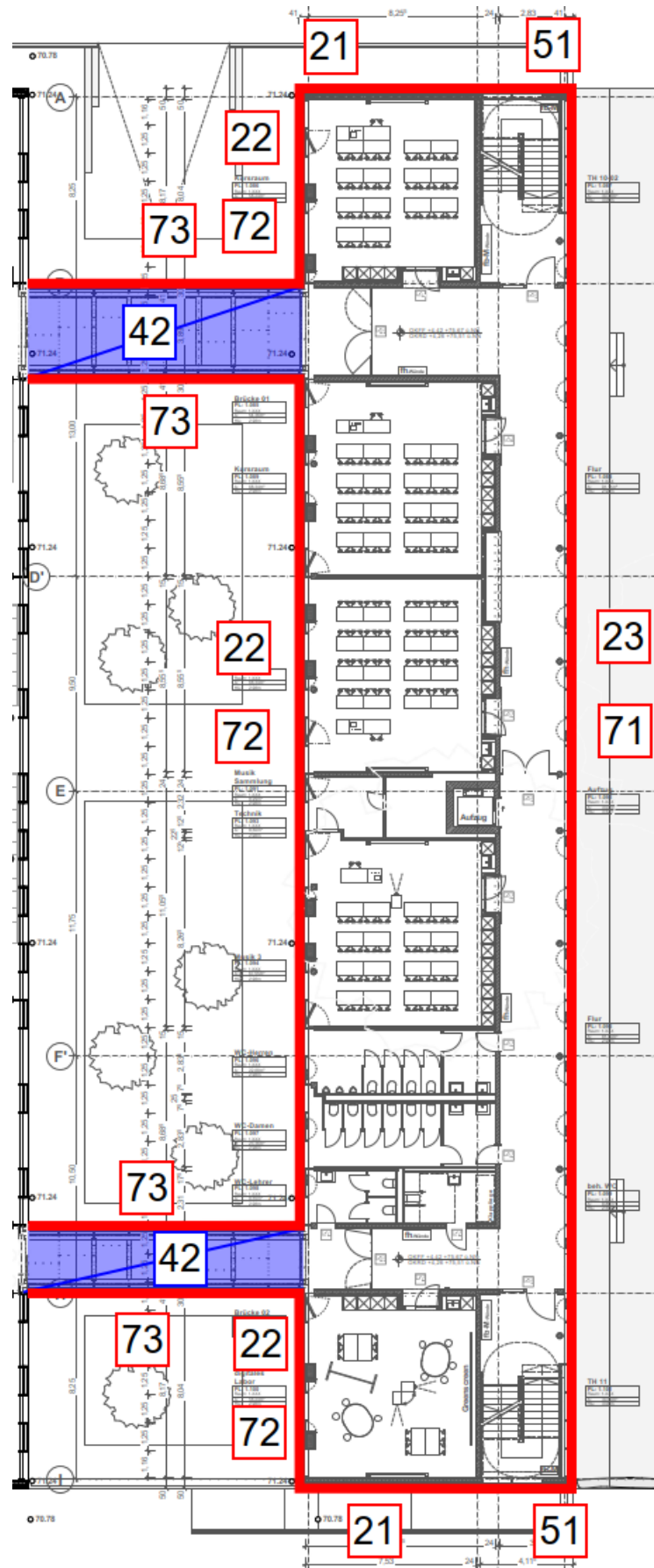


Abbildung 4 Verlauf der thermischen Hülle (1.OG)

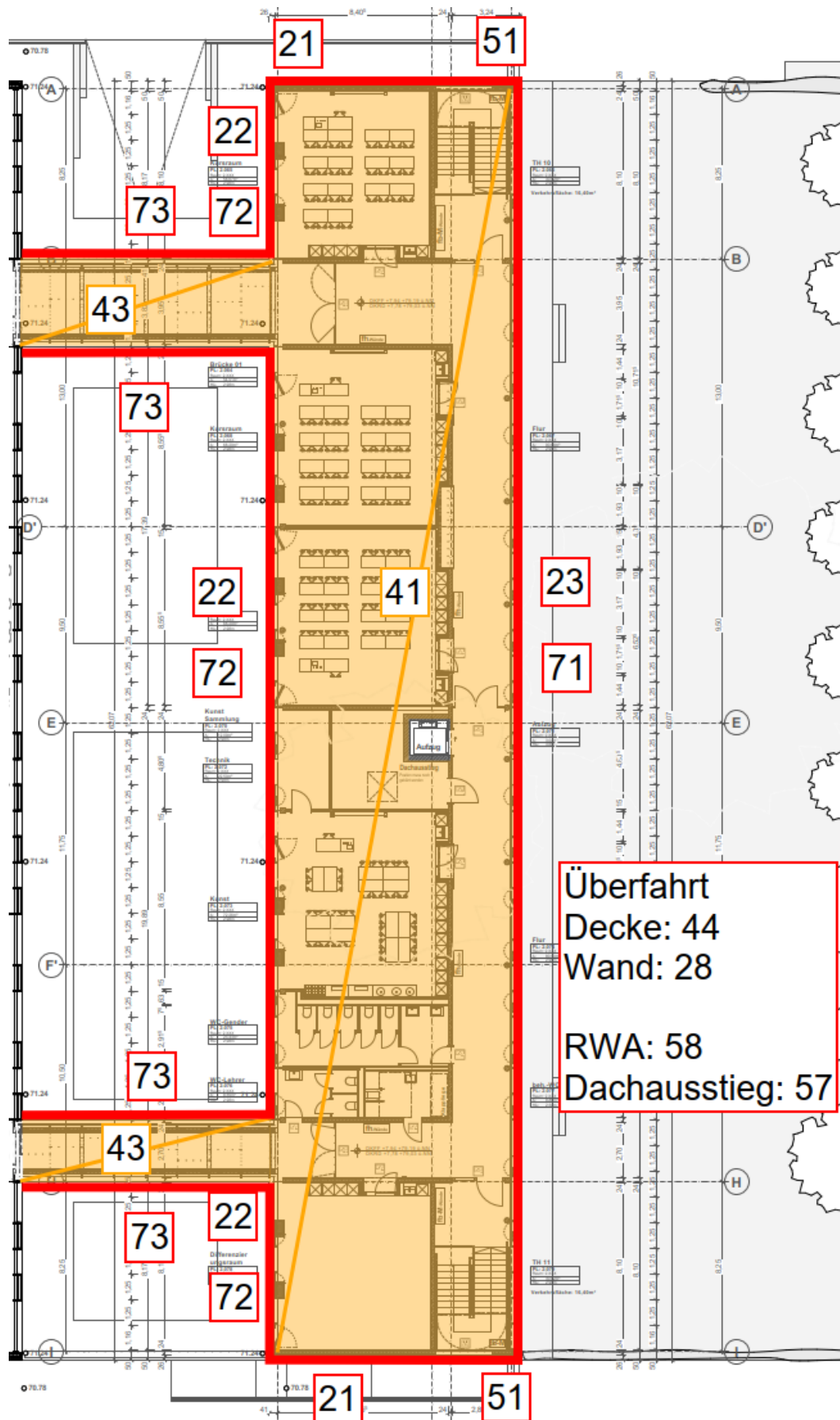


Abbildung 5 Verlauf der thermischen Hülle (2.OG)

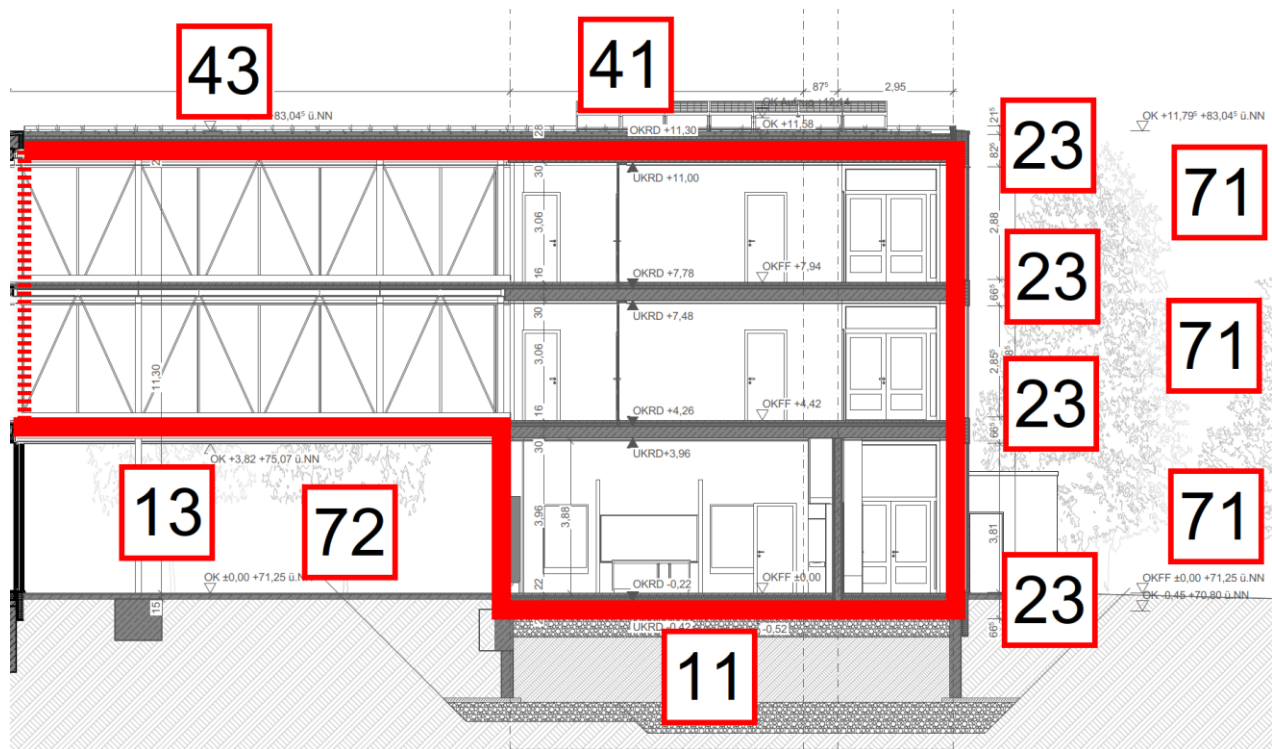


Abbildung 6 Verlauf der thermischen Hülle (Schnitt A A)

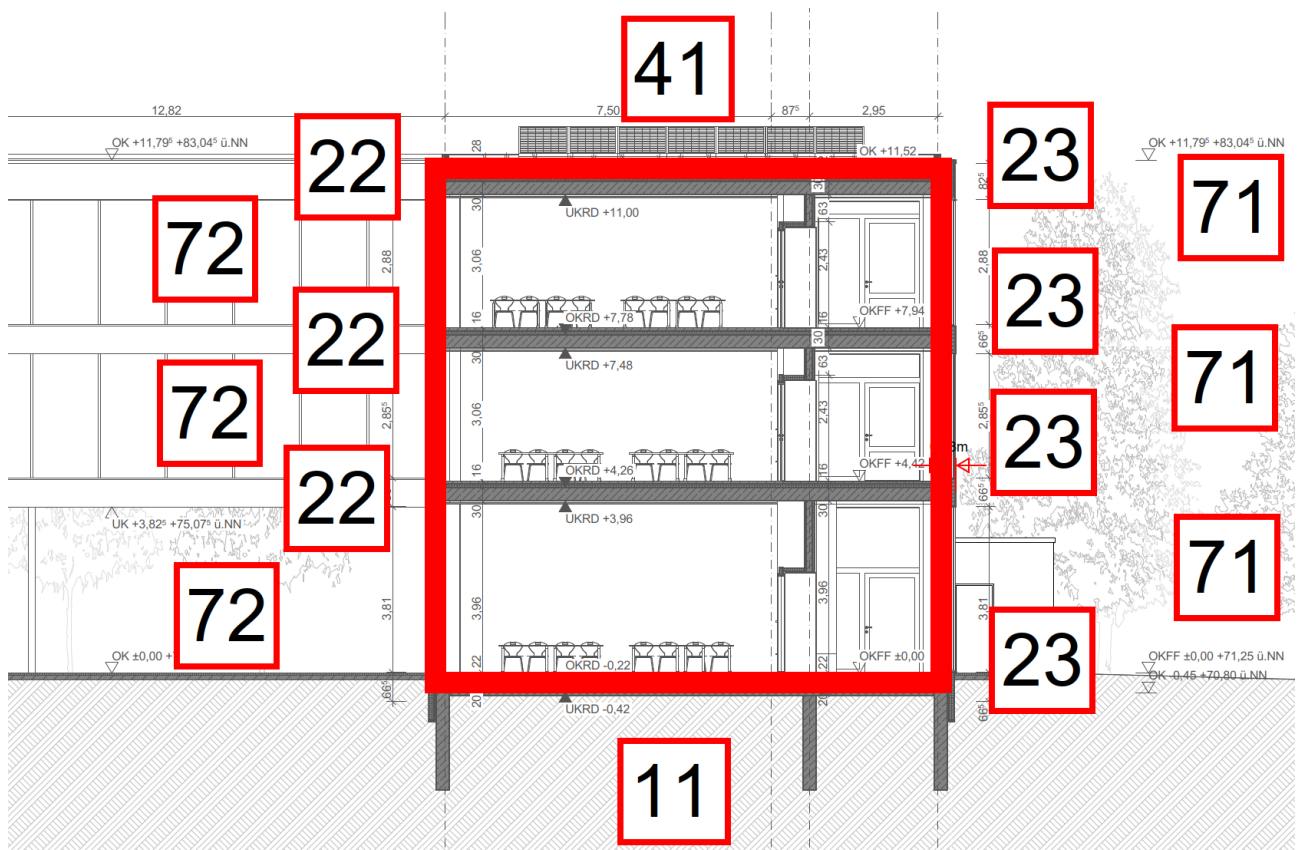


Abbildung 7 Verlauf der thermischen Hülle (Schnitt B-B)

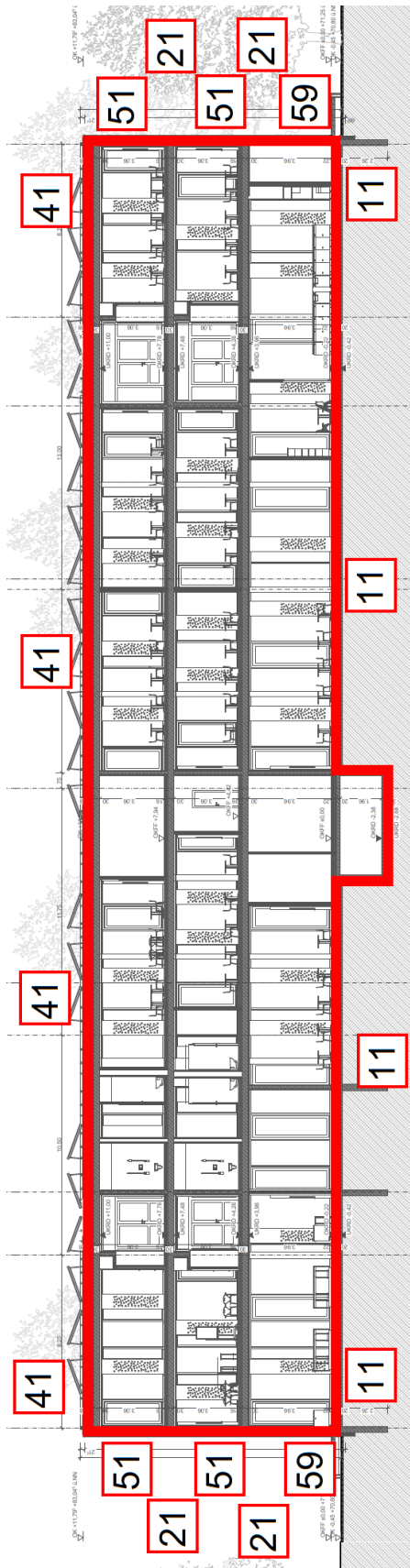


Abbildung 8 Verlauf der thermischen Hülle (Schnitt C C)

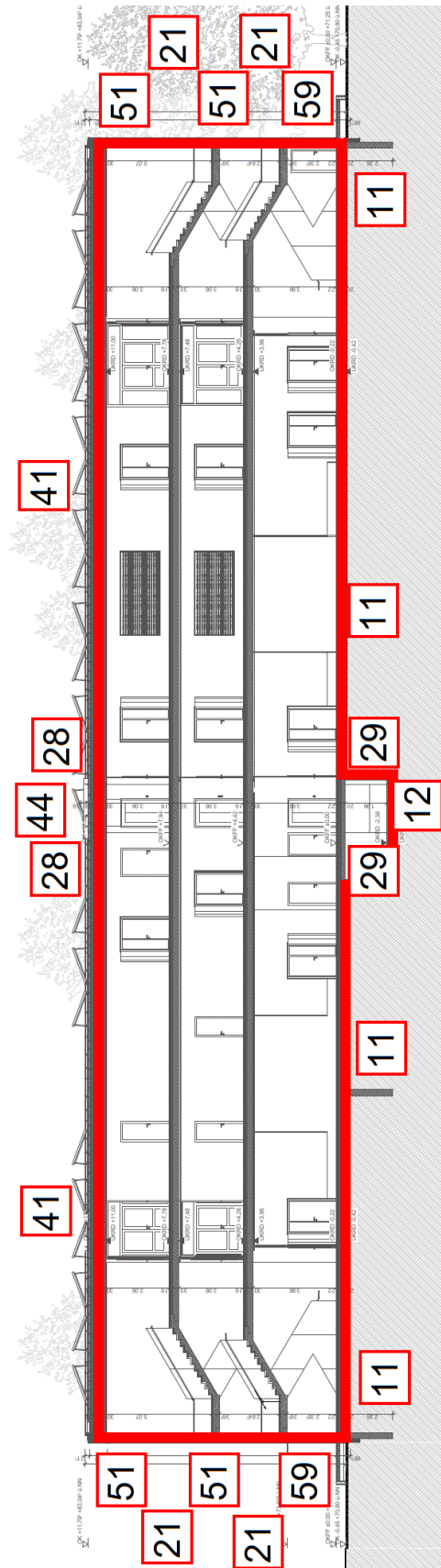


Abbildung 9 Verlauf der thermischen Hülle (Schnitt D D)

Bauteile

Die hier angegebenen Bauteile sind Konstruktionsvorschläge. Sollten diese im Zuge der weiteren Planung bzw. der Ausführung verändert werden, dürfen diese die bauphysikalischen Eigenschaften nicht negativ beeinflussen. Gegebenenfalls ist ein Gleichwertigkeitsnachweis zu führen und dem Aufsteller vorzulegen. Eine nachträgliche und evtl. nachteilige Veränderung des Nachweises ist somit nicht ausgeschlossen. Die dargestellten Lagen der Dämmung (ein oder mehrlagig) mit der jeweiligen Stärke sind nur Vorschläge und sind durch den Bestellenden/Ausschreibenden auf deren Plausibilität zu prüfen!

Dargestellt werden ausschließlich die thermisch relevanten/maßgebenden Schichtaufbauten. Abdichtungen, jegliche Putzschichten und Dachhautbestandteile wie Gründächer etc. werden nicht mit abgebildet. Sollte dies dennoch gewünscht sein wird um die Übermittlung von genauen Baustoffdaten oder Leitprodukten gebeten.

Alle Verbindungsmittel müssen so ausgebildet werden, dass diese keinen thermischen Einfluss (bzw. einen nachweislich vernachlässigbaren) aufweisen.

Dies ist u.a. für Verblendanker, Dübelssysteme von Wärmedämmverbundsystemen, Verankerung von hinterlüfteten Fassaden und sonstigen Durchdringungen der Dämmebene zu gewährleisten und nachzuweisen.

Für einige Verbindungsarten werden pauschale Zuschläge angesetzt. Diese sind VOR Vergabe der Ausführungsarbeiten auf deren Ausführbarkeit vom Entwurfsverfasser zu überprüfen.

Die Dämmstärken ergeben sich jeweils mit pauschal angesetzten Korrekturen. Je nach Ausführungsart der Fassade und dessen Verankerung kann sich die Dämmstärke daher im weiteren Planungsverlauf noch reduzieren.

Die λ Werte entsprechen gängigen Produkten, die auf dem Markt erhältlich und für den angenommenen Einsatzzweck geeignet sind.

In den detaillierten Bauteilaufbauten ist jeweils der Einsatzzweck der Dämmung gem. DIN 4108-10 genannt. Zusätzliche Anforderungen, z.B. statische in der Gründung, wurden nicht berücksichtigt, daher sind die Anwendungsgebiete eigenständig auf deren Richtigkeit in Zusammenhang mit anderen Anforderungen zu überprüfen.

Zu jeder Konstruktion sind immer auch die Hinweise bei den Bauteilberechnungen zu berücksichtigen!

Die Außenwände an den Giebelseiten erhalten ein Wärmedämmverbundsystem (WDVS).

Es wird empfohlen, keine Sockelschiene aus Metall zu verwenden! Sollte dies dennoch erfolgen, ist VOR Ausschreibung der Leistung eine detaillierte Wärmebrückenberechnung vorzulegen (Leistungsumfang des Entwurfsverfassers!). Es ist ein Prüfprotokoll über die Zulassungskonforme Befestigung des WDVS zu erstellen. Dies ist vom Ausschreibenden zu beachten!

Die anderen Außenwände werden mit einer Pfosten-Riegel-Fassade mit Blindpaneelen hergestellt. Für die Verbindungsmittel wird vorerst ein pauschaler Zuschlag angesetzt, welcher durch den Entwurfsverfasser besonders zu beachten ist.

Es wird eine Fensterkonstruktion als eine Pfosten-Riegel-Fassade nach DIN EN ISO 12631:2018 01 ausgeführt. Der U_{CW} Wert ist nach DIN 13830 für alle beinhalteten Elemente (Verglasungen, Ausfachungen, Rahmenkonstruktionen, Wärmebrücken im Anschlussbereich innerhalb der Konstruktion) zu ermitteln.

Der hier geforderte Wert ist als Anforderungswert mit auszuschreiben. Der Herstellernachweis der gesamten Konstruktion ist rechtzeitig VOR Bestellung dem Aufsteller zum Abgleich vorzulegen.

Eine nachteilige Veränderung des Gesamtnachweises ist bei negativen Abweichungen nicht ausgeschlossen!

Die Treppenhaustüren sind mit einem $U_d = 1,6 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ berücksichtigt.

Die Bodenplatte wird mit einer Dämmung auf der Sohle und einer Perimeterdämmung unterhalb der Sohle in der Berechnung berücksichtigt.

Die Unterfahrt/ Medienkanal erhält eine unterseitige und seitliche Perimeterdämmung.

Die Fenster werden mit einer 3-fach-Verglasung in der Berechnung berücksichtigt. $U_w = 1,00 \text{ W/(m}^2\text{K)}$.

Das Flachdach wird mit einer Dämmung (DAA) ausgestattet und als 0° Gefälledach ausgebildet.

Anlagentechnik

Aufgrund der Komplexität der verschiedenen konditionierten Zonen, wird nicht jede Zone im Detail erläutert. Es wird lediglich ein grober Umriss der Anlagentechnik beschrieben. Für eine genauere Beschreibung ist die Berechnung oder die Beschreibung des TGA-Planers heranzuziehen.

Einige Angaben der TGA Planung konnten nicht so umgesetzt werden, wie angegeben, da es sich bei dem vorliegenden Nachweis um einen öffentlich rechtlichen Nachweis handelt. Die Anpassungen an die tatsächlich geplante Anlage werden dahingehend eingeschränkt, dass einige Parameter nicht von den Vorgaben des GEG abweichen dürfen.

Die genauen Konfigurationen sind der Berechnung bzw. der TGA Planung zu entnehmen.

	Warmwasser	Lüftung	Heizung
Erzeuger 1	DLE	RLT WRG ≥80%	Luft Wasser WP
Erzeuger 2	-	-	-
Speicherung			Pufferspeicher
Verteilung	-	-	35/28°C-2-Rohr
Übergabe			Fußbodenheizung
Lage	-	-	innen

Die Wärmeerzeugung erfolgt durch eine Luftwärmepumpe mit Elektropatrone. Ein Anschluss an die Bestandsanlage des Hauptgebäudes ist nicht möglich, da die Anschlussleistung gem. TGA nicht ausreichend ist.

Die Wärmeübergabe erfolgt über eine Fußbodenheizung (Heizkreistemperatur 35/28°C).

Die Durchführung des hydraulischen Abgleichs ist Grundlage des verwendeten Berechnungsverfahrens.

Die Warmwasserversorgung in der Lehrküche und dem Werkraum erfolgt dezentral mit elektrischen Durchlauferhitzern.

Die Be- und Entlüftung erfolgt mechanisch mit einer zentralen Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (WRG $\geq 80\%$). Dies ist für alle Bereiche vorgesehen um die Anforderungen der Gebäuderichtlinie einhalten zu können.

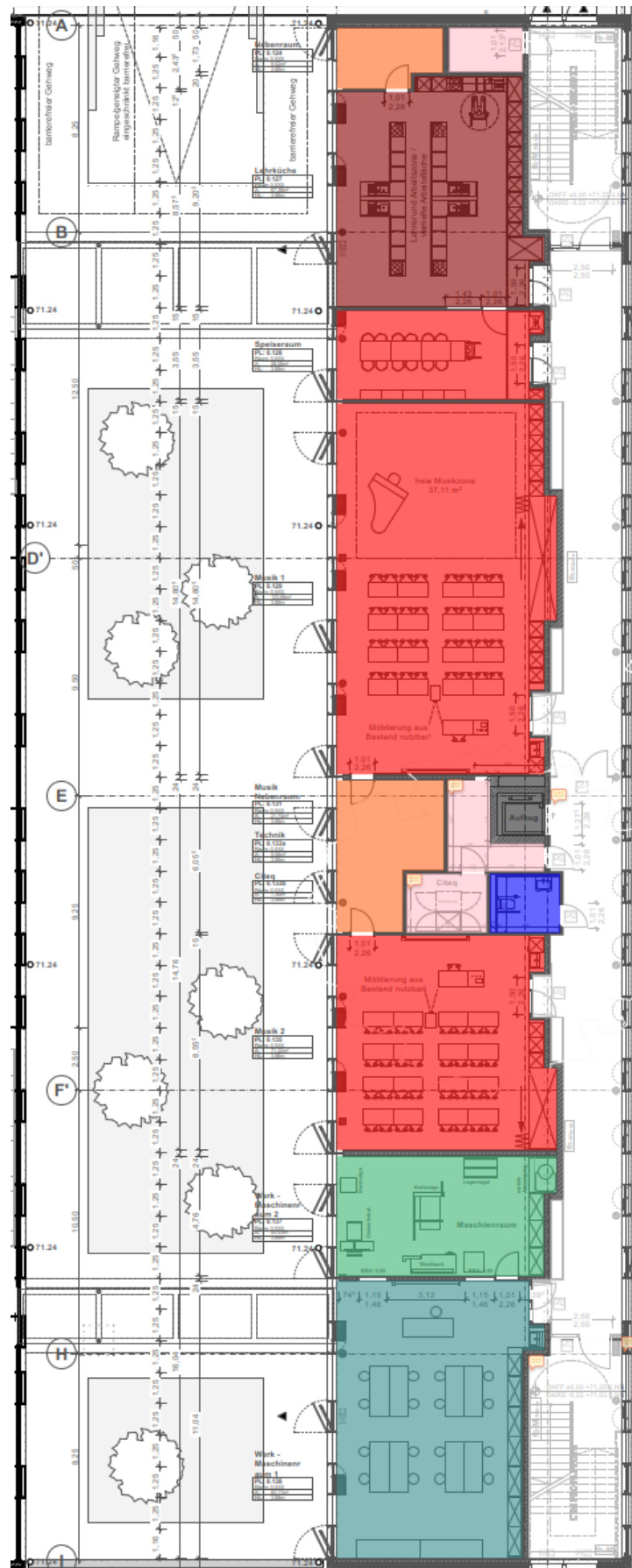
Es ist ein Nachweis über die Durchführung einer erfolgreichen Dichtheitsprüfung zu erstellen und dem Bauherrn auszuhändigen. Es ist darauf zu achten, dass der Zeitpunkt des Luftdichtheits-tests frühzeitig mit dem ausführenden Unternehmen abgesprochen wird. Wir empfehlen die Prüfung zu einem Zeitpunkt (evtl. zusätzlich), an dem noch Nachbesserungen an der Luftdichtheitsebene ohne Rückbaumaßnahmen möglich sind.

Zonierung

Die Zonierung des Gebäudes erfolgt gem. der DIN V 18599-1 anhand des vorliegenden TGA Konzeptes und der Nutzung gem. der Architektenplanung. In Kurzform kann die Zonierung mit der grundlegenden TGA Konfiguration gem. der nachfolgenden Tabelle abgebildet werden.

Tabelle 1 Legende Zonierung

Zone	Benennung	Nutzungsrandbedingungen gem. DIN V 18599-10:2018-09	$\geq 19^\circ\text{C}$	12 bis $< 19^\circ\text{C}$	$< 12^\circ\text{C}$	Reine Abluft	Zu- und Abluft mit WRG	Fensterlüftung	70/55	55/45	35/28	Fußbodenheizung	Deckenheizung	Klimatisierung	Warmwasserbedarf
1	Aufzug	18 Nebenflächen (ohne Aufenthaltsräume)		x			x	x			x	x			
2	TRH/Flur	19 Verkehrsflächen	x				x	x			x	x			
3	Klassenzimmer und Dif.	8 Klassenzimmer (Schule), Gruppenraum (Kindergarten)	x				x	x			x	x			
4	Sanitär	16 WC und Sanitärräume in Nichtwohngebäuden	x				x	x			x	x			
5	Lager/Technik	20 Lager, Technik, Archiv	x					x			x	x			
6	Lehrküche	14 Küche in Nichtwohngebäuden	x				x	x			x	x			x
7	Werkraum 1	8 Klassenzimmer (Schule), Gruppenraum (Kindergarten)	x				x	x			x	x			x
8	Werkraum 2	8 Klassenzimmer (Schule), Gruppenraum (Kindergarten)	x					x			x	x			
9	Lager/Technik belüftet	20 Lager, Technik, Archiv	x			x					x	x			
10	Behind.-WC	16 WC und Sanitärräume in Nichtwohngebäuden	x			x					x	x			



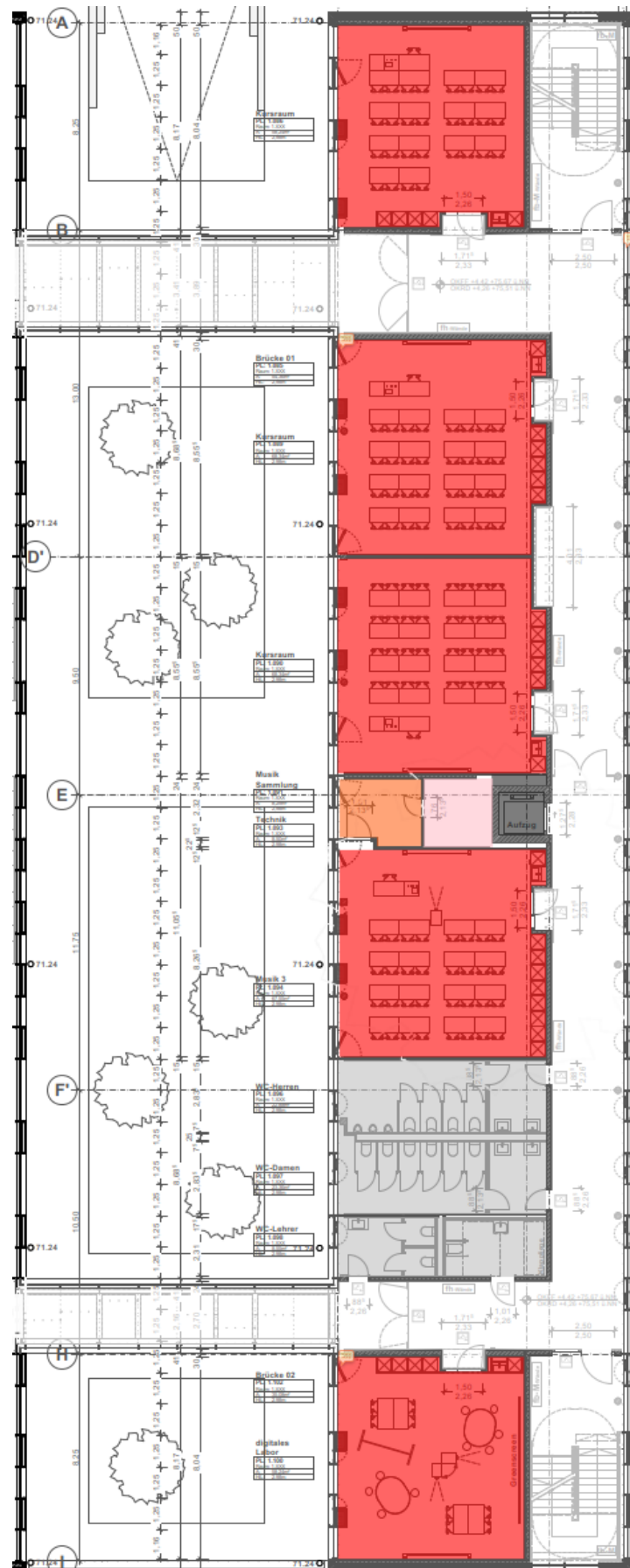


Abbildung 11 Übersicht Zonierung, 1.OG



Abbildung 12 Übersicht Zonierung, 2.OG

Sommerlicher Wärmeschutznachweis

Grundlagen

Als Grundlage für die Erfassung der Geometrie dienen die o.g. Unterlagen.

Randbedingungen

Der Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes wird nach dem vereinfachten Verfahren (Sonneneintragskennwertverfahren) nach DIN 4108 2:2013 02 Abschnitt 8.3 geführt.

Folgende Randbedingungen liegen der Betrachtung zugrunde:

- Münster liegt in der Klimazone B gem. DIN 4108

- Eine erhöhte Nachtlüftung wird angesetzt

- Die wirksame Speicherfähigkeit der betrachteten Räume wird pauschal mit „leicht“ angesetzt

- Die Fensterverglasung wird durchgehend mit einem $g = 40\%$ angesetzt.

Es sei darauf hingewiesen, dass zum jetzigen Zeitpunkt nur Aufenthaltsräume nachgewiesen wurden. Gem. DIN 4108 2 sind nur die Aufenthaltsräume zu betrachten.

Die Nachweisführung im Bereich der Nicht-Aufenthaltsräume erfolgt daher nicht, da diese für den öffentlich rechtlichen Nachweis nicht notwendig sind.

Hinweise

Abminderungswert der Verschattung (Fc Wert):

In der nachstehenden Tabelle sind die Werte gem. DIN 4108-2 mit Anwendungsbeispielen dargestellt.

Die hier angesetzten Fc Werte sind durch entsprechende Herstellerzertifikate nachzuweisen. Dies gilt für den inneren und äußeren Sonnenschutz, jeweils in Kombination mit der Verglasung.

Relevant ist der g_{total} -Wert, also das Produkt aus g-Wert der Verglasung und dem Fc-Wert der Sonnenschutzmaßnahme.

$g_{\text{total}} = g \times Fc$

Erfüllung des nötigen Luftwechsels

Gemäß den Fußnoten zur Tabelle 8 der DIN 4108 aus dem Abschnitt 8.3.3 darf der Ansatz des nötigen Luftwechsels auch über eine Lüftungsanlage erfolgen.

zur Nachtlüftung:

Es ist in der zweiten Nachthälfte ein 2-facher Luftwechsel pro Stunde sicherzustellen, wenn die Außentemperatur niedriger als die Innentemperatur ist.

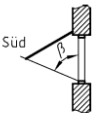
zur wirksamen Speicherfähigkeit:

Als weitere Grundlage ist die Annahme einer leichten Bauart (beschreibt die thermisch wirksame Speicherfähigkeit der Räume). Somit sind abgehängte Decken und leichte Trennwände möglich. Im Zuge der weiteren Untersuchungen benötigen wir zur eventuellen Optimierung die Angabe, wo abgehängten Decken zum Einsatz kommen sollen.

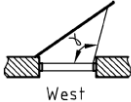
Tabelle 2 - Anhaltswerte für Abminderungsfaktoren F_C von fest installierten Sonnenschutzvorrichtungen in Abhängigkeit vom Glaserzeugnis nach DIN 4108 2
Tabelle 7

Zeile	Sonnenschutzvorrichtung ^a	F_C		
		$g \leq 0,40$ (Sonnen- schutzglas) zweifach	$g > 0,40$	
			dreifach	zweifach
1	ohne Sonnenschutzvorrichtung	1,00	1,00	1,00
2	Innenliegend oder zwischen den Scheiben ^b			
2.1	weiß oder hoch reflektierende Oberflächen mit geringer Transparenz ^c	0,65	0,70	0,65
2.2	helle Farben oder geringe Transparenz ^d	0,75	0,80	0,75
2.3	dunkle Farben oder höhere Transparenz	0,90	0,90	0,85
3	Außenliegend			
3.1	Fensterläden, Rollläden			
3.1.1	Fensterläden, Rollläden, $\frac{3}{4}$ geschlossen	0,35	0,30	0,30
3.1.2	Fensterläden, Rollläden, geschlossen ^e	0,15 ^e	0,10 ^e	0,10 ^e
3.2	Jalousie und Raffstore, drehbare Lamellen			
3.2.1	Jalousie und Raffstore, drehbare Lamellen, 45° Lamellenstellung	0,30	0,25	0,25
3.2.2	Jalousie und Raffstore, drehbare Lamellen, 10° Lamellenstellung ^e	0,20 ^e	0,15 ^e	0,15 ^e
3.3	Markise, parallel zur Verglasung ^d	0,30	0,25	0,25
3.4	Vordächer, Markisen allgemein, freistehende Lamellen ^f	0,55	0,50	0,50

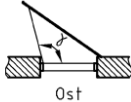
^a Die Sonnenschutzvorrichtung muss fest installiert sein. Übliche dekorative Vorhänge gelten nicht als Sonnenschutzvorrichtung.
^b Für innen- und zwischen den Scheiben liegende Sonnenschutzvorrichtungen ist eine genaue Ermittlung zu empfehlen.
^c Hoch reflektierende Oberflächen mit geringer Transparenz, Transparenz $\leq 10\%$, Reflexion $\geq 60\%$.
^d Geringe Transparenz, Transparenz $< 15\%$.
^e F_C -Werte für geschlossenen Sonnenschutz dienen der Information und sollten für den Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes nicht verwendet werden. Ein geschlossener Sonnenschutz verdunkelt den dahinterliegenden Raum stark und kann zu einem erhöhten Energiebedarf für Kunstlicht führen, da nur ein sehr geringer bis kein Einfall des natürlichen Tageslichts vorhanden ist.
^f Dabei muss sichergestellt sein, dass keine direkte Besonnung des Fensters erfolgt. Dies ist näherungsweise der Fall, wenn
— bei Südorientierung der Abdeckwinkel $\beta \geq 50^\circ$ ist;
— bei Ost- und Westorientierung der Abdeckwinkel $\beta \geq 85^\circ$ ist $\gamma \geq 115^\circ$ ist.
Der F_C -Wert darf auch für beschattete Teilflächen des Fensters angesetzt werden. Dabei darf F_S nach DIN V 18599-2:2011-12, A.2, nicht angesetzt werden.
Zu den jeweiligen Orientierungen gehören Winkelbereiche von $22,5^\circ$. Bei Zwischenorientierungen ist der Abdeckwinkel $\beta \geq 80^\circ$ erforderlich.



Vertikalschnitt durch Fassade



West



Ost

Horizontalschnitt durch Fassade

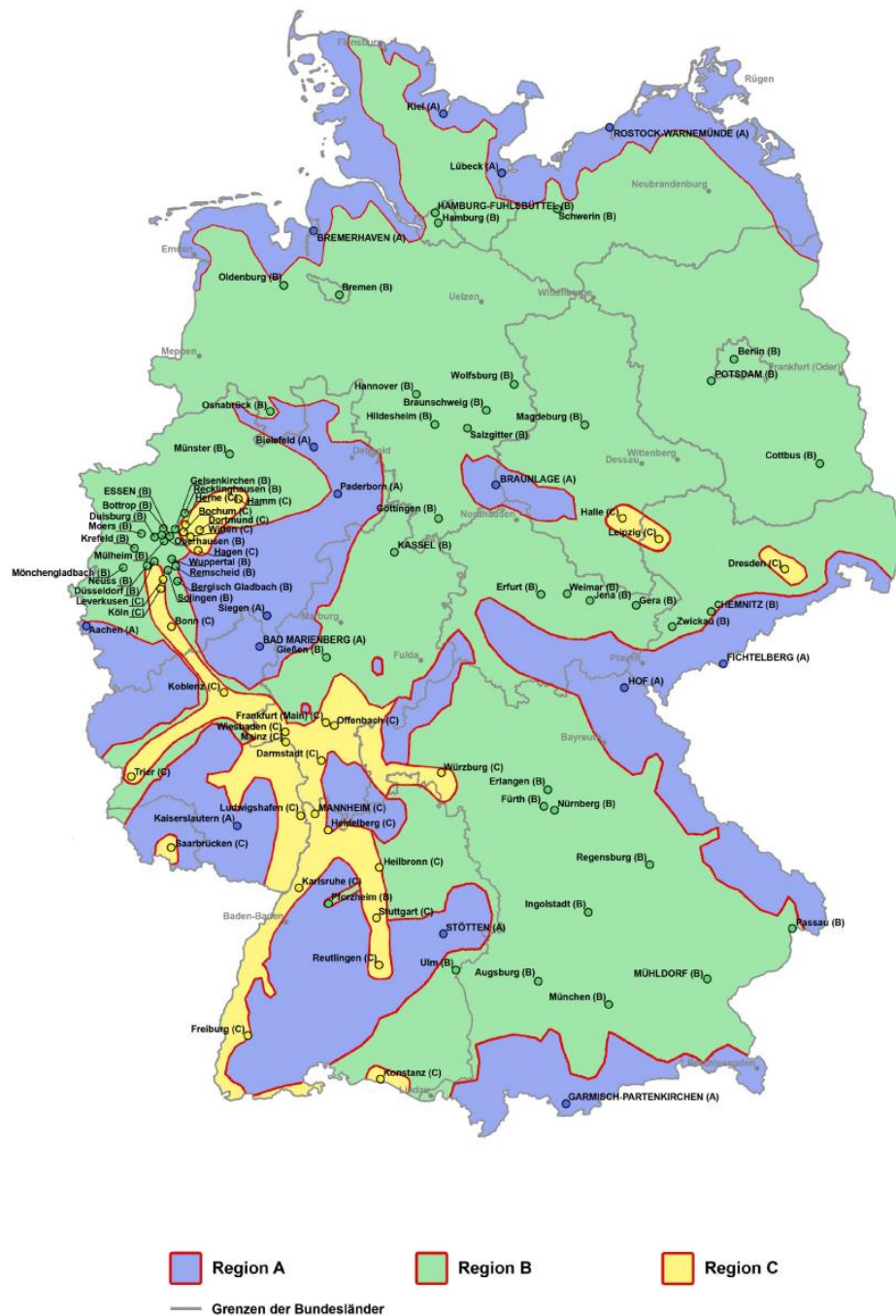


Abbildung 13 - Sommerklimaregionen, aus DIN 4108-2:2013-02 Bild 1

sommerlicher Wärmeschutz






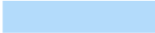
	Verglasung $g=40\%$, wenn nicht anders angegeben
	bauliche Verschattung
<u>Sonnenschutz</u>	
	$F_c \leq 0,35$
	$F_c \leq 0,65$
	$F_c = 1,00$ (ohne Sonnenschutzvorrichtung)
	Grundvariante (keine Maßnahmen erforderlich)
	erhöhte Nachtlüftung (Luftwechsel $2,0 \text{ l/h}$)

Abbildung 14 - Legende sommerlicher Wärmeschutz

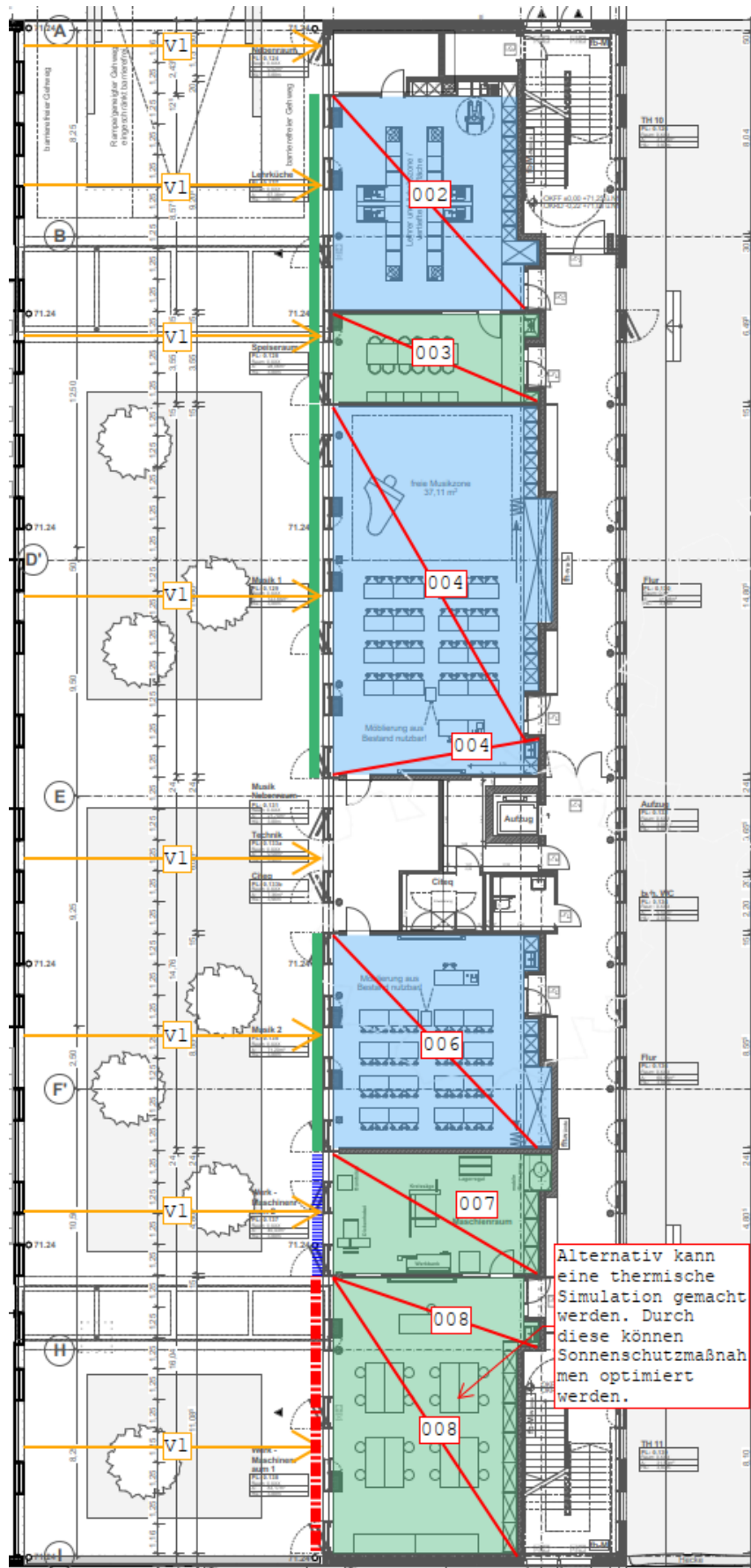


Abbildung 15 - Übersicht sommerlicher Wärmeschutz, EG

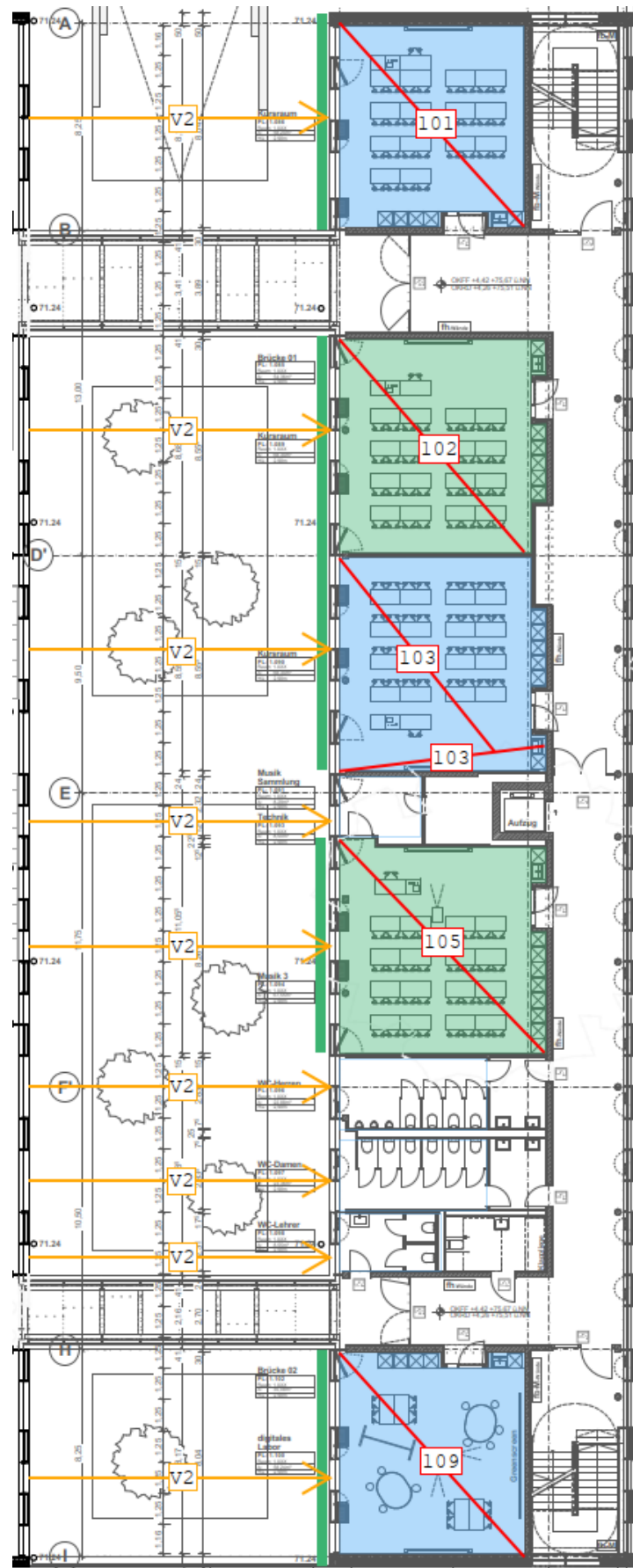


Abbildung 16 Übersicht sommerlicher Wärmeschutz, 1.OG

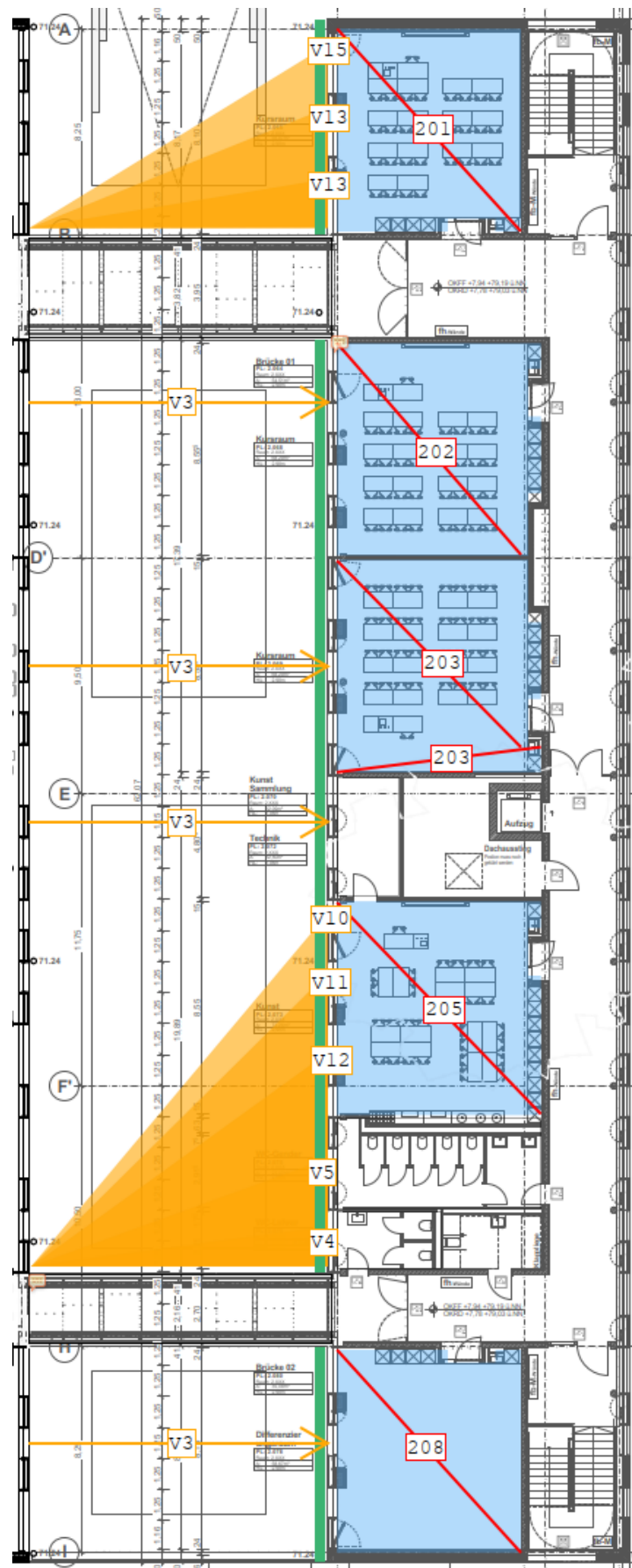


Abbildung 17 Übersicht sommerlicher Wärmeschutz, 2.OG

Tabelle 3 - Verschattung

Pos.	Fenster- ausrichtung	Fh: Verbauung					Ff: seitliche Verschattung						Fc~Fc Winter	Fc~Fc Sommer
		h	l	beta	Fh	Fh	h_1	l_1	beta_1	Ff_1	Ff_1	Fc~Fc		
		[m]	[m]	[grad]	[-]	[-]	[m]	[m]	[grad]	[-]	[-]	[-]		
					Winter	Sommer				Winter	Sommer			
														1,00
V1	Nord-West	9,85	12,00	39	0,65	0,55	0,00	0,00	0	1,00	1,00	0,65	0,55	
V2	Nord-West	5,88	12,00	26	0,73	0,67	0,00	0,00	0	1,00	1,00	0,73	0,67	
V3	Nord-West	2,22	12,00	10	0,88	0,87	0,00	0,00	0	1,00	1,00	0,88	0,87	
V4	Nord West	0,00	0,00	0	1,00	1,00	12,00	1,59	82	0,96	0,76	0,96	0,76	
V5	Nord-West	0,00	0,00	0	1,00	1,00	12,00	4,74	68	0,96	0,76	0,96	0,76	
V8	Süd-West	0,00	0,00	0	1,00	1,00	8,40	6,00	54	0,78	0,79	0,78	0,79	
V9	Süd-West	0,00	0,00	0	1,00	1,00	48,90	6,00	83	0,75	0,76	0,75	0,76	
V12	Nord-West	0,00	0,00	0	1,00	1,00	12,15	8,39	55	0,96	0,78	0,96	0,78	
V11	Nord West	0,00	0,00	0	1,00	1,00	12,15	11,59	46	0,96	0,83	0,96	0,83	
V10	Nord-West	0,00	0,00	0	1,00	1,00	12,15	14,19	41	0,96	0,86	0,96	0,86	
V13	Nord-West	0,00	0,00	0	1,00	1,00	12,15	1,99	81	0,96	0,76	0,96	0,76	
V15	Nord-West	0,00	0,00	0	1,00	1,00	12,15	7,38	59	0,96	0,77	0,96	0,77	

Tabelle 4 - Nachweis sommerlicher Wärmeschutz Variante 2

Gebäude allg.	Raum		Fenster 1										Fenster 2										Fenster 3					Nachweis	Aw, ges/Ag				
	Nutzung	Bauart [AG]	Anzahl	Breite	Höhe	Sonnen- schutz		baul. Verschattung		Aus- richtung	Anzahl	Breite	Höhe	Sonnen- schutz		baul. Verschattung		Aus- richtung	Anzahl	Breite	Höhe	Sonnen- schutz		baul. Verschattung		Aus- richtung	Aw, ges						
						V2	Fc	V	Fs					V2	Fc	V	Fs					V2	Fc	V	Fs					V2	Fc	V	Fs
EI																																	
NWVG	leicht	EG	002	67,38	1	4,88	3,81	0,40	1,00	V1	0,55	SOW	0	0,00	3,81	0,40	1,00	-	1,00	-	1,00	0	0,00	3,81	0,40	1,00	-	1,00	-	18,59	Nachtlüftung	28%	
NWVG	leicht	EG	003	28,06	1	1,25	3,81	0,40	1,00	V1	0,55	SOW	0	0,00	3,81	0,40	1,00	-	1,00	-	1,00	0	0,00	3,81	0,40	1,00	-	1,00	-	4,76	eingehalten	17%	
NWVG	leicht	EG	004	123,66	6	1,25	3,81	0,40	1,00	V1	0,55	SOW	0	0,00	3,81	0,40	1,00	-	1,00	-	1,00	0	0,00	3,81	0,40	1,00	-	1,00	-	28,58	Nachtlüftung	23%	
NWVG	leicht	EG	006	71,20	3	1,25	3,81	0,40	1,00	V1	0,55	SOW	0	0,00	3,81	0,40	1,00	-	1,00	-	1,00	0	0,00	3,81	0,40	1,00	-	1,00	-	14,29	Nachtlüftung	20%	
NWVG	leicht	EG	007	40,43	2	1,25	3,81	0,40	0,65	V1	0,55	SOW	0	0,00	3,81	0,40	1,00	-	1,00	-	1,00	0	0,00	3,81	0,40	1,00	-	1,00	-	9,53	eingehalten	24%	
NWVG	leicht	EG	008	83,17	2	1,25	3,81	0,40	0,35	V1	0,55	SOW	1	1,88	3,81	0,40	0,35	V1	0,55	SOW	0,65	V1	0,55	1	1,75	3,81	0,40	0,35	V1	0,55	23,36	eingehalten	28%
NWVG	leicht	EG	008	83,17	2	1,30	3,81	0,40	0,65	V1	0,55	SOW	1	1,80	3,81	0,40	0,65	V1	0,55	SOW	0,65	V1	0,55	1	1,93	3,81	0,40	0,65	V1	0,55	24,12	Nachtlüftung	29%
NWVG	leicht	1.OG	101	58,24	2	1,25	2,86	0,40	1,00	V2	0,67	SOW	1	1,88	2,86	0,40	1,00	V2	0,67	SOW	0	0,00	2,86	0,40	1,00	-	1,00	-	1,00	-	12,53	Nachtlüftung	22%
NWVG	leicht	1.OG	102	68,34	3	1,25	2,86	0,40	1,00	V2	0,67	SOW	0	0,00	2,86	0,40	1,00	-	1,00	-	1,00	0	0,00	2,86	0,40	1,00	-	1,00	-	10,73	eingehalten	16%	
NWVG	leicht	1.OG	103	68,34	4	1,25	2,86	0,40	1,00	V2	0,67	SOW	0	0,00	2,86	0,40	1,00	-	1,00	-	1,00	0	0,00	2,86	0,40	1,00	-	1,00	-	14,30	Nachtlüftung	21%	
NWVG	leicht	1.OG	105	67,55	3	1,25	2,86	0,40	1,00	V2	0,67	SOW	0	0,00	2,86	0,40	1,00	-	1,00	-	1,00	0	0,00	2,86	0,40	1,00	-	1,00	-	10,73	eingehalten	16%	
NWVG	leicht	1.OG	109	58,24	2	1,25	2,86	0,40	1,00	V2	0,67	SOW	1	1,88	2,86	0,40	1,00	V2	0,67	SOW	0	0,00	2,86	0,40	1,00	-	1,00	-	1,00	-	12,53	Nachtlüftung	22%
NWVG	leicht	2.OG	201	58,67	2	1,25	2,86	0,40	1,00	V13	0,76	SOW	1	1,88	2,86	0,40	1,00	V15	0,77	SOW	0	0,00	2,86	0,40	1,00	-	1,00	-	1,00	-	12,53	Nachtlüftung	21%
NWVG	leicht	2.OG	202	68,29	4	1,25	2,86	0,40	1,00	V3	0,87	SOW	0	0,00	2,86	0,40	1,00	-	1,00	-	1,00	0	0,00	2,86	0,40	1,00	-	1,00	-	14,30	Nachtlüftung	21%	
NWVG	leicht	2.OG	203	68,29	3	1,25	2,86	0,40	1,00	V3	0,87	SOW	0	0,00	2,86	0,40	1,00	-	1,00	-	1,00	0	0,00	2,86	0,40	1,00	-	1,00	-	10,73	Nachtlüftung	16%	
NWVG	leicht	2.OG	205	72,26	1	1,25	2,86	0,40	1,00	V12	0,78	SOW	1	1,25	2,86	0,40	1,00	V11	0,83	SOW	0	0,00	2,86	0,40	1,00	V10	0,86	1,00	0,86	14,30	Nachtlüftung	20%	
NWVG	leicht	2.OG	208	58,67	2	1,25	2,86	0,40	1,00	V3	0,87	SOW	1	1,88	2,86	0,40	1,00	V3	0,87	SOW	0	0,00	2,86	0,40	1,00	1,00	-	1,00	-	12,53	Nachtlüftung	21%	

B. Ergebnisse

Sommerlicher Wärmeschutznachweis

Der Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes wird mit den o.g. Randbedingungen und der entsprechenden Verglasung erfüllt.

In den meisten Räumen kann der Nachweis durch eine Nachtlüftung und in anderen Räumen mit einer Nachtlüftung und einem Sonnenschutz mit $F_c=0,65$ eingehalten werden. In den Werkräumen kann aufgrund der Staubbildung keine Lüftungsanlage installiert werden. Der Werkmaschinenraum 2 (007) ist mit einem $F_c=0,65$ und der Werkmaschinenraum 1 mit einem Sonnenschutz mit $F_c=0,35$ eingehalten. Alternativ kann für den Werkmaschinenraum 1 eine thermische Simulation geführt werden. Mit dieser können sonnenschutzmaßnahmen optimiert werden.

Die Einhaltung des sommerlichen Wärmeschutzes nach DIN 4108-2 ist Förderbedingung der KfW. Sollte der Nachweis nicht eingehalten werden (jeder Nachweis!), sind die Förderbedingungen als Ganzes nicht eingehalten. Sollten die hier angesetzten Maßnahmen nicht umgesetzt werden, ist seitens des Änderungsverursachers ein Nachweis über die Einhaltung des sommerlichen Wärmeschutznachweises zu erstellen und dem Aufsteller vorzulegen (prüffähiger Nachweis).

Dieser Nachweis hat rechtzeitig vor Ausschreibung der Fenster und Sonnenschutzmaßnahmen zu erfolgen. Andernfalls sind u.U. Förderbedingungen nicht einzuhalten. Dies geht nicht zu Lasten des Aufstellers!

Es sei darauf hingewiesen, dass zum jetzigen Zeitpunkt nur Aufenthaltsräume nachgewiesen wurden. Gem. DIN 4108-2 sind nur die Aufenthaltsräume zu betrachten. Die Nachweisführung im Bereich der Nicht Aufenthaltsräume erfolgt daher nicht, da dies für den öffentlich-rechtlichen Nachweis nicht notwendig ist.

Es wird trotzdem empfohlen Sonnenschutzmaßnahmen bei den stark verglasten Verkehrswegen vorzusehen um die Wärmelasten zu reduzieren.

Es wird empfohlen in den nicht Aufenthaltsräumen mit großem Fensteranteilen Sonnenschutzmaßnahmen vorzusehen.

Wärmeschutznachweis

Die Anforderungen des GEG werden eingehalten.

Nachweise

Nachweis der thermischen Hülle

Grenzwerte für Nichtwohngebäude nach GEG '20 siehe "2.3 Begrenzung der U Werte"

Die Höchstwerte für Wärmedurchgangskoeffizienten werden eingehalten, **Nachweis erbracht**

Nachweis des Primärenergiebedarfs

Höchstwert des grundflächenbezogenen Jahres

Primärenergiebedarfs nach GEG '20, § 18

zul $q_{p,REF} = 121,7 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, aus der Referenzberechnung

zul $q_p = 121,7 - 45\% = 66,9 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, geforderte

Unterschreitung nach GEG §18 und GEG-Novelle 2023 / 2024

vorh $q_p = 91.143 / 2073,8 = 43,9 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

vorh $q_p = 43,9 \leq 66,9 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, **Grenzwert wird eingehalten**

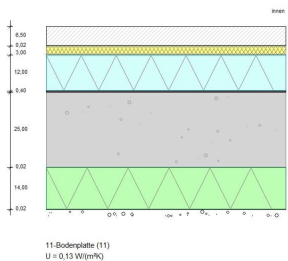
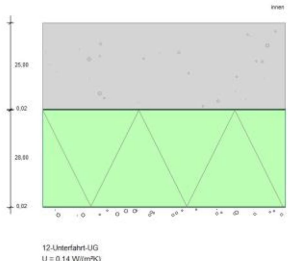
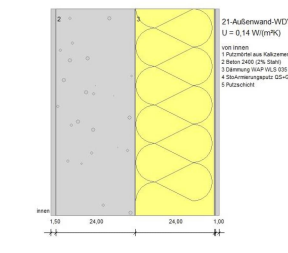
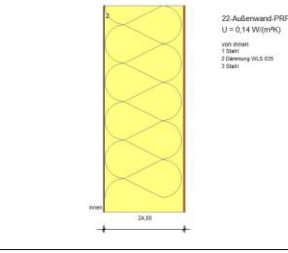
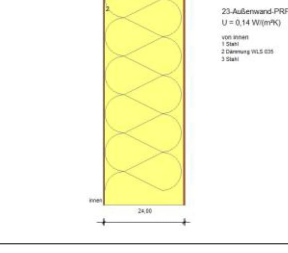
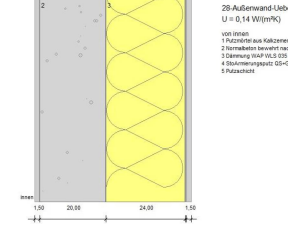
15.3 Nachweis der Nutzung erneuerbarer Energien

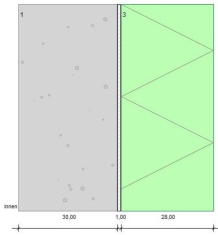
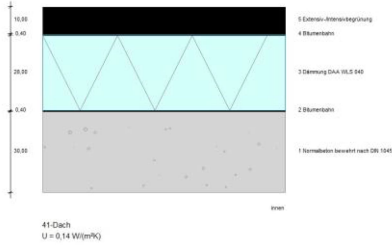
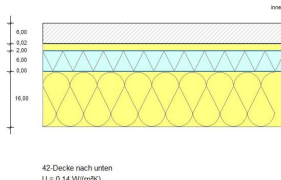
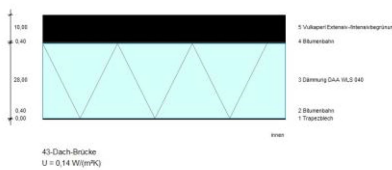
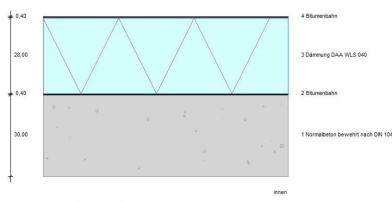
Nachweis über die Nutzungsanteile für erneuerbare Energien
(detaillierter Nachweis siehe Abs. 17)

Die Anforderungen aus dem Gebäudeenergiegesetz 2020, §§ 34 ff
werden erfüllt

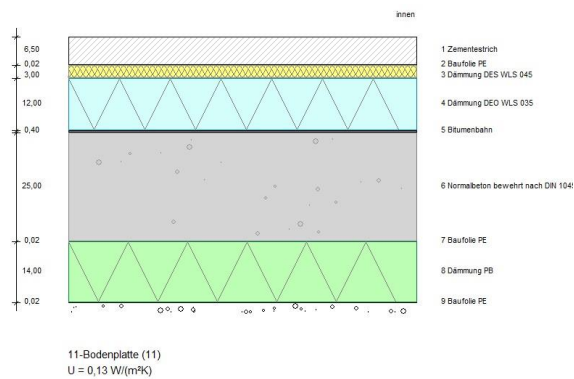
C. Bauteilkonzept

Bauteilübersichten

Nr.	Bezeichnung	Bauteilaufbau
11	Bodenplatte	<div></div> <div>Estrich 3cm DES WLS 045 12cm DEO WLS 035 Beton 14cm PB</div>
12	Bodenplatte-UG	<div></div> <div>Beton 28cm PB</div>
21	Außenwand-WDVS	<div></div> <div>Beton 24cm WAP WLS 035 Korrektur für Befestigungsmittel: 0,00 W/(m²K)</div>
22	Außenwand PRF	<div></div> <div>24cm WAB WLS 032 Korrektur für Befestigungsmittel: 0,01 W/(m²K)</div>
23	Außenwand-PRF	<div></div> <div>24cm WAB WLS 032 Korrektur für Befestigungsmittel: 0,01 W/(m²K)</div>
28	Außenwand Überfahrt	<div></div> <div>Beton 24cm WAP WLS 035 Korrektur für Befestigungsmittel: 0,00 W/(m²K)</div>

29	Außenwand-UG	 <p>29-Außenwand-Unterfahrt: U = 0,14 W/(m²K) von innen: 1 Normalbeton bewehrt nach DIN 1045 2 Blumentrain 3 Dämmung PE</p>	<p>Beton 28cm PW Korrektur für Befestigungsmittel: 0,00 W/(m²K)</p>
41	Dach	 <p>41-Dach: U = 0,14 W/(m²K)</p>	<p>28cm DAA WLS 040 Beton</p>
42	Decke nach unten	 <p>42-Decke nach unten: U = 0,14 W/(m²K)</p>	<p>Estrich 2cm DES WLS 045 6cm DEO WLS 035 Trapezblech 16cm WAP WLS 035</p>
43	Dach-Brücke	 <p>43-Dach-Brücke: U = 0,14 W/(m²K)</p>	<p>28cm DAA WLS 040 Trapezblech</p>
44	Dach Überfahrt	 <p>44-Dach Überfahrt (44): U = 0,14 W/(m²K)</p>	<p>28cm DAA WLS 040 Beton</p>
51	Fenster	U _w = 1,00 W/(m²K)	
57	Nebentür	U _d = 1,60 W/(m²K)	
58	Oberlicht	U _w = 1,00 W/(m²K)	
59	Tür TRH	U _d = 1,60 W/(m²K)	
71	PRF	U _w = 1,00 W/(m²K)	
72	PRF	U _w = 1,00 W/(m²K)	
73	PRF	U _w = 1,00 W/(m²K)	

Bauteil: 11-Bodenplatte (11)



AUFBAU FÜR ÖKOBILANZ NUR ANGENOMMEN - NOCH PRÜFEN!

Die Wärmeleitfähigkeit der Perimeterdämmung ist abhängig von der Einbausituation und der resultierenden Dämmstärke.

Es wird, auf der sicheren Seite liegend, eine Wärmeleitfähigkeit von 0,042 W/(mK) bei der Perimeterdämmung angesetzt. Im Zuge der Ausführungsplanung kann dieser Wert anhand der genauen Produktkenndaten und Einbausituation angepasst werden.

Die dargestellte Trittschalldämmung dient nur zur Erfassung einer anderen Dämmstärke und ist nicht gültig für den Schallschutznachweis! Die genauen Angaben zu der Trittschalldämmung ist dem Schallschutznachweis zu entnehmen. Der Fußbodenaufbau ist nur angenommen und ist durch den Entwurfsverfasser bei Bedarf zu korrigieren. Der dargestellte Aufbau ist nur beispielhaft! Relevant sind nur die wärmedämmenden Ebenen (Wärmeleitfähigkeit $\leq 0,10$ W/(mK)). Für alle anderen Schichten sind u.U. andere Dokumentationsunterlagen heranzuziehen!

Achtung: Die Abmessungen der tragenden Konstruktion ist nur angenommen. Für die tragende Konstruktion sind die Unterlagen der Tragwerksplanung heranzuziehen! Diese haben in der Regel einen vernachlässigbaren Einfluss auf den Wärmedurchgang.

Bauteiltyp "Fußboden gegen Erdreich" (9)

mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,17$ und $R_{se} = 0,00$ m²K/W

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m³	kg/m²	λ W/(mK)	R m²K/W
R_{si}					0,17
01 Zementestrich	6,50	2000	130,0	1,400	0,05
02 Baufolie PE	0,02	1000	0,2	-	-
03 Dämmung DES WLS 045	3,00	20	0,6	0,045	0,67
04 Dämmung DEO WLS 035	12,00	20	2,4	0,035	3,43
05 Bitumenbahn	0,40	1100	4,4	-	-
06 Normalbeton bewehrt nach DIN 104	25,00	2400	600,0	2,100	0,12
07 Baufolie PE	0,02	1000	0,2	-	-
08 Dämmung PB	14,00	25	3,5	0,042	3,33
09 Baufolie PE	0,02	1000	0,2	-	-
R_{se}					0,00
<hr/>					
d =	60,96	G =	741,5	$R_T =$	7,76

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,13 W/(m²K)** (ohne Korrekturen)

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

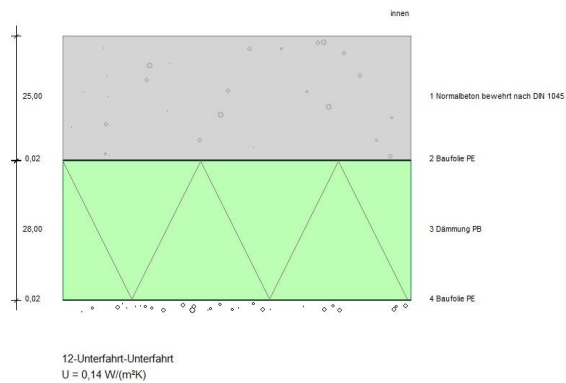
Sohlplatten, unmittelbar an das Erdreich grenzend bis zu einer Raumtiefe von 5 m (DIN 4108-2:2013. Mindestanforderungen nach Tab.3.

R 7,59 \geq 0,90 m²K/W erfüllt die Anforderungen

Rechnerischer Nachweis des Tauwasserausfalls

Nach DIN 4108-3:2018-10 liegt eine nicht Nachweisfreie Konstruktion vor. Es sollte im weiteren Planungsverlauf mit einer Nachweisfreien Konstruktion weitergeplant werden.

Bauteil: 12-Bodenplatte-UG (12)



AUFBAU FÜR ÖKOBILANZ NUR ANGENOMMEN - NOCH PRÜFEN!

Die Wärmeleitfähigkeit der Perimeterdämmung ist abhängig von der Einbausituation und der resultierenden Dämmstärke.

Es wird, auf der sicheren Seite liegend, eine Wärmeleitfähigkeit von 0,042 W/(mK) bei der Perimeterdämmung angesetzt. Im Zuge der Ausführungsplanung kann dieser Wert anhand der genauen Produktdaten und Einbausituation angepasst werden.

Der dargestellte Aufbau ist nur beispielhaft! Relevant sind nur die wärmedämmenden Ebenen (Wärmeleitfähigkeit $\leq 0,10$ W/(mK)). Für alle anderen Schichten sind u.U. andere Dokumentationsunterlagen heranzuziehen!

Achtung: Die Abmessungen der tragenden Konstruktion ist nur angenommen. Für die tragende Konstruktion sind die Unterlagen der Tragwerksplanung heranzuziehen! Diese haben in der Regel einen vernachlässigbaren Einfluss auf den Wärmedurchgang.

Bauteiltyp "Fußboden gegen Erdreich" (9)

mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,17$ und $R_{se} = 0,00$ m²K/W

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m³	kg/m²	λ W/(mK)	R m²K/W
R_{si}					0,17
01 Normalbeton bewehrt nach DIN 104	25,00	2400	600,0	2,100	0,12
02 Baufolie PE	0,02	1000	0,2	-	-
03 Dämmung PB	28,00	25	7,0	0,042	6,67
04 Baufolie PE	0,02	1000	0,2	-	-
R_{se}					0,00
<hr/>					
d =	53,04	G =	607,4	$R_T =$	6,96

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,14 W/(m²K)** (ohne Korrekturen)

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

Sohlplatten, unmittelbar an das Erdreich grenzend bis zu einer Raumtiefe von 5 m (DIN 4108-2:2013. Mindestanforderungen nach Tab.3.

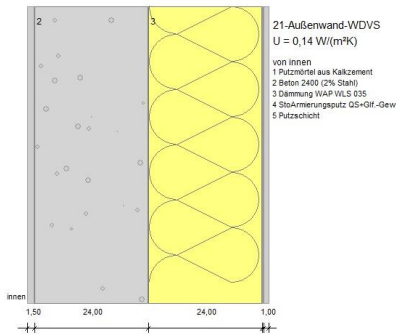
R 6,79 \geq 0,90 m²K/W erfüllt die Anforderungen

Rechnerischer Nachweis des Tauwasserausfalls

Ein rechnerischer Nachweis nach DIN 4108-3:2018 ist nicht erforderlich, weil eine nachweisfreie Konstruktion vorliegt.

Bodenplatten mit Perimeterdämmung und Abdichtung nach DIN 18195, $R_{innen} \leq 20\%$ von R_{ges}

Bauteil: 21-Außenwand-WDVS (21)



AUFBAU FÜR ÖKOBILANZ NUR ANGENOMMEN - NOCH PRÜFEN!

Die Verbindungsmittel sind so zu wählen, dass kein negativer Einfluss auf den Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) entsteht. Ein Nachweis durch den Unternehmer ist VOR der Materialbestellung vorzulegen.

Es wird empfohlen, keine Sockelschiene aus Metall zu verwenden! Sollte dies dennoch erfolgen, ist VOR Ausschreibung der Leistung eine detaillierte Wärmebrückenberechnung vorzulegen (Leistungsumfang des Entwurfsverfassers!).

Es ist VOR Materialbestellung die Systemkonformität des verwendeten Systems zu belegen!

Es ist ein Prüfprotokoll über die Zulassungskonforme Befestigung des WDVS zu erstellen. Dies ist vom Ausschreibenden zu beachten! Ohne das Prüfprotokoll kann eine Bestätigung über die fachgerechte Ausführung NICHT erfolgen! Etwaige Schäden, finanzielle oder bauliche, gehen nicht zu Lasten des Verfassers!

Der dargestellte Aufbau ist nur beispielhaft! Relevant sind nur die wärmedämmenden Ebenen (Wärmeleitfähigkeit $\leq 0,10 \text{ W/(mK)}$). Für alle anderen Schichten sind u.U. andere Dokumentationsunterlagen heranzuziehen!

Achtung: Die Abmessungen der tragenden Konstruktion ist nur angenommen. Für die tragende Konstruktion sind die Unterlagen der Tragwerksplanung heranzuziehen! Diese haben in der Regel einen vernachlässigbaren Einfluss auf den Wärmedurchgang.

Bauteiltyp "Außenwand" (3)

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 Putzmörtel aus Kalkzement	1,50	1800	27,0	1,000	0,01
02 Beton 2400 (2% Stahl)	24,00	2400	576,0	2,500	0,10
03 Dämmung WAP WLS 035	24,00	20	4,8	0,035	6,86
04 Armierungsputz	0,20	1700	3,4	0,700	0,00
05 Putzschicht	1,00	1800	18,0	1,000	0,01
R_{se}					0,04
d =	50,70	G =	629,2	$R_T =$	7,15

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,14 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

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

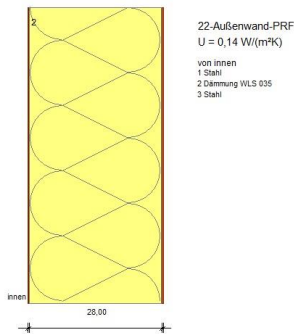
$R = 6,98 \geq 1,20 \text{ m}^2\text{K/W}$ erfüllt die Anforderungen

Rechnerischer Nachweis des Tauwasserausfalls

Ein rechnerischer Nachweis nach DIN 4108-3:2018 ist nicht erforderlich, weil eine nachweisfreie Konstruktion vorliegt.

Ein- und zweischaliges Mauerwerk mit Innenputz und Außenputz nach Tabelle 6 ($W_w \cdot s_d \leq 0,2$)

Bauteil: 22-Außenwand-PRF (22)



Aufbau der tragenden Konstruktion ist nicht bekannt.

Hier ist lediglich die Dämmung dargestellt.

Die Vorhangfassade ist nicht dargestellt.

Es wird ein pauschaler Zuschlag für die Befestigung der Vorhangfassade angesetzt, da das genaue Befestigungssystem nicht bekannt ist. Der Zuschlag wird pauschal angesetzt mit $0,01 \text{ W/(m}^2\text{K)}$.

Der genau anzusetzende Zuschlag ist vom Unternehmer RECHTZEITIG dem Aufsteller zu übergeben um evtl. weitergehende Kompensationsmaßnahmen an anderen Bauteilen vorzunehmen.

Die rechtzeitige Mitteilung der notwendigen Werte und daraus resultierende Zeitverzögerungen obliegen dem Unternehmer!

Eine negative Veränderung kann nicht ausgeschlossen werden und geht nicht zu Lasten des Aufstellers! Diese Annahme ist rechtzeitig vom Entwurfsverfasser zu validieren.

Bauteiltyp "Außenwand" (3)

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 Stahl	0,20	7800	15,6	50,000	0,00
02 Dämmung WLS 035	24,00	20	4,8	0,032	7,50
03 Stahl	0,20	7800	15,6	50,000	0,00
R_{se}					0,04
<hr/>					
d =	24,40	G =	36,0	$R_T =$	7,67

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U_c = 0,130 + 0,010 = 0,14 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

0,010 Befestigung Wärmebrückeneffizienzklasse A (0,01)

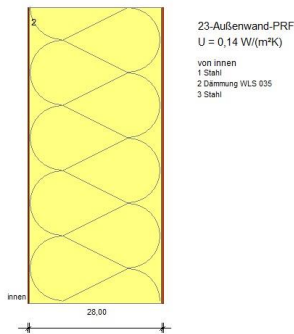
U-Wert Gesamtkorrektur = 8%

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

Wände beheizter Räume gegen Außenluft, Erdreich, Tiefgaragen (DIN 4108-2:2013). Erhöhte Anforderungen für leichte Bauteile mit einer flächenbezogenen Gesamtmasse $< 100 \text{ kg/m}^2$

R $7,50 \geq 1,75 \text{ m}^2\text{K/W}$ erfüllt die Anforderungen

Bauteil: 23-Außenwand-PRF (23)



Aufbau der tragenden Konstruktion ist nicht bekannt.

Hier ist lediglich die Dämmung dargestellt.

Die Vorhangfassade ist nicht dargestellt.

Es wird ein pauschaler Zuschlag für die Befestigung der Vorhangfassade angesetzt, da das genaue Befestigungssystem nicht bekannt ist. Der Zuschlag wird pauschal angesetzt mit $0,01 \text{ W/(m}^2\text{K)}$.

Der genau anzusetzende Zuschlag ist vom Unternehmer RECHTZEITIG dem Aufsteller zu übergeben um evtl. weitergehende Kompensationsmaßnahmen an anderen Bauteilen vorzunehmen.

Die rechtzeitige Mitteilung der notwendigen Werte und daraus resultierende Zeitverzögerungen obliegen dem Unternehmer!

Eine negative Veränderung kann nicht ausgeschlossen werden und geht nicht zu Lasten des Aufstellers! Diese Annahme ist rechtzeitig vom Entwurfsverfasser zu validieren.

Bauteiltyp "Außenwand" (3)

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 Stahl	0,20	7800	15,6	50,000	0,00
02 Dämmung WLS 035	24,00	20	4,8	0,032	7,50
03 Stahl	0,20	7800	15,6	50,000	0,00
R_{se}					0,04
<hr/>					
d =	24,40	G =	36,0	$R_T =$	7,67

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U_c = 0,130 + 0,010 = 0,14 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

0,010 Befestigung Wärmebrückeneffizienzklasse A (0,01)

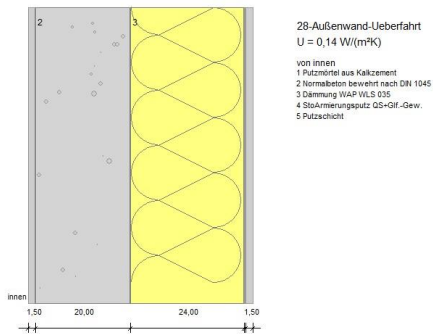
U-Wert Gesamtkorrektur = 8%

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

Wände beheizter Räume gegen Außenluft, Erdreich, Tiefgaragen (DIN 4108-2:2013). Erhöhte Anforderungen für leichte Bauteile mit einer flächenbezogenen Gesamtmasse $< 100 \text{ kg/m}^2$

R $7,50 \geq 1,75 \text{ m}^2\text{K/W}$ erfüllt die Anforderungen

Bauteil: 28-Außenwand-Ueberfahrt (28)



AUFBAU FÜR ÖKOBILANZ NUR ANGENOMMEN - NOCH PRÜFEN!

Die Verbindungsmittel sind so zu wählen, dass kein negativer Einfluss auf den Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) entsteht. Ein Nachweis durch den Unternehmer ist VOR der Materialbestellung vorzulegen.

Es wird empfohlen, keine Sockelschiene aus Metall zu verwenden! Sollte dies dennoch erfolgen, ist VOR Ausschreibung der Leistung eine detaillierte Wärmebrückenberechnung vorzulegen (Leistungsumfang des Entwurfsverfassers!).

Es ist VOR Materialbestellung die Systemkonformität des verwendeten Systems zu belegen! Es ist ein Prüfprotokoll über die Zulassungskonforme Befestigung des WDVS zu erstellen. Dies ist vom Ausschreibenden zu beachten! Ohne das Prüfprotokoll kann eine Bestätigung über die fachgerechte Ausführung NICHT erfolgen! Etwaige Schäden, finanzielle oder bauliche, gehen nicht zu Lasten des Verfassers!

Der dargestellte Aufbau ist nur beispielhaft! Relevant sind nur die wärmedämmenden Ebenen (Wärmeleitfähigkeit $\leq 0,10 \text{ W/(mK)}$). Für alle anderen Schichten sind u.U. andere Dokumentationsunterlagen heranzuziehen!

Achtung: Die Abmessungen der tragenden Konstruktion ist nur angenommen. Für die tragende Konstruktion sind die Unterlagen der Tragwerksplanung heranzuziehen! Diese haben in der Regel einen vernachlässigbaren Einfluss auf den Wärmedurchgang.

Bauteiltyp "Außenwand" (3)

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 Putzmörtel aus Kalkzement	1,50	1800	27,0	1,000	0,01
02 Normalbeton bewehrt nach DIN 104	20,00	2400	480,0	2,100	0,10
03 Dämmung WAP WLS 035	24,00	20	4,8	0,035	6,86
04 Armierungsputz	0,20	1700	3,4	0,700	0,00
05 Putzschicht	1,50	1800	27,0	1,000	0,01
R_{se}					0,04
<hr/>					
d =	47,20	G =	542,2	$R_T =$	7,16

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,14 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

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

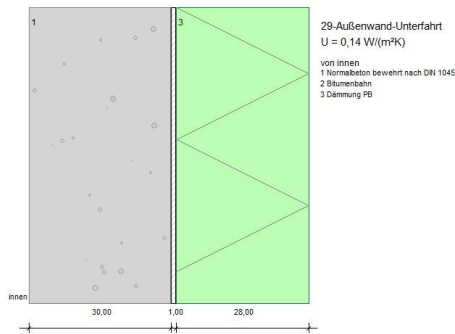
$R \geq 1,20 \text{ m}^2\text{K/W}$ erfüllt die Anforderungen

Rechnerischer Nachweis des Tauwasserausfalls

Ein rechnerischer Nachweis nach DIN 4108-3:2018 ist nicht erforderlich, weil eine nachweisfreie Konstruktion vorliegt.

Ein- und zweischaliges Mauerwerk mit Innenputz und Außenputz nach Tabelle 6 ($W_w \cdot s_d \leq 0,2$)

Bauteil: 29-Außenwand-UG (29)



AUFBAU FÜR ÖKOBILANZ NUR ANGENOMMEN - NOCH PRÜFEN!

Die Wärmeleitfähigkeit der Perimeterdämmung ist abhängig von der Einbausituation und der resultierenden Dämmstärke.

Es wird, auf der sicheren Seite liegend, eine Wärmeleitfähigkeit von $0,042 \text{ W/(mK)}$ bei der Perimeterdämmung angesetzt. Im Zuge der Ausführungsplanung kann dieser Wert anhand der genauen Produktkenndaten und Einbausituation angepasst werden.

Der dargestellte Aufbau ist nur beispielhaft! Relevant sind nur die wärmedämmenden Ebenen (Wärmeleitfähigkeit $\leq 0,10 \text{ W/(mK)}$). Für alle anderen Schichten sind u.U. andere Dokumentationsunterlagen heranzuziehen!

Achtung: Die Abmessungen der tragenden Konstruktion ist nur angenommen. Für die tragende Konstruktion sind die Unterlagen der Tragwerksplanung heranzuziehen! Diese haben in der Regel einen vernachlässigbaren Einfluss auf den Wärmedurchgang.

Bauteiltyp "Außenwand gegen Erdreich" (5)

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

Querschnitt

	s cm	ρ kg/m ³		λ W/(mK)	R m ² K/W
von innen			kg/m ²		
R_{si}					0,13
01 Normalbeton bewehrt nach DIN 104	30,00	2400	720,0	2,100	0,14
02 Bitumenbahn	1,00	1050	10,5	0,170	0,06
03 Dämmung PB	28,00	25	7,0	0,042	6,67
R_{se}					0,00
d =	59,00	G =	737,5	$R_T =$	7,00

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,14 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

Außenwand gegen Erdreich. Mindestanforderungen nach Tab.3.

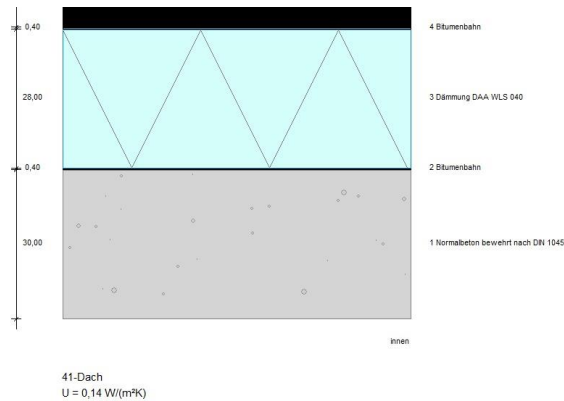
$R = 6,87 \geq 1,20 \text{ m}^2\text{K/W}$ erfüllt die Anforderungen

Rechnerischer Nachweis des Tauwasserausfalls

Ein rechnerischer Nachweis nach DIN 4108-3:2018 ist nicht erforderlich, weil eine nachweisfreie Konstruktion vorliegt.

Erdberührte Kelleraußenwand aus einschaligem, wärmedämmendem Mauerwerk oder MW / Beton mit Perimeterdämmung

Bauteil: 41-Dach (41)



AUFBAU FÜR ÖKOBILANZ NUR ANGENOMMEN - NOCH PRÜFEN!

Die Dämmung kann als Gefälledämmung ausgebildet werden. Die unten angegebene Dämmstärke gilt dann als mittlere Dämmstärke. Die genaue Dämmstärke ist vom Unternehmer anhand des Gefälleplanes nach DIN EN ISO 6946 zu ermitteln, die Berechnung ist dem Aufsteller vorzulegen.

Die Mindestdämmstärke (tiefster Punkt) muss mindestens 8cm betragen. Es wird empfohlen, eine Mindestdämmstärke aus konstruktiven Gründen von 14cm nicht zu unterschreiten. Hiermit werden auch die konstruktiven Anforderungen der DIN 4108 Beiblatt 2 eingehalten.

Der dargestellte Aufbau ist nur beispielhaft! Relevant sind nur die wärmedämmenden Ebenen (Wärmeleitfähigkeit $\leq 0,10$ W/(mK)). Für alle anderen Schichten sind u.U. andere Dokumentationsunterlagen heranzuziehen!

Achtung: Die Abmessungen der tragenden Konstruktion ist nur angenommen. Für die tragende Konstruktion sind die Unterlagen der Tragwerksplanung heranzuziehen! Diese haben in der Regel einen vernachlässigbaren Einfluss auf den Wärmedurchgang.

Bauteiltyp "Decke gegen die Außenluft" (1)

mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,10$ und $R_{se} = 0,04$ m²K/W

Querschnitt

	s cm	ρ kg/m³	kg/m²	λ W/(mK)	R m²K/W
von innen					
R_{si}					0,10
01 Normalbeton bewehrt nach DIN 104	30,00	2400	720,0	2,100	0,14
02 Bitumenbahn	0,40	1100	4,4	-	0,02
03 Dämmung DAA WLS 040	28,00	20	5,6	0,040	7,00
04 Bitumenbahn	0,40	1100	4,4	-	0,02
05 Extensivbegrünung	10,00	900	90,0	-	-
R_{se}					0,04
d =	68,80	G =	824,4	$R_T =$	7,32

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,14 W/(m²K)** (ohne Korrekturen)

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

Wärme gedämmte Dachschrägen (DIN 4108-2:2013). Mindestanforderungen nach Tab.3.

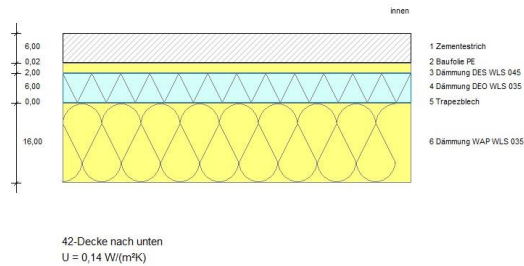
R $7,18 \geq 1,20$ m²K/W erfüllt die Anforderungen

Rechnerischer Nachweis des Tauwasserausfalls

Ein rechnerischer Nachweis nach DIN 4108-3:2018 ist nicht erforderlich, weil eine nachweisfreie Konstruktion vorliegt.

Bauteil Bild 8d, mit den Schichten: Beton 2400 ~ Dampfsperre ≥ 100 µm ~ Wärmedämmung ~ Dachabdichtung (Bild8d.DWB)

Bauteil: 42-Decke nach unten (42)



AUFBAU FÜR ÖKOBILANZ NUR ANGENOMMEN - NOCH PRÜFEN!

Die dargestellte Trittschalldämmung dient nur zur Erfassung einer anderen Dämmstärke und ist nicht gültig für den Schallschutznachweis! Die genauen Angaben zu der Trittschalldämmung ist dem Schallschutznachweis zu entnehmen. Der Fußbodenaufbau ist nur angenommen und ist durch den Entwurfsverfasser bei Bedarf zu korrigieren.

Die Dämmstärke unterhalb der auskragenden Geschossdecke hat mindestens 10cm zu betragen, um den Anforderungen der DIN 4108 Beiblatt 2 zu genügen.

Es wurde derzeit noch kein Zuschlag für eine etwaige Unterkonstruktion angesetzt. Die Dämmstärke kann sich daher je nach Ausbildung der Bekleidung noch erhöhen.

Der dargestellte Aufbau ist nur beispielhaft! Relevant sind nur die wärmedämmenden Ebenen (Wärmeleitfähigkeit $\leq 0,10 \text{ W/(mK)}$). Für alle anderen Schichten sind u.U. andere Dokumentationsunterlagen heranzuziehen!

Achtung: Die Abmessungen der tragenden Konstruktion ist nur angenommen. Für die tragende Konstruktion sind die Unterlagen der Tragwerksplanung heranzuziehen! Diese haben in der Regel einen vernachlässigbaren Einfluss auf den Wärmedurchgang.

Bauteiltyp "Wohnungstrenndecke nach unten" (7)

mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,17$ und $R_{se} = 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m³		λ W/ (mK)	R m² 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 Dämmung DES WLS 045	2,00	20	0,4	0,045	0,44
04 Dämmung DEO WLS 035	6,00	20	1,2	0,035	1,71
05 Trapezblech	–	–	–	–	–
06 Dämmung WAP WLS 035	16,00	20	3,2	0,035	4,57
R _{se}					0,17
d =	30,02	G =	125,0	R _T =	7,11

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,14 W/(m²K)** (ohne Korrekturen)

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

Wohnungs- und Gebäudetrennwände zwischen beheizten Räumen (DIN 4108-2:2013).
Mindestanforderungen nach Tab.3.

R $6,77 \geq 0,07 \text{ m}^2\text{K/W}$ erfüllt die Anforderungen

Rechnerischer Nachweis des Tauwasserausfalls

Ein rechnerischer Nachweis nach DIN 4108-3:2018 wird durchgeführt.

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	2338	1169
1 Zementestrich	19,1	2213	1169
2 Baufolie PE	19,0	2193	1163
3 Dämmung DES WLS 045	19,0	2193	1024
4 Dämmung DEO WLS 035	17,4	1987	1024
5 Trapezblech	11,3	1342	1016
6 Dämmung WAP WLS 035	11,3	1342	323
	-4,9	407	322
Außenluft	-5,0	402	322

Grenzschichttemperaturen T_{gr} mit $R_{si} = 0,25$, $R_{se} = 0,04$ und $R_T = 7,06$ 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 Dämmung DES WLS 045	1	1	0,02	0,02	0,02
4 Dämmung DEO WLS 035	20	100	1,20	6,00	-> 1,20
5 Trapezblech	-	-	30,00	100,00	<- 100,00
6 Dämmung WAP WLS 035	1	1	0,16	0,16	0,16
$\Sigma \mu \cdot s =$					122,28

Klimabedingter Feuchteschutz DIN 4108-3:2018

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

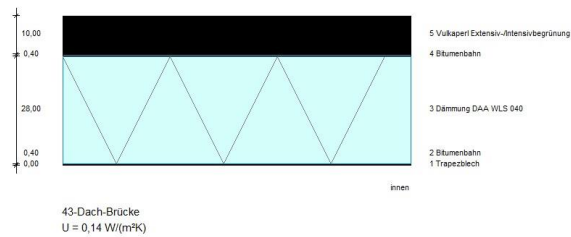
	$\phi_{si,cr}$	p_{sat}	$\theta_{si}(p_{sat})$ Pa	R °C	ausrei- chend m²K/W
vorhandene Werte	0,53	2.213	19,12	6,77	
Grenzwert für Tauwasserbildung	1,00	1.169	9,27	0,29	ja
Grenzwert für Schimmelpilzbildung	0,80	1.461	12,62	0,56	ja

mit $\phi_{si,cr}$ = 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 $R_{si} = 0,25$ W/(m²K))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 = 0,005 g/m²h

Bauteil: 43-Dach-Brücke (43)



AUFBAU FÜR ÖKOBILANZ NUR ANGENOMMEN - NOCH PRÜFEN!

Die Dämmung wird als 0° Gefälledämmung ausgebildet.

Der dargestellte Aufbau ist nur beispielhaft! Relevant sind nur die wärmedämmenden Ebenen (Wärmeleitfähigkeit $\leq 0,10 \text{ W/(mK)}$). Für alle anderen Schichten sind u.U. andere Dokumentationsunterlagen heranzuziehen!

Achtung: Die Abmessungen der tragenden Konstruktion ist nur angenommen. Für die tragende Konstruktion sind die Unterlagen der Tragwerksplanung heranzuziehen! Diese haben in der Regel einen vernachlässigbaren Einfluss auf den Wärmedurchgang.

Bauteiltyp "Decke gegen die Außenluft" (1)

mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,10$ 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}					0,10
01 Trapezblech	-	-	-	-	-
02 Bitumenbahn	0,40	1100	4,4	-	0,02
03 Dämmung DAA WLS 040	28,00	20	5,6	0,040	7,00
04 Bitumenbahn	0,40	1100	4,4	-	0,02
05 Extensivbegrünung	10,00	900	90,0	-	-
R_{se}					0,04
d =	38,80	G =	104,4	$R_T =$	7,17

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,14 W/(m²K)** (ohne Korrekturen)

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

Wärme gedämmte Dachschrägen (DIN 4108-2:2013). Mindestanforderungen nach Tab.3.

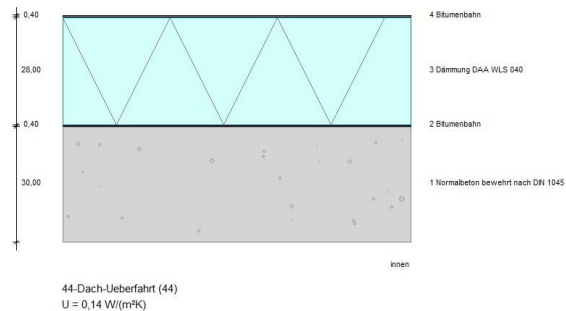
R 7,03 \geq 1,20 m²K/W erfüllt die Anforderungen

Rechnerischer Nachweis des Tauwasserausfalls

Ein rechnerischer Nachweis nach DIN 4108-3:2018 ist nicht erforderlich, weil eine nachweisfreie Konstruktion vorliegt.

Bauteil Bild 8d, mit den Schichten: Beton 2400 ~ Dampfsperre $\geq 100\text{m}$ ~ Wärmedämmung ~ Dachabdichtung (Bild8d.DWB)

Bauteil: 44-Dach-Ueberfahrt (44)



AUFBAU FÜR ÖKOBILANZ NUR ANGENOMMEN - NOCH PRÜFEN!

Die Dämmung kann als Gefälledämmung ausgebildet werden. Die unten angegebene Dämmstärke gilt dann als mittlere Dämmstärke. Die genaue Dämmstärke ist vom Unternehmer anhand des Gefälleplanes nach DIN EN ISO 6946 zu ermitteln, die Berechnung ist dem Aufsteller vorzulegen.

Die Minstdämmstärke (tiefster Punkt) muss mindestens 8cm betragen. Es wird empfohlen, eine Minstdämmstärke aus konstruktiven Gründen von 14cm nicht zu unterschreiten. Hiermit werden auch die konstruktiven Anforderungen der DIN 4108 Beiblatt 2 eingehalten.

Der dargestellte Aufbau ist nur beispielhaft! Relevant sind nur die wärmedämmenden Ebenen (Wärmeleitfähigkeit $\leq 0,10 \text{ W/(mK)}$). Für alle anderen Schichten sind u.U. andere Dokumentationsunterlagen heranzuziehen!

Achtung: Die Abmessungen der tragenden Konstruktion ist nur angenommen. Für die tragende Konstruktion sind die Unterlagen der Tragwerksplanung heranzuziehen! Diese haben in der Regel einen vernachlässigbaren Einfluss auf den Wärmedurchgang.

Bauteiltyp "Decke gegen die Außenluft" (1)

mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,10$ 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}					0,10
01 Normalbeton bewehrt nach DIN 104	30,00	2400	720,0	2,100	0,14
02 Bitumenbahn	0,40	1100	4,4	-	0,02
03 Dämmung DAA WLS 040	28,00	20	5,6	0,040	7,00
04 Bitumenbahn	0,40	1100	4,4	-	0,02
R_{se}					0,04
d =	68,80	G =	824,4	$R_T =$	7,32

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,14 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

Wärme gedämmte Dachschrägen (DIN 4108-2:2013). Mindestanforderungen nach Tab.3.

$R = 7,18 \geq 1,20 \text{ m}^2\text{K/W}$ erfüllt die Anforderungen

Rechnerischer Nachweis des Tauwasserausfalls

Ein rechnerischer Nachweis nach DIN 4108-3:2018 ist nicht erforderlich, weil eine nachweisfreie Konstruktion vorliegt.

Bauteil Bild 8d, mit den Schichten: Beton 2400 ~ Dampfsperre $\geq 100\text{m}$ ~ Wärmedämmung ~ Dachabdichtung (Bild8d.DWB)

Bauteil: 51-Fenster (51)

Bauteiltyp "Fenster" (20)

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

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1,00 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (manuell festgelegt)

(Energiedurchlassgrad $g = 40\%$)

Bauteil: 57-Außentuer-Glas (57)

Bauteiltyp "Außentür" (3)

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

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1,60 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (manuell festgelegt)

Bauteil: 58-RWA (58)

Bauteiltyp "Fenster" (20)

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

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1,00 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (manuell festgelegt)

(Energiedurchlassgrad $g = 40\%$)

Bauteil: 59-Außentuer-PRF (59)

Bauteiltyp "Außentür" (3)

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

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1,00 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (manuell festgelegt)

Bauteil: 71-PRF (71)

Bei dem Bauteil handelt es sich um eine Vorhangfassadenkonstruktion nach DIN EN ISO 12631:2018-01. Der UCW-Wert ist nach DIN 13830 für alle beinhalteten Elemente (Verglasungen, Ausfachungen, Rahmenkonstruktionen, Wärmebrücken im Anschlussbereich innerhalb der Konstruktion) zu ermitteln.

Der hier geforderte Wert ist als Anforderungswert mit auszuschreiben. Der Herstellernachweis der gesamten Konstruktion ist rechtzeitig VOR Bestellung dem Aufsteller zum Abgleich vorzulegen.

Abweichungen aus den hier gestellten Anforderungen gehen nicht zu Lasten des Aufstellers. Eine nachteilige Veränderung des Gesamtnachweises ist bei negativen Abweichungen nicht ausgeschlossen!

Bauteiltyp "Fenster" (20)

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

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1,00 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (manuell festgelegt)

(Energiedurchlassgrad $g = 40\%$)

Bauteil: 72-PRF (72)

Bei dem Bauteil handelt es sich um eine Vorhangfassadenkonstruktion nach DIN EN ISO 12631:2018-01. Der UCW-Wert ist nach DIN 13830 für alle beinhalteten Elemente (Verglasungen, Ausfachungen, Rahmenkonstruktionen, Wärmebrücken im Anschlussbereich innerhalb der Konstruktion) zu ermitteln.

Der hier geforderte Wert ist als Anforderungswert mit auszuschreiben. Der Herstellernachweis der gesamten Konstruktion ist rechtzeitig VOR Bestellung dem Aufsteller zum Abgleich vorzulegen.

Abweichungen aus den hier gestellten Anforderungen gehen nicht zu Lasten des Aufstellers. Eine nachteilige Veränderung des Gesamtnachweises ist bei negativen Abweichungen nicht ausgeschlossen!

Bauteiltyp "Fenster" (20)

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

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1,00 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (manuell festgelegt)

(Energiedurchlassgrad $g = 40\%$)

Bauteil: 73-PRF (73)

Bei dem Bauteil handelt es sich um eine Vorhangfassadenkonstruktion nach DIN EN ISO 12631:2018-01. Der UCW-Wert ist nach DIN 13830 für alle beinhalteten Elemente (Verglasungen, Ausfachungen, Rahmenkonstruktionen, Wärmebrücken im Anschlussbereich innerhalb der Konstruktion) zu ermitteln.

Der hier geforderte Wert ist als Anforderungswert mit auszusprechen. Der Herstellernachweis der gesamten Konstruktion ist rechtzeitig VOR Bestellung dem Aufsteller zum Abgleich vorzulegen.

Abweichungen aus den hier gestellten Anforderungen gehen nicht zu Lasten des Aufstellers. Eine nachteilige Veränderung des Gesamtnachweises ist bei negativen Abweichungen nicht ausgeschlossen!

Bauteiltyp "Fenster" (20)

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

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1,00 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (manuell festgelegt)

(Energiedurchlassgrad $g = 40\%$)

D. Energetische Bewertung von Gebäuden

Projekt:

Maßgebende Normen und Verordnungen:

GEG 2020

DIN V 18599:2018 - Energetische Bewertung von Gebäuden (WG / NWG)

DIN V 4108-2:2013, Mindestanforderungen an den Wärmeschutz

DIN EN ISO 6946:2008, Bauteile - Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient

DIN EN ISO 13789:2007, Spezifischer Transmissionswärmeverlustkoeffizient

DIN EN ISO 13370:2018, Wärmetransfer über das Erdreich

DIN EN ISO 10077-1:2007, Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen

Gebäudeberechnung "23252-Berechnung"

Nachweisverfahren

Regelverfahren für Nichtwohngebäude nach GEG 2020, §§ 18 und 19 und Anlage 2 zur Begrenzung des Jahres-Primärenergiebedarfs und der mittleren, bauteilbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten

mit den Änderungen des Gebäudeenergiegesetzes zum 1.1.2024 (BGBl vom 16. Oktober 2023)

mit den Änderungen des Gebäudeenergiegesetzes zum 1.1.2023 (BGBl vom 28. Juli 2022)

berechnet mit den Bilanzierungsverfahren nach DIN V 18599:2018

Referenzberechnung: 23252-Berechnung-Referenz2020.dwe

Klimadaten für den Gebäudestandort "4 Potsdam (Deutschland)" aus TRY-Datensätzen

1.0 Geplante Gebäudezonen (DIN V 18599-1)

Betrachtungsmonat Januar, $\vartheta_e = 1,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Zone	Typ	t_{nutz} d/a	ϑ_i $^{\circ}\text{C}$	$\vartheta_{i,WE}$ $^{\circ}\text{C}$	A_{NGF} $^{\circ}\text{C}$	V_i m^2	V_i m^3
<1> 18-Aufzug/ Schacht	218 Nebenflächen	250	16,1	13,9	11	67	
<2> 19-TRH/ Flur	219 Verkehrsfläch	250	20,0	17,2	797	2792	
<3> 08-Klassenzimmer/ DIF.	208 Klassenzimme	200	19,5	17,4	868	3067	
<4> 16-Sanitär	216 WC und Sanit	250	19,9	17,4	98	325	
<5> 20-Lager/ Technik	220 Lager, Techn	250	20,0	17,3	80	292	
<6> 14-Lehrküche	214 Küchen in Ni	300	20,0	17,4	67	282	
<7> 08-Werkraum	208 Klassenzimme	200	19,6	17,4	40	169	
<8> 08-Werkraum belüftet	208 Klassenzimme	200	19,5	17,3	83	348	
<9> 20-Lager/Technik belüft	220 Lager, Techn	250	20,4	18,1	53	195	
<10> 16-Behind.-WC	216 WC und Sanit	250	19,9	18,5	7	29	
						2.105	7.565

Gebäude, $A_{NGF} = 2104,9 \text{ m}^2$, $n_G = 3$ Geschosse (Bezugsfläche nach T1, Abs.8.2.1)

Typ = Nutzungstyp nach DIN V 18599-10

t_{nutz} = Nutzungstage / Jahr \Rightarrow Nutzungsanteile für den Regel und Wochenendbetrieb

A_{NGF} = Nettogrundfläche, V_i = Nettoluftvolumen

ϑ_i = mittlere Innentemperatur für Januar, ggf. bei eingeschränktem Heizbetrieb

$\vartheta_{i,WE}$ = mittlere Innentemperatur im Wochenendbetrieb

$\vartheta_i = \vartheta_{i,h}$ unter Berücksichtigung einer Nachtabsenkung

ϑ_i Bilanz-Innentemperaturen für den Heizwärmebedarf nach DIN V 18599-2, Abs.6.1.2

2.0 Transmissionswärmetransfer (DIN V 18599-2)

Transferkoeffizienten H_T aus der Hüllflächentabelle nach DIN V 18599, T2
Begrenzung der U-Werte (U_{max}-Nachweis) GEG § 19

Hüllfläche	Zone	A m ²	U W/(m ² K)	F _x	Anmerkungen	H _T W/K
1.UG-Unterfahrt						
1 F 0100 FG	1:0	47,3	0,14 12	0,80 F _{fb}	58 19 25 14	5,4
2 F 0101 Fbw S-W	1:0	18,7	0,14 29	0,80 F _{fb}	58 19 25 14	2,1
3 F 0102 Fbw S-O	1:0	13,6	0,14 29	0,80 F _{fb}	58 19 25 14	1,6
4 F 0103 Fbw N-O	1:0	18,7	0,14 29	0,80 F _{fb}	58 19 25 14	2,1
5 F 0104 Fbw N-W	1:0	13,6	0,14 29	0,80 F _{fb}	58 19 25 14	1,6
EG-Lager/Technik						
6 F 0201 FAW N-W	5:0	4,1	0,14 22	1,00 FAW	58	0,6
7 F 0210 FAW N-O	5:0	21,0	0,14 21	1,00 FAW	58	2,9
8 F 0211 FAW N-W	5:0	3,9	0,14 22	1,00 FAW	58	0,6
9 A 0201 FF N-W	5:0	23,5	1,00 72	1,00 FF	58 75 02	23,5
10 A 0211 FF N-W	5:0	9,5	1,00 72	1,00 FF	58 75 02	9,5
11 F 0200 FG	5:0	26,3	0,13 11	0,65 F _{fb}	58 19 26 14	2,2
EG-Lehrküche						
12 F 0310 FAW N-W	6:0	5,8	0,14 22	1,00 FAW	58	0,8
13 A 0310 FF N-W	6:0	32,8	1,00 72	1,00 FF	58 75 02	32,8
14 F 0300 FG	6:0	72,2	0,13 11	0,65 F _{fb}	58 19 26 14	6,1
EG-Musik						
15 F 0401 FAW N-W	3:0	5,8	0,14 22	1,00 FAW	58	0,8
16 F 0419 FAW N-W	3:0	9,9	0,14 22	1,00 FAW	58	1,4
17 A 0401 FF N-W	3:0	32,9	1,00 72	1,00 FF	58 75 02	32,9
18 A 0419 FF N-W	3:0	56,4	1,00 72	1,00 FF	58 75 02	56,4
19 F 0400 FG	3:0	213,7	0,13 11	0,65 F _{fb}	58 19 26 14	17,9
EG-Werkmaschinenraum1						
20 F 0501 FAW S-W	8:0	35,0	0,14 21	1,00 FAW	58	4,9
21 F 0508 FAW N-W	8:0	9,6	0,14 22	1,00 FAW	58	1,3
22 A 0508 FF N-W	8:0	42,0	1,00 72	1,00 FF	58 75 02	42,0
23 F 0500 FG	8:0	93,7	0,13 11	0,65 F _{fb}	58 19 26 14	7,9
EG-Speiseraum						
24 F 0608 FAW N-W	3:0	2,4	0,14 22	1,00 FAW	58	0,3
25 A 0608 FF N-W	3:0	13,9	1,00 72	1,00 FF	58 75 02	13,9
26 F 0600 FG	3:0	31,3	0,13 11	0,65 F _{fb}	58 19 26 14	2,6
EG-WC						
27 F 0700 FG	10:0	3,5	0,13 11	0,65 F _{fb}	58 19 26 14	0,3
Aufzug						
EG-Flur 1						
28 F 0902 FAW S-O	2:0	24,3	0,14 23	1,00 FAW	58	3,4
29 F 0903 FAW N-O	2:0	10,6	0,14 21	1,00 FAW	58	1,5
30 A 0902 FF S-O	2:0	112,5	1,00 71	1,00 FF	58 75 02	112,5
31 W 0903 FF N-O	2:0	1,9	1,00 51	1,00 FF	58 02	1,9
32 T 0903 FAW N-O , Tür	2:0	6,2	1,60 59	1,00 FAW	58	9,9
33 F 0900 FG	2:0	112,4	0,13 11	0,65 F _{fb}	58 19 26 14	9,4
EG-Flur 2						
34 F 1001 FAW S-W	2:0	10,6	0,14 21	1,00 FAW	58	1,5
35 F 1002 FAW S-O	2:0	20,4	0,14 23	1,00 FAW	58	2,9
36 A 1002 FF S-O	2:0	117,2	1,00 71	1,00 FF	58 75 02	117,2
37 W 1001 FF S-W	2:0	1,9	1,00 51	1,00 FF	58 02	1,9
38 T 1001 FAW S-W , Tür	2:0	6,2	1,60 59	1,00 FAW	58	9,9
39 F 1000 FG	2:0	94,5	0,13 11	0,65 F _{fb}	58 19 26 14	7,9
1.OG-Kursraum						
40 F 1107 FAW N-O	3:0	27,8	0,14 21	1,00 FAW	58	3,9
41 F 1108 FAW N-W	3:0	7,1	0,14 22	1,00 FAW	58	1,0
42 A 1108 FF N-W	3:0	23,3	1,00 72	1,00 FF	58 75 02	23,3
1.OG-digitales Labor						
43 F 1201 FAW N-W	3:0	7,1	0,14 22	1,00 FAW	58	1,0
44 F 1202 FAW S-W	3:0	27,8	0,14 21	1,00 FAW	58	3,9
45 A 1201 FF N-W	3:0	23,3	1,00 72	1,00 FF	58 75 02	23,3
1.OG-Kursraum						

46 F 1320 FAW N-W	3:0	17,3	0,14 22	1,00 FAW	58		2,4
47 A 1320 FF N-W	3:0	75,1	1,00 72	1,00 FF	58 75 02		75,1
1.OG-Lager/Technik							
48 F 1404 FAW N-W	5:0	1,6	0,14 22	1,00 FAW	58		0,2
49 A 1404 FF N-W	5:0	7,2	1,00 72	1,00 FF	58 75 02		7,2
1.OG-WC							
50 F 1504 FAW N-W	4:0	5,8	0,14 22	1,00 FAW	58		0,8
51 A 1504 FF N-W	4:0	25,0	1,00 72	1,00 FF	58 75 02		25,0
1.OG-Brücke 1							
52 F 1600 FD	2:0	53,7	0,14 42	1,00 FD	58		7,6
53 F 1601 FAW S-W	2:0	16,0	0,14 22	1,00 FAW	58		2,2
54 F 1603 FAW N-O	2:0	16,0	0,14 22	1,00 FAW	58		2,2
55 A 1601 FF S-W	2:0	28,7	1,00 73	1,00 FF	58 75 02		28,7
56 A 1603 FF N-O	2:0	28,7	1,00 73	1,00 FF	58 75 02		28,7
1.OG-Brücke 2							
57 F 1700 FD	2:0	37,9	0,14 42	1,00 FD	58		5,3
58 F 1701 FAW S-W	2:0	16,0	0,14 22	1,00 FAW	58		2,2
59 F 1703 FAW N-O	2:0	16,0	0,14 22	1,00 FAW	58		2,2
60 A 1701 FF S-W	2:0	28,7	1,00 73	1,00 FF	58 75 02		28,7
61 A 1703 FF N-O	2:0	28,7	1,00 73	1,00 FF	58 75 02		28,7
1.OG-Flur 1							
62 F 1802 FAW S-O	2:0	23,4	0,14 23	1,00 FAW	58		3,3
63 F 1803 FAW N-O	2:0	10,9	0,14 21	1,00 FAW	58		1,5
64 A 1802 FF S-O	2:0	85,5	1,00 71	1,00 FF	58 75 02		85,5
65 W 1803 FF N-O	2:0	4,0	1,00 51	1,00 FF	58 02		4,0
1.OG-Flur 2							
66 F 1901 FAW S-W	2:0	10,9	0,14 21	1,00 FAW	58		1,5
67 F 1902 FAW S-O	2:0	20,5	0,14 23	1,00 FAW	58		2,9
68 A 1902 FF S-O	2:0	89,1	1,00 71	1,00 FF	58 75 02		89,1
69 W 1901 FF S-W	2:0	4,0	1,00 51	1,00 FF	58 02		4,0
2.OG-Kursraum							
70 F 2009 FD	3:0	67,4	0,14 41	1,00 FD	58		9,2
71 F 2007 FAW N-O	3:0	28,3	0,14 21	1,00 FAW	58		4,0
72 F 2008 FAW N-W	3:0	7,7	0,14 22	1,00 FAW	58		1,1
73 A 2008 FF N-W	3:0	23,3	1,00 72	1,00 FF	58 75 02		23,3
2.OG-DIF.							
74 F 2109 FD	3:0	67,4	0,14 41	1,00 FD	58		9,2
75 F 2101 FAW N-W	3:0	7,7	0,14 22	1,00 FAW	58		1,1
76 F 2102 FAW S-W	3:0	28,3	0,14 21	1,00 FAW	58		4,0
77 A 2101 FF N-W	3:0	23,3	1,00 72	1,00 FF	58 75 02		23,3
2.OG-Kursraum							
78 F 2221 FD	3:0	227,2	0,14 41	1,00 FD	58		31,1
79 F 2220 FAW N-W	3:0	18,9	0,14 22	1,00 FAW	58		2,6
80 A 2220 FF N-W	3:0	75,1	1,00 72	1,00 FF	58 75 02		75,1
2.OG-Lager/Technik							
81 F 2305 FD	5:0	14,9	0,14 41	1,00 FD	51		2,0
82 F 2304 FAW N-W	5:0	3,6	0,14 22	1,00 FAW	51		0,5
83 A 2304 FF N-W	5:0	14,3	1,00 72	1,00 FF	51 02		14,3
2.OG-WC							
84 F 2405 FD	4:0	54,9	0,14 41	1,00 FD	58		7,5
85 F 2404 FAW N-W	4:0	4,5	0,14 22	1,00 FAW	58		0,6
86 A 2404 FF N-W	4:0	17,9	1,00 72	1,00 FF	58 75 02		17,9
2.OG-Brücke 1							
87 F 2505 FD	2:0	53,7	0,14 43	1,00 FD	58		7,5
88 F 2501 FAW S-W	2:0	16,7	0,14 22	1,00 FAW	58		2,3
89 F 2503 FAW N-O	2:0	16,7	0,14 22	1,00 FAW	58		2,3
90 A 2501 FF S-W	2:0	28,7	1,00 73	1,00 FF	58 75 02		28,7
91 A 2503 FF N-O	2:0	28,7	1,00 73	1,00 FF	58 75 02		28,7
2.OG-Brücke							
92 F 2605 FD	2:0	37,9	0,14 43	1,00 FD	58		5,3
93 F 2601 FAW S-W	2:0	16,7	0,14 22	1,00 FAW	58		2,3
94 F 2603 FAW N-O	2:0	16,7	0,14 22	1,00 FAW	58		2,3
95 A 2601 FF S-W	2:0	28,7	1,00 73	1,00 FF	58 75 02		28,7
96 A 2603 FF N-O	2:0	28,7	1,00 73	1,00 FF	58 75 02		28,7
2.OG-Flur 1							

97 F 2723 FD	2:0	149,1	0,14	41	1,00	FD	58	20,4
98 F 2702 FAW S-O	2:0	25,2	0,14	23	1,00	FAW	58	3,5
99 F 2703 FAW N-O	2:0	11,8	0,14	21	1,00	FAW	58	1,7
100 A 2702 FF S-O	2:0	85,5	1,00	71	1,00	FF	58 75 02	85,5
101 W 2703 FF N-O	2:0	3,3	1,00	51	1,00	FF	58 02	3,3
2.OG-Flur 2								
102 F 2814 FD	2:0	134,0	0,14	41	1,00	FD	58	18,4
103 F 2801 FAW S-W	2:0	11,8	0,14	21	1,00	FAW	58	1,7
104 F 2802 FAW S-O	2:0	22,3	0,14	23	1,00	FAW	58	3,1
105 A 2802 FF S-O	2:0	89,1	1,00	71	1,00	FF	58 75 02	89,1
106 W 2801 FF S-W	2:0	3,3	1,00	51	1,00	FF	58 02	3,3
3.OG-Ueberfahrt								
107 F 2905 FD	1:0	7,3	0,14	44	1,00	FD	58	1,0
108 F 2901 FAW S-W	1:0	2,4	0,14	28	1,00	FAW	58	0,3
109 F 2902 FAW S-O	1:0	2,3	0,14	28	1,00	FAW	58	0,3
110 F 2903 FAW N-O	1:0	2,4	0,14	28	1,00	FAW	58	0,3
111 F 2904 FAW N-W	1:0	2,3	0,14	28	1,00	FAW	58	0,3
EG-Werkmaschinenraum 2								
112 F 3002 FAW N-W	7:0	3,3	0,14	22	1,00	FAW	58	0,5
113 A 3002 FF N-W	7:0	18,8	1,00	72	1,00	FF	58 75 02	18,8
114 F 3000 FG	7:0	30,8	0,13	11	0,65	Fb	58 19 26 14	2,6
EG-Lager/Technik belüfte								
115 F 3103 FAW N-O	9:0	13,9	0,14	21	1,00	FAW	51	1,9
EG-Lager/Technik belüfte								
116 F 3200 FG	9:0	2,9	0,13	11	0,65	Fb	51 19 26 14	0,2
1.OG-Lager/Technik belüf								
2.OG-Lager/Technik belüf								
117 F 3407 FD	9:0	23,7	0,14	41	1,00	FD	51	3,2

$\Sigma A [m^2] = 3.751,6$

$\Sigma H_T [W/K] = 1.673,9$

1. Bodenplattenmaß B' (25) = $A_G / (0.5 P) = 47,29 / 13,93 = 3,39 \text{ m}$

2. Bodenplattenmaß B' (26) = $9,91 = 9,91 \text{ m}$

Anmerkungen zur Hüllflächen-Tabelle

- 01 Temperatur-Korrekturfaktoren (F_x -Faktoren) nach DIN V 18599-2, Tab.5
- 02 Die solaren Gewinne werden gesondert ermittelt (siehe unten).
- 14 Bodenplatte auf Erdreich ohne Randdämmung.
- 18 Die Fläche der Bodenplatte wird für den U_{max} -Nachweis reduziert (5m-Streifen)
- 19 Temperatur-Korrekturfaktoren F_x für untere Gebäudeabschlüsse nach DIN V 18599:2018-2, Tab.6
- 25 F_x Tabellenwert für das Bodenplattenmaß B' nach EN ISO 13370.
- 26 F_x -Tabellenwert für das 2. Bodenplattenmaß.
- 51 Der Einfluss der Wärmebrücken wird mit einem U-Wert-Zuschlag von $0,05 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ pauschal berücksichtigt.
- 58 Der Einfluss der Wärmebrücken wird mit einem U Wert Zuschlag von $0,03 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ pauschal berücksichtigt.
- 75 Vorhangfassade

2.1 Wärmebrücken

Berechnung mit pauschalen Zuschlägen (siehe Hüllflächentabelle)

Wärmebrückenzuschläge ohne Temperaturkorrektur

$H_{T,WB} = 114,0 \text{ W/K}$ (6,8 %, $0,030 \text{ W/(m}^2\text{K)}$), Bilanzierung im Abschnitt "2.2

Transferkoeffizienten"

2.2 Temperaturgewichtete Transferkoeffizienten

Transferkoeffizienten Transmission	$H_{T,D}$ W/K	$H_{T,s}$ W/K	$H_{T,iu}$ W/K	ΣH_T W/K	$H_{T,iz}$ W/K	$H_{T,zi}$ W/K	W/K
<1> 18-Aufzug/ Schacht	6	13	0	19	0	0	0
<2> 19-TRH/ Flur	1014	17	0	1031	0	0	0
<3> 08-Klassenzimmer/ DIF	458	21	0	479	0	0	0
<4> 16-Sanitär	55	0	0	55	0	0	0

<5> 20-Lager/ Technik	66	2	0	68	0	0
<6> 14-Lehrküche	37	6	0	43	0	0
<7> 08-Werkraum	21	3	0	23	0	0
<8> 08-Werkraum belüftet	54	8	0	61	0	0
<9> 20-Lager/Technik belü	7	0	0	7	0	0
<10> 16-Behind.-WC	0	0	0	0	0	0
	1718	70		1788		

$H_{T,D} = \sum A_j \cdot U_j + \Delta U_{WB} \cdot \sum A =$ Wärmetransferkoeffizient zur Außenluft, Bauteile + Wärmebrücken

$H_{T,s} = \sum F_x \cdot A_j \cdot U_j =$ Wärmetransferkoeffizient über das Erdreich, alternativ L_s -Wert aus der Bauteilberechnung

$H_{T,iu} = \sum F_x \cdot A_j \cdot U_j =$ Wärmetransferkoeffizient zum unbeheizten Bereich

$H_{T,iz} = \sum A_j \cdot U_j =$ Wärmetransferkoeffizient zu angrenzenden Gebäudezonen

spezifischer, auf die Umfassungsflächen bezogener Transmissionswärmekoeffizient
 $H'_{T,vorh} = (H_{T,D} + F_x \cdot H_{T,iu} + F_x \cdot H_{T,s}) / A = 1.787,8 / 3.751,6 = \mathbf{0,48 \text{ W/(m}^2\text{K)}}$

2.3 Begrenzung der U-Werte (Nachweis)

Höchstwerte für Hüllflächengruppen nach GEG A3

	opake Bauteile [W/(m²K)]	Fenster [W/(m²K)]	Vorhangf. [W/(m²K)]	Oberl. [W/(m²K)]
U_{max} $T_i \geq 19^\circ\text{C}$	0,28	1,50	1,50	2,50
U_{max} $T_i < 19^\circ\text{C}$	0,50	2,80	3,00	3,10
Zonen $T_i \geq 19^\circ\text{C}$	0,13	1,00	1,00	
Zonen $T_i < 19^\circ\text{C}$	0,09			

für den U_{max} -Nachweis wurden reduzierte Grundflächen (Randstreifen) berücksichtigt:

" 19 F 0400 FG ", $A_{Rand} = 213,7 - 53,2 \text{ m}^2$, $U_{Rand} = 0,140 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
" 14 F 0300 FG ", $A_{Rand} = 72,2 - 95,0 \text{ m}^2$, $U_{Rand} = 0,130 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
" 23 F 0500 FG ", $A_{Rand} = 93,7 - 25,7 \text{ m}^2$, $U_{Rand} = 0,140 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
" 1 F 0100 FG ", $A_{Rand} = 47,3 - 14,3 \text{ m}^2$, $U_{Rand} = 0,140 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
" 11 F 0200 FG ", $A_{Rand} = 26,3 - 20,9 \text{ m}^2$, $U_{Rand} = 0,140 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
" 27 F 0700 FG ", $A_{Rand} = 3,5 - 14,3 \text{ m}^2$, $U_{Rand} = 0,140 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
" 26 F 0600 FG ", $A_{Rand} = 31,3 - 7,0 \text{ m}^2$, $U_{Rand} = 0,140 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
" 33 F 0900 FG ", $A_{Rand} = 112,4 - 0,0 \text{ m}^2$, $U_{Rand} = 0,140 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
" 39 F 1000 FG ", $A_{Rand} = 94,5 - 0,0 \text{ m}^2$, $U_{Rand} = 0,140 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
"114 F 3000 FG ", $A_{Rand} = 30,8 - 53,2 \text{ m}^2$, $U_{Rand} = 0,140 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Die Höchstwerte für Wärmedurchgangskoeffizienten werden eingehalten, **Nachweis erbracht**
kleinste Grenzwertunterschreitung: $U = 1,00 \text{ W/(m}^2\text{K)} = 1,50 \text{ W/(m}^2\text{K)} -33,3\%$

2.4 Wärmeverluste der thermischen Gebäudehülle

Bauteil	U-Wert W/(m²K)	U/ U_{EnEV}	Fläche A m²	H_T W/K
11-Bodenplatte (11)	11	0,13	43 %	681
12-Unterfahrt-UG (12)	12	0,14	1 %	47
21-Außenwand-WDVS (21)	21	0,14	58 %	249
22-Außenwand-PRF (22)	22	0,14	58 %	257
23-Außenwand-PRF (23)	23	0,14	58 %	136
28-Außenwand-Ueberfahrt (2)	28	0,14	58 %	10
29-Außenwand-UG (29)	29	0,14	48 %	65
41-Dach (41)	41	0,14	57 %	739
42-Decke nach unten (42)	42	0,14	59 %	92
43-Dach-Brücke (43)	43	0,14	58 %	92
44-Dach-Ueberfahrt (44)	44	0,14	57 %	7
51-Fenster (51)	51	1,00	77 %	19
59-Außentuer-PRF (59)	59	1,60	89 %	12
71-PRF (71)	71	1,00		579
72-PRF (72)	72	1,00		538
73-PRF (73)	73	1,00		230

3752 100 % 1.674 100 %

Interne Berechnung mit reellen Zahlen, Zwischenergebnisse sind auf ganze Zahlen gerundet.

3.0 Lüftungswärmetransfer (DIN V 18599-2)

Gebäudedichtheit Regelwert, mit RLT-Anlage mit Dichtheitsprüfung (Referenzwert, Kat.I),
 $n_{50} = 1,00 \text{ h}^{-1}$

Nettoraumvolumen $> 1.500 \text{ m}^3 \Rightarrow n_{50} = q_{50} * \Sigma A / V = 2*3752 / 7565 = 0,99 \text{ (Gl.68)}$

Windschutzkoeffizienten für mittlere Abschirmung, mehr als eine exponierte Fassade
 $e_{\text{wind}} = 0.07 \quad f_{\text{wind}} = 15 \quad (\text{EN ISO 13790 Tab.G4})$

Gebäude ohne Außenluftdurchlässe

Ohne bedarfsabhängige Außenluft-Volumenstromregelung

Luftaustausch zwischen Gebäudezonen nicht relevant

Zone	ALD	Luftwechsel		Fenster		Lüftungsanlage	
		n_{50} h^{-1}	V_A $\text{m}^3 / (\text{m}^2 \text{h})$	n_{nutz} h^{-1}	n_{inf} h^{-1}	n_{win} h^{-1}	$t_{v,m}$ h/d
<1> 18-Aufzug/ Sch	-	3,85	0,15	0,02	0,27	0,10	-
<2> 19-TRH/ Flur	-	1,32	0,00	0,00	0,09	0,10	-
<3> 08-Klassenzimm	-	0,75	10,00	2,83	0,05	0,10	2,83
<4> 16-Sanitär	-	0,67	15,00	4,54	0,05	0,10	4,54
<5> 20-Lager/ Tech	-	0,89	0,15	0,04	0,06	0,10	-
<6> 14-Lehrküche	-	0,79	90,00	21,53	0,06	0,10	21,50
<7> 08-Werkraum	-	0,63	10,00	2,39	0,04	0,76	-
<8> 08-Werkraum be	-	1,04	10,00	2,39	0,07	0,10	2,39
<9> 20-Lager/Techn	-	0,42	0,15	0,04	0,02	0,11	-
<10> 16-Behind.-WC	-	0,24	15,00	3,59	0,02	2,06	-

\Rightarrow WE-Betrieb ...

<1> 18-Aufzug/ Schacht		0,00	0,00	0,27	0,10
<2> 19-TRH/ Flur		0,00	0,00	0,09	0,10
<3> 08-Klassenzimmer/ DIF.		0,00	0,00	0,05	0,10
<4> 16-Sanitär		0,00	0,00	0,05	0,10
<5> 20-Lager/ Technik		0,00	0,00	0,06	0,10
<6> 14-Lehrküche		0,00	0,00	0,06	0,10
<7> 08-Werkraum		0,00	0,00	0,04	0,10
<8> 08-Werkraum belüftet		0,00	0,00	0,07	0,10
<9> 20-Lager/Technik belüftet		0,00	0,00	0,03	0,10
<10> 16-Behind.-WC		0,00	0,00	0,02	0,10

Zone <3> RLT-Anlage (203) mit $V_{\text{SUP/ETA}} = 8681 / 8681 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, WRG75

Zone <4> RLT-Anlage (203) mit $V_{\text{SUP/ETA}} = 1477 / 1477 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, WRG75

Zone <6> RLT-Anlage (203) mit $V_{\text{SUP/ETA}} = 6063 / 6063 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, WRG75

Zone <8> RLT-Anlage (203) mit $V_{\text{SUP/ETA}} = 831 / 831 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, WRG75

Zone <9> RLT-Anlage (000) mit $V_{\text{SUP/ETA}} = 0 / 8 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig

Zone <10> RLT-Anlage (000) mit $V_{\text{SUP/ETA}} = 0 / 105 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig

n_{50} = Luftwechselzahl bei 50 Pa Druckdifferenz, V_A = Mindest-Außenluftvolumenstrom

n_{nutz} = Mindestaußenluftwechsel = $V_A * \Delta n_{\text{GF}} / V$ während der Nutzungsstunden (Nichtwohngebäude)

n_{inf} = Infiltrationsluftwechsel = $n_{50} * e_{\text{wind}} * f_{\text{ATD}}$ mit f_{ATD} = Bewertungsfaktor für ALD oder mit RLT

n_{inf} = $n_{50} * e_{\text{wind}} * f_{\text{ATD}} * (1 + (1 - f_e) * t_{v,\text{mech}} / 24)$ mit f_e = Faktor für nicht balancierte RLT-Anlagen (Gl.65)

n_{win} = Fenster- / Türluftwechsel = $n_{\text{win,min}} + \Delta n_{\text{win}} * t_{\text{nutz}} / 24$, mit RLT = $n_{\text{win,min}} + \Delta n_{\text{win,mech}} * t_{v,\text{mech}} / 24$

mit $n_{\text{win,min}} = 0.1$, in Wohngebäuden $n_{\text{win,min}} = \text{saisonal nach Gl.77}$

Reduzierter Außenluft-Volumenstroms für schadstoffarme Gebäude ohne RLT, Zonen 7 /

$\Delta n_{\text{win}} = n_{\text{nutz}} - (n_{\text{nutz}} - 0.2) * n_{\text{inf}} - 0.1$ (ohne RLT), falls $n_{\text{nutz}} > 1.2 \Rightarrow \Delta n_{\text{win}} = n_{\text{nutz}} -$

$n_{inf} = -0.1$

$n_{mech} = n_{mech,ZUL}$ = Zuluft-Luftwechselzahl mechanisch während der Nutzungsstunden

Hinweis: n_{inf} und n_{win} sind die Luftwechsel im Tagesmittel (Nutzungs- und Nichtnutzungsstunden)

Volumenströme V_{mech} und V^* (Auslegung, zonenweise) siehe Abschnitt "RLT Systeme"

Transferkoeffizienten Lüftung	V m ³	H _{V,z,Jan} W/K	H _{V,inf} W/K	H _{V,win} W/K	Σ H _V W/K	H _{V,mech} W/K	Θ _{V,Jan} W/K	°C
<1> 18-Aufzug/ Schac	67	0	6	2	8	0		
<2> 19-TRH/ Flur	2.792	0	88	95	183	0		
<3> 08-Klassenzimmer	3.067	0	55	104	159	1107	15,2	
<4> 16-Sanitär	325	0	5	11	16	272	15,2	
<5> 20-Lager/ Techni	292	0	6	10	16	0		
<6> 14-Lehrküche	282	0	5	10	15	1287	15,2	
<7> 08-Werkraum	169	0	3	43	46	0		
<8> 08-Werkraum belü	348	0	9	12	20	106	15,2	
<9> 20-Lager/Technik	195	0	1	7	9	0	2,9	
<10> 16-Behind.-WC	29	0	0	21	21	0	2,9	
		0	178	315	493	2771		

⇒ WE-Betrieb ...

<1> 18-Aufzug/ Schacht	0	6	2	8				
<2> 19-TRH/ Flur	0	88	95	183				
<3> 08-Klassenzimmer/ DIF.	0	55	104	159				
<4> 16-Sanitär	0	5	11	16				
<5> 20-Lager/ Technik	0	6	10	16				
<6> 14-Lehrküche	0	5	10	15				
<7> 08-Werkraum	0	3	6	8				
<8> 08-Werkraum belüftet	0	9	12	20				
<9> 20-Lager/Technik belüft	0	2	7	9				
<10> 16-Behind.-WC	0	0	1	1				
	0	179	257	436				

$H_{V,z} = V \cdot 0.34 \text{ [W/K]}$ = Wärmetransferkoeffizient Lüftung zu angrenzenden Zonen, monatlich, temperaturgewichtet

H_V = Wärmetransferkoeffizient Lüftung = $n \cdot V \cdot c_{p,a} \cdot \rho_a = n \cdot V \cdot 0.34 \text{ [W/K]}$

$H_{V,win,ohne RLT} = f_{win,seasonal} \cdot H_{V,win} = (0.04 \cdot \theta_e + 0.8) \cdot H_{V,win} \text{ [W/K]}$ (Fensterlüftung saisonal)

$\Sigma H_V = H_{V,z,Jan} + H_{V,inf} + H_{V,win}$, Transferkoeffizienten ohne RLT

Θ_V = Zulufttemperatur der RLT-Anlage für Januar, sh. "RLT-Systeme"

Summenbildung unter Berücksichtigung der Zonen Nutzungsanteile für Regel und WE Betrieb

4.0 Solare Wärmequellen (DIN V 18599-2)

4.1 Solare Wärmeeinträge über Fenster

Bauliche Verschattung F_S aus Horizontwinkel α_h , Überhangwinkel α_o und Seitenwinkel α_f
Abminderungsfaktoren $F_S = 0.90$ nach GEG §25, vereinfacht

Kollektorfläche	Zone	A _g m ²	I _{S,Jan/Jul} W/m ²	G _{eff,Jan/Jul} %	Q _{S,Jan/Jul} kWh/d
9 A 0201 FF N-W	5	16,45	11/ 95	29/ 29	7100
10 A 0211 FF N-W	5	6,66	11/ 95	29/ 29	"
13 A 0310 FF N-W	6	22,92	11/ 95	29/ 29	"
17 A 0401 FF N-W	3	23,03	11/ 95	29/ 29	"
18 A 0419 FF N-W	3	39,48	11/ 95	29/ 29	"
22 A 0508 FF N-W	8	29,37	11/ 95	29/ 29	"
25 A 0608 FF N-W	3	9,74	11/ 95	29/ 29	"
30 A 0902 FF S-O	2	78,72	50/ 132	29/ 29	"
31 W 0903 FF N-O	2	1,36	11/ 112	29/ 29	"
36 A 1002 FF S-O	2	82,01	50/ 132	29/ 29	"
37 W 1001 FF S-W	2	1,36	40/ 120	29/ 29	"

42	A	1108	FF	N-W	3	16,34	11/ 95	29/ 29	"	1,3/ 10,9
45	A	1201	FF	N-W	3	16,34	11/ 95	29/ 29	"	1,3/ 10,9
47	A	1320	FF	N-W	3	52,59	11/ 95	29/ 29	"	4,1/ 35,0
49	A	1404	FF	N-W	5	5,00	11/ 95	29/ 29	"	0,4/ 3,3
51	A	1504	FF	N-W	4	17,51	11/ 95	29/ 29	"	1,4/ 11,6
55	A	1601	FF	S-W	2	20,12	40/ 120	29/ 29	"	5,6/ 16,9
56	A	1603	FF	N-O	2	20,12	11/ 112	29/ 29	"	1,6/ 15,8
60	A	1701	FF	S-W	2	20,12	40/ 120	29/ 29	"	5,6/ 16,9
61	A	1703	FF	N-O	2	20,12	11/ 112	29/ 29	"	1,6/ 15,8
64	A	1802	FF	S-O	2	59,88	50/ 132	29/ 29	"	21,0/ 55,3
65	W	1803	FF	N-O	2	2,79	11/ 112	29/ 29	"	0,2/ 2,2
68	A	1902	FF	S-O	2	62,38	50/ 132	29/ 29	"	21,9/ 57,6
69	W	1901	FF	S-W	2	2,79	40/ 120	29/ 29	"	0,8/ 2,3
73	A	2008	FF	N-W	3	16,34	11/ 95	29/ 29	"	1,3/ 10,9
77	A	2101	FF	N-W	3	16,34	11/ 95	29/ 29	"	1,3/ 10,9
80	A	2220	FF	N-W	3	52,59	11/ 95	29/ 29	"	4,1/ 35,0
83	A	2304	FF	N-W	5	10,01	11/ 95	29/ 29	"	0,8/ 6,7
86	A	2404	FF	N-W	4	12,52	11/ 95	29/ 29	"	1,0/ 8,3
90	A	2501	FF	S-W	2	20,12	40/ 120	29/ 29	"	5,6/ 16,9
91	A	2503	FF	N-O	2	20,12	11/ 112	29/ 29	"	1,6/ 15,8
95	A	2601	FF	S-W	2	20,12	40/ 120	29/ 29	"	5,6/ 16,9
96	A	2603	FF	N-O	2	20,12	11/ 112	29/ 29	"	1,6/ 15,8
100	A	2702	FF	S-O	2	59,88	50/ 132	29/ 29	"	21,0/ 55,3
101	W	2703	FF	N-O	2	2,34	11/ 112	29/ 29	"	0,2/ 1,8
105	A	2802	FF	S-O	2	62,38	50/ 132	29/ 29	"	21,9/ 57,6
106	W	2801	FF	S-W	2	2,34	40/ 120	29/ 29	"	0,7/ 2,0
113	A	3002	FF	N-W	7	13,16	11/ 95	29/ 29	"	1,0/ 8,7

955,30

203/ 766

Strahlungsintensitäten für den Standort "4 Potsdam (Deutschland)"

Q_s = Strahlungsgewinn pro Tag = $A \cdot F_f \cdot g_{eff} \cdot I_s \cdot t$ mit $g_{eff} = f(F_s, F_w, g_l)$ (DIN V 18599-2 Gl.112)

verwendete Verglasungen und Sonnenschutzvorrichtungen

7100: aus dem Bauteilbezug, ohne Sonnenschutz

Sonnenschutz Aktivierung f = feststehend, m = manuell, z = zeitgesteuert, s = strahlungsabhängig

Berechnung von $g_{tot,13363}$ -Werten nach EN 13363-1 mit $\tau_{e,B}$ und $\rho_{e,B}$ nach DIN V 18599-2, Tab.8 sowie den Parametern $G_1 =$

5, $G_2 = 10$ und $G_3 = 30$

$g_{eff} = F_s \cdot F_w \cdot F_v \cdot g_{tot}$ = wirksamer Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung

g_{tot} = g -Wert der Verglasung inklusive Sonnenschutz (Tab.8, ohne Sonnenschutz gilt $g_{tot} = g_l$)

Bewegliche Sonnenschutzvorrichtungen in Nichtwohnzonen werden parallel zur baulichen

Verschattung mit

$g_{eff} = F_w \cdot F_v \cdot (a \cdot g_{tot} + (1-a) \cdot g_l)$ bewertet (Gl. 115), der kleinere Wert g_{eff} ist

maßgebend

a_{wi} / a_{so} = Parameter (0..1) für die zeitliche Aktivierung der Sonnenschutzvorrichtung nach Tab A.4 / A.5

4.2 Solare Wärmeeinträge über opake Hüllflächen

nicht bilanziert

4.3 solare Wärmegewinne

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh
über Fenster ...								
<1> 18-Aufzug/	-	-	-	-	-	-	-	-
<2> 19-TRH/ Fl	12.366	10.057	3.526	2.569	5.358	4.273	10.252	131.132
<3> 08-Klassen	2.600	1.475	663	369	579	856	2.002	31.982
<4> 16-Sanitär	322	182	82	46	72	106	248	3.956
<5> 20-Lager/	408	232	104	58	91	134	314	5.022
<6> 14-Lehrküc	245	139	63	35	55	81	189	3.020
<7> 08-Werkrau	141	80	36	20	31	46	109	1.734

<8> 08-Werkrau	314	178	80	45	70	104	242	3.869
<9> 20-Lager/T	-	-	-	-	-	-	-	-
<10> 16-Behind	-	-	-	-	-	-	-	-
	16.396	12.344	4.553	3.141	6.257	5.600	13.355	180.714

5.0 Interne Wärme- und Kältequellen (DIN V 18599-2)

Zone	A _B m ²	Q _{I,p} kWh/d	Q _{I,fac} kWh/d	Q _{I,g} kWh/d	Q _I kWh/d
<1> 18-Aufzug/ Schacht	11	-	-	0,0	0,0
<2> 19-TRH/ Flur	893	-	-	0,0	0,0
<3> 08-Klassenzimmer/ DIF.	978	97,8	19,6	0,0	117,4
<4> 16-Sanitär	105	-	-	0,0	0,0
<5> 20-Lager/ Technik	48	-	-	0,0	0,0
<6> 14-Lehrküche	38	2,1	67,9	0,0	70,0
<7> 08-Werkraum	83	8,3	1,7	0,0	10,0
<8> 08-Werkraum belüftet	40	4,0	0,8	0,0	4,8
<9> 20-Lager/Technik belüftet	53	-	-	0,0	0,0
<10> 16-Behind.-WC	7	-	-	0,0	0,0

⇒ WE-Betrieb ...

<1> 18-Aufzug/ Schacht	-	-	0,0	0,0
<2> 19-TRH/ Flur	-	-	0,0	0,0
<3> 08-Klassenzimmer/ DIF.	-	-	0,0	0,0
<4> 16-Sanitär	-	-	0,0	0,0
<5> 20-Lager/ Technik	-	-	0,0	0,0
<6> 14-Lehrküche	-	-	0,0	0,0
<7> 08-Werkraum	-	-	0,0	0,0
<8> 08-Werkraum belüftet	-	-	0,0	0,0
<9> 20-Lager/Technik belüftet	-	-	0,0	0,0
<10> 16-Behind.-WC	-	-	0,0	0,0

ungeregelte Wärmeeinträge im Januar

Zone	Leuchtenabluft m ³ /hW	Q _{I,L} kWh/d	Q _{I,h} kWh/d	Q _{I,w} kWh/d	Q _{I,rv} kWh/d
<1> 18-Aufzug/ Schacht	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<2> 19-TRH/ Flur	0,0	8,5	0,1	0,0	0,0
<3> 08-Klassenzimmer/ DIF.	0,0	12,9	0,1	0,0	0,0
<4> 16-Sanitär	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0
<5> 20-Lager/ Technik	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
<6> 14-Lehrküche	0,0	5,0	0,0	0,0	0,0
<7> 08-Werkraum	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0
<8> 08-Werkraum belüftet	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
<9> 20-Lager/Technik belüftet	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
<10> 16-Behind.-WC	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

A_B = Bezugsfläche für die internen Wärmequellen / -senken

Q_{I,p} = durchschnittliche, tägliche Wärmeabgabe von Personen (Gl.125)

Q_{I,fac} = durchschnittliche, tägliche Wärmeabgabe von Geräten und Maschinen

Q_{I,g} = Q_{I,goods} = täglicher Wärmeeintrag durch Stofftransporte

Q_I = Summe der internen Wärmequellen / senken, Tageswert

Leuchtenabluft = Volumenstrom des Leuchten-Abluftsystems (0 = ohne Abluft)

Q_{I,L} = Wärmeeinträge durch künstliche Beleuchtung, berücksichtigt vorhandene Abluftsysteme

Q_{I,h} = unregelmäßige Wärmeeinträge der Heizungsanlage, siehe Heizsysteme

Q_{I,w} = unregelmäßige Wärmeeinträge der Warmwasserversorgung, siehe Warmwassersysteme

Q_{I,rv} = unregelmäßige Wärmeeinträge durch die Lüftungsanlage

6.0 Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (DIN V 18599-2)

Betrachtungsmonat Januar

Q_{source} im WE-Betrieb mit anteiligen Wärmeeinträgen aus dem Heizsystem nach Abs.6.5.6

Zone	ΣH_T W/K	ΣH_V W/K	$\Sigma H_{V,\text{mech}}$ W/K	Q_{sink} kWh/d	Q_{source} kWh/d	γ kWh/d
<1> 18-Aufzug/ Schacht	19	8	0	10	0	0,003
<2> 19-TRH/ Flur	1031	183	0	585	181	0,310
<3> 08-Klassenzimmer/ DIF.	479	159	1107	444	149	0,336
<4> 16-Sanitär	55	16	272	67	4	0,065
<5> 20-Lager/ Technik	68	16	0	42	3	0,074
<6> 14-Lehrküche	43	15	1287	180	77	0,427
<7> 08-Werkraum	23	46	0	33	11	0,348
<8> 08-Werkraum belüftet	61	20	106	52	8	0,157
<9> 20-Lager/Technik belüfte	7	9	0	10	0	0,014
<10> 16-Behind.-WC	0	21	0	10	0	0,000

Zone	C_{wirk} Wh/(m²K)	H W/K	τ h	a	η	η_{WE}
<1> 18-Aufzug/ Schacht	50	27	20,09	2,26	1,000	1,000
<2> 19-TRH/ Flur	50	1214	32,81	3,05	0,980	0,970
<3> 08-Klassenzimmer/ DIF.	50	1745	24,88	2,56	0,958	1,000
<4> 16-Sanitär	50	343	14,34	1,90	0,995	1,000
<5> 20-Lager/ Technik	50	84	47,35	3,96	1,000	1,000
<6> 14-Lehrküche	50	1344	2,51	1,16	0,745	1,000
<7> 08-Werkraum	50	69	29,14	2,82	0,966	1,000
<8> 08-Werkraum belüftet	50	188	22,14	2,38	0,990	1,000
<9> 20-Lager/Technik belüfte	50	16	164,27	11,27	1,000	1,000
<10> 16-Behind.-WC	50	21	16,71	2,04	1,000	1,000

$\Sigma H_T = H_{T,D} + H_{T,s} + H_{T,iu}$ = Transmissionswärme-Transferkoeffizienten, $H_{T,iz}$ siehe Q_{sink}

ΣH_V = Lüftungswärme Transferkoeffizienten aus Infiltration und Fensterlüftung

$\Sigma H_{V,\text{mech}}$ = Transferkoeffizient aus mechanischer Lüftung mit WRG ohne Kühlfunktion

Q_{sink} = Summe der Wärmesenken aus Transmission und Lüftung in der Gebäudezone

Q_{source} = Summe der solaren und internen Wärmequellen in der Gebäudezone

$\gamma = Q_{\text{source}} / Q_{\text{sink}}$ = Verhältnis zwischen Wärmequellen und Wärmesenken

C_{wirk} = wirksame Wärmespeicherfähigkeit, Standardwert 50 bis maximal 130 Wh/(m²K) bei schweren Bauweisen mit normalen Raumhöhen und ohne Innenverkleidungen, bezogen auf einen m² Grundfläche

τ = Zeitkonstante = C_{wirk} / H mit H = Transferkoeffizient der Gebäudezone aus Transmission und Lüftung

$a = a_0 + \tau / \tau_0 = 1 + \tau / 16$ = numerischer Parameter

η = Ausnutzungsgrad = $(1 - \gamma^a) / (1 - \gamma^{a+1})$, bei $\gamma=1$ gilt $\eta = a / (1+a)$, DIN V 18599-2 Gl. 142 / 143

η_{WE} = Ausnutzungsgrad im Wochenendbetrieb

7.0 Heizwärmebedarf (DIN V 18599-2)

Temperaturrandbedingungen

Außentemperaturen T_e im Monatsmittel für den Standort "4 Potsdam (Deutschland)"

Bilanzinnentemperaturen T_i nach Zonen siehe Nutzungsrandbedingungen

		Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
T_e	d/m	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
	°C	1,0	1,9	4,7	9,2	14,1	16,7	19,0	18,6	14,3	9,5	4,1	0,9
⇒ Zonen ...													
$T_{i,1}$	°C	16,1	16,2	16,3	16,6	16,8	17,0	17,1	17,1	16,9	16,6	16,3	16,1
$T_{i,2}$	°C	20,0	20,0	20,1	20,4	20,6	20,8	20,9	20,9	20,6	20,4	20,1	19,9
$T_{i,3}$	°C	19,5	19,6	19,8	20,1	20,5	20,7	20,9	20,8	20,5	20,2	19,8	19,5
$T_{i,4}$	°C	19,9	19,9	20,1	20,3	20,6	20,8	20,9	20,9	20,6	20,4	20,0	19,9

T _{i,5}	°C	20,0	20,1	20,2	20,4	20,7	20,8	20,9	20,9	20,7	20,4	20,2	20,0
T _{i,6}	°C	20,0	20,1	20,2	20,4	20,7	20,8	20,9	20,9	20,7	20,4	20,2	20,0
T _{i,7}	°C	19,6	19,6	19,8	20,1	20,5	20,7	20,9	20,8	20,5	20,2	19,8	19,5
T _{i,8}	°C	19,5	19,6	19,8	20,1	20,5	20,7	20,9	20,8	20,5	20,1	19,7	19,5
T _{i,9}	°C	20,4	20,4	20,5	20,6	20,8	20,9	20,9	20,9	20,8	20,6	20,5	20,4
T _{i,10}	°C	19,9	19,9	20,1	20,3	20,6	20,8	20,9	20,9	20,6	20,4	20,1	19,9

⇒ WE-Betrieb ...

T _{i,1}	°C	13,9	14,1	14,6	15,5	16,4	16,9	17,4	17,3	16,5	15,5	14,5	13,9
T _{i,2}	°C	17,2	17,4	17,9	18,8	19,7	20,2	20,6	20,5	19,7	18,8	17,8	17,2
T _{i,3}	°C	17,4	17,6	18,1	18,9	19,8	20,2	20,6	20,6	19,8	19,0	18,0	17,4
T _{i,4}	°C	17,4	17,6	18,1	18,9	19,8	20,2	20,6	20,6	19,8	19,0	18,0	17,4
T _{i,5}	°C	17,3	17,5	18,0	18,8	19,7	20,2	20,6	20,6	19,8	18,9	17,9	17,3
T _{i,6}	°C	17,4	17,5	18,0	18,9	19,7	20,2	20,6	20,6	19,8	18,9	17,9	17,4
T _{i,7}	°C	17,4	17,6	18,1	18,9	19,8	20,2	20,6	20,6	19,8	18,9	18,0	17,4
T _{i,8}	°C	17,3	17,5	18,0	18,8	19,7	20,2	20,6	20,6	19,8	18,9	17,9	17,3
T _{i,9}	°C	18,1	18,2	18,6	19,3	20,0	20,4	20,7	20,6	20,0	19,3	18,5	18,0
T _{i,10}	°C	18,5	18,6	19,0	19,5	20,1	20,5	20,8	20,7	20,2	19,6	18,9	18,5

7.1 Zone <1> 18-Aufzug/ Schacht

Ausnutzungsgrade für Wärmequellen η_{source} siehe Abs.6.0

Monatliche Heizzeiten t_h nach DIN V 18599-2, D.2, bei mehreren Zonen im Heizbereich die maximale Heizzeit, siehe "Heizsysteme".

Der Übertrag gespeicherter Wärme zwischen Regel- und WE-Betrieb $\Delta Q_{C,b,WE}$ wird berücksichtigt

Regelbetrieb (68,5%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 16,1$ °C und $Q_I = 0,0$ kWh/d
 Wochenendbetrieb (31,5%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 13,9$ °C und $Q_I = 0,0$ kWh/d

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
<hr/>									
η_{source}		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,833
$\eta_{\text{source,WE}}$		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,833
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	2	7	9	10	10	9	10	67
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	8.064
<hr/>									
$Q_{h,b,RE}$	kWh	36	106	174	222	221	189	172	1.269
$Q_{h,b,WE}$	kWh	11	32	55	74	73	62	54	407
<hr/>									
Q_T	kWh	33	96	159	206	204	174	157	1.167
Q_V	kWh	15	42	70	91	90	77	69	515
Q_S^*	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Q_I^*	kWh	1	1	1	1	1	1	1	6

$\eta_{\text{source}} / \eta_{\text{source,WE}}$ = Ausnutzungsgrade für solare und interne Wärmegewinne im Regel- / WE-Betrieb

$\Delta Q_{C,b,WE}$ = Übertrag gespeicherter Wärme zwischen Regel- und WE-Betrieb ($t_{\text{nutz}} < 365$)

monatliche Heizzeit t_h nach Anhang D, Transmissionsverluste Q_T und Lüftungsverluste Q_V

solare Wärmegewinne $Q_S^* = Q_S \cdot \eta$ und interne Wärmegewinne $Q_I^* = Q_I \cdot \eta$

Heizwärmebedarf $Q_{h,b} = Q_T + Q_V - Q_S^* - Q_I^*$ mit dem Ausnutzungsgrad η

7.2 Zone <2> 19-TRH/ Flur

Regelbetrieb (68,5%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 20,0$ °C und $Q_I = 0,0$ kWh/d
 Wochenendbetrieb (31,5%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,2$ °C und $Q_I = 0,0$ kWh/d

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
<hr/>									
η_{source}		0,540	0,842	0,989	0,997	0,980	0,984	0,868	0,650
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,371	0,683	0,983	0,996	0,970	0,975	0,807	0,576
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	1.342	2.431	683	706	706	637	706	11.871

t _h	h	273	510	720	744	744	672	744	5.090
Q _{h,b,RE}	kWh	491	3.235	7.704	10.519	8.653	7.728	4.039	44.094
Q _{h,b,WE}	kWh	-	-	1.996	3.122	2.268	2.027	446	9.860
Q _T	kWh	4.499	7.979	11.348	13.947	13.877	11.970	11.310	93.581
Q _V	kWh	798	1.415	2.012	2.473	2.461	2.122	2.005	16.593
Q _S *	kWh	6.020	7.961	3.480	2.561	5.236	4.194	8.704	62.659
Q _I *	kWh	77	140	181	218	181	144	126	1.274

7.3 Zone <3> 08-Klassenzimmer/ DIF.

Regelbetrieb (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,5$ °C und $Q_I = 117,4$ kWh/d
 Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,4$ °C und $Q_I = 0,0$ kWh/d

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η _{source}		0,636	0,820	0,937	0,963	0,958	0,946	0,889	0,677
η _{source,WE}		0,828	0,998	1,000	1,000	1,000	1,000	0,998	0,743
ΔQ _{C,b,WE}	kWh	1.072	769	744	769	769	695	769	9.008
t _h	h	44	744	720	744	744	672	744	4.807
Q _{h,b,RE}	kWh	123	1.641	3.756	5.302	5.115	4.157	3.046	24.873
Q _{h,b,WE}	kWh	-	593	1.839	2.607	2.494	1.959	1.202	10.694
Q _T	kWh	2.031	3.603	5.124	6.297	6.266	5.405	5.106	42.252
Q _V	kWh	415	1.762	3.124	4.131	4.034	3.423	2.959	19.270
Q _S *	kWh	1.879	1.328	640	361	566	831	1.878	16.654
Q _I *	kWh	1.346	1.802	2.012	2.159	2.124	1.880	1.940	17.487

7.4 Zone <4> 16-Sanitär

Regelbetrieb (68,5%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,9$ °C und $Q_I = 0,0$ kWh/d
 Wochenendbetrieb (31,5%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,4$ °C und $Q_I = 0,0$ kWh/d

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η _{source}		0,775	0,948	0,991	0,996	0,995	0,991	0,964	0,843
η _{source,WE}		0,783	0,997	1,000	1,000	1,000	1,000	0,998	0,728
ΔQ _{C,b,WE}	kWh	81	87	84	87	87	79	87	851
t _h	h	116	744	720	744	744	672	744	4.977
Q _{h,b,RE}	kWh	49	532	1.026	1.372	1.332	1.106	879	6.684
Q _{h,b,WE}	kWh	-	13	114	175	165	125	59	651
Q _T	kWh	241	427	607	746	742	640	605	5.007
Q _V	kWh	16	332	657	894	869	732	611	3.491
Q _S *	kWh	250	176	81	45	71	105	241	2.634
Q _I *	kWh	29	38	42	48	43	36	36	394

7.5 Zone <5> 20-Lager/ Technik

Regelbetrieb (68,5%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 20,0$ °C und $Q_I = 0,0$ kWh/d
 Wochenendbetrieb (31,5%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,3$ °C und $Q_I = 0,0$ kWh/d

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η _{source}		0,882	0,994	1,000	1,000	1,000	1,000	0,994	0,764
η _{source,WE}		0,707	0,985	1,000	1,000	1,000	0,999	0,987	0,705
ΔQ _{C,b,WE}	kWh	95	71	68	71	71	64	71	812
t _h	h	493	744	720	744	744	672	744	5.628

Q _{h,b,RE}	kWh	110	379	661	847	821	673	519	4.282
Q _{h,b,WE}	kWh	-	42	162	234	222	171	94	926
Q _T	kWh	298	529	752	924	920	793	750	6.202
Q _V	kWh	71	125	178	219	218	188	177	1.468
Q _S *	kWh	337	230	104	58	91	134	312	2.785
Q _I *	kWh	2	3	3	4	3	3	3	26

7.6 Zone <6> 14-Lehrküche

Regelbetrieb (82,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 20,0$ °C und $Q_I = 70,0$ kWh/d
 Wochenendbetrieb (17,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,4$ °C und $Q_I = 0,0$ kWh/d

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,123	0,501	0,690	0,751	0,745	0,728	0,654	0,440
$\eta_{source,WE}$		0,791	0,995	1,000	1,000	1,000	1,000	0,996	0,733
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	34	68	58	60	60	54	60	501
t_h	h	-	543	720	744	744	672	647	4.489
Q _{h,b,RE}	kWh	-	760	2.155	3.230	3.119	2.552	1.887	14.289
Q _{h,b,WE}	kWh	-	-	34	60	56	40	9	198
Q _T	kWh	192	341	485	596	593	511	483	3.998
Q _V	kWh	-103	1.436	3.026	4.164	4.049	3.395	2.790	14.706
Q _S *	kWh	59	82	47	28	43	63	135	982
Q _I *	kWh	227	955	1.276	1.442	1.423	1.251	1.242	9.832

7.7 Zone <7> 08-Werkraum

Regelbetrieb (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,6$ °C und $Q_I = 10,0$ kWh/d
 Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,4$ °C und $Q_I = 0,0$ kWh/d

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,699	0,870	0,950	0,968	0,966	0,958	0,921	0,707
$\eta_{source,WE}$		0,781	0,996	1,000	1,000	1,000	1,000	0,997	0,728
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	53	36	35	36	36	32	36	413
t_h	h	395	744	720	744	744	672	744	5.608
Q _{h,b,RE}	kWh	50	145	281	379	372	308	247	1.974
Q _{h,b,WE}	kWh	-	29	92	131	125	98	58	532
Q _T	kWh	99	176	251	308	307	264	250	2.067
Q _V	kWh	127	226	321	395	393	339	320	2.651
Q _S *	kWh	104	74	35	20	31	45	104	921
Q _I *	kWh	119	154	164	174	172	153	162	1.468

7.8 Zone <8> 08-Werkraum belüftet

Regelbetrieb (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,5$ °C und $Q_I = 4,8$ kWh/d
 Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,3$ °C und $Q_I = 0,0$ kWh/d

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,812	0,927	0,983	0,992	0,990	0,984	0,952	0,773
$\eta_{source,WE}$		0,817	0,995	1,000	1,000	1,000	1,000	0,995	0,745
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	137	74	71	74	74	67	74	1.049
t_h	h	328	744	720	744	744	672	744	5.190
Q _{h,b,RE}	kWh	97	301	573	762	741	612	480	3.921
Q _{h,b,WE}	kWh	-	105	260	358	344	274	184	1.524

QT	kWh	260	461	655	805	801	691	653	5.403
QV	kWh	61	207	353	462	452	385	337	2.290
QS*	kWh	256	171	79	44	70	103	235	2.290
QI*	kWh	75	91	96	103	99	87	91	888

7.9 Zone <9> 20-Lager/Technik belüftet

Regelbetrieb (68,5%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 20,4$ °C und $Q_I = 0,0$ kWh/d

Wochenendbetrieb (31,5%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 18,1$ °C und $Q_I = 0,0$ kWh/d

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$\eta_{source,WE}$		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	21	37	45	47	47	42	47	372
t_h	h	493	510	720	744	744	672	744	7.142
$Q_{h,b,RE}$	kWh	70	126	173	204	203	177	174	1.414
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	-	7	17	17	13	5	60
QT	kWh	34	60	85	104	104	89	84	699
QV	kWh	39	69	98	120	120	103	98	807
QS*	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
QI*	kWh	3	3	3	3	3	3	3	33

7.10 Zone <10> 16-Behind.-WC

Regelbetrieb (68,5%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,9$ °C und $Q_I = 0,0$ kWh/d

Wochenendbetrieb (31,5%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 18,5$ °C und $Q_I = 0,0$ kWh/d

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$\eta_{source,WE}$		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	2	3	5	6	6	5	5	41
t_h	h	493	510	493	510	510	460	510	6.001
$Q_{h,b,RE}$	kWh	67	120	170	209	208	179	170	1.403
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
QT	kWh	1	2	3	4	4	3	3	27
QV	kWh	66	117	167	205	204	176	166	1.376
QS*	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
QI*	kWh	-	-	-	0	0	0	-	0

7.11 Summe Heizwärmebedarf

	QT kWh/a	QV kWh/a	QS* kWh/a	QI* kWh/a	Q _{h,b} kWh/a	Q _{h,b} kWh/ (m² a)
<1> 18-Aufzug/ Scha	1.167	515	-	6	1.676	151,9
<2> 19-TRH/ Flur	93.582	16.593	62.659	1.274	53.953	67,7
<3> 08-Klassenzimme	42.252	19.270	16.654	17.487	35.567	41,0
<4> 16-Sanitär	5.007	3.491	2.635	394	7.335	74,5
<5> 20-Lager/ Techn	6.203	1.468	2.785	26	5.208	65,3
<6> 14-Lehrküche	3.998	14.707	982	9.832	14.487	215,0
<7> 08-Werkraum	2.067	2.651	921	1.468	2.506	62,0
<8> 08-Werkraum bel	5.404	2.290	2.290	888	5.445	65,5
<9> 20-Lager/Techni	699	807	-	33	1.473	27,8
<10> 16-Behind.-WC	27	1.376	-	0	1.403	199,8
	160.404	63.167	88.926	31.407	129.053	61,3

9.0 RLT-Systeme (DIN V 18599-3)

9.1 Gewählte RLT-Anlagen

Betrachtungsmonat Januar, $\theta_e = 1,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Zone	Feuchteanf.	No Anlage	Komponenten	$\theta_{\text{SUP,Jan}}$ $^{\circ}\text{C}$
<3> 08-Klassenzimmer/ DIF.	mT	203 RLT-Anlage	VE rec75	15,2
<4> 16-Sanitär	-	203 RLT-Anlage	VE rec75	15,2
<6> 14-Lehrküche	mT	203 RLT-Anlage	VE rec75	15,2
<8> 08-Werkraum belüftet	mT	203 RLT-Anlage	VE rec75	15,2
<9> 20-Lager/Technik belüft	-	000 RLT-Anlage	VE	2,9
<10> 16-Behind.-WC	-	000 RLT-Anlage	VE	2,9

Zone <3> RLT-Anlage (203) mit $V_{\text{SUP/ETA}} = 8681 / 8681 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, rec75

Zone <4> RLT-Anlage (203) mit $V_{\text{SUP/ETA}} = 1477 / 1477 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, rec75

Zone <6> RLT-Anlage (203) mit $V_{\text{SUP/ETA}} = 6063 / 6063 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, rec75

Zone <8> RLT Anlage (203) mit $V_{\text{SUP/ETA}} = 831 / 831 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, rec75

Zone <9> RLT-Anlage (000) mit $V_{\text{SUP/ETA}} = 0 / 8 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig

Zone <10> RLT-Anlage (000) mit $V_{\text{SUP/ETA}} = 0 / 105 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig

Feuchteanforderung mT / oT = mit / ohne Toleranz (Nutzungsrandbedingung)

RLT-Anlagen nach DIN V 18599-3, Tabellen A.2 bis A.13 mit den Anlagenkomponenten

VE = Ventilator, LH = Luftheizer, LK = Luftkühler, LBv / LBd = Verdunstungsbefeuchter / Dampfbefeuchter

rec..% = Anlage mit ..% Wärmerückgewinnung, rec+ = Rückgewinnung Wärme + Feuchte

θ_{SUP} mittlere Zulufttemperatur im Betrachtungsmonat nach Tab. 5/6

9.2 Strombedarf der Ventilatoren

	$V_{\text{mech,m}}$ m^3/h	$t_v \cdot d_v$ h/m	$P_{V,\text{SUP}}$ kW	$P_{V,\text{ETA}}$ kW	$W_{V,\text{Jan}}$ kWh
<3> 08-Klassenzimmer/ DIF.	8681	153	0,00	2,41	369
<4> 16-Sanitär	1477	276	0,00	0,41	113
<6> 14-Lehrküche	6063	382	0,00	1,68	644
<8> 08-Werkraum belüftet	831	153	0,00	0,23	35
<9> 20-Lager/Technik belüft	8	276	0,00	0,00	1
<10> 16-Behind.-WC	105	276	0,00	0,03	8

monatliche Werte	W _y [kWh]	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
<3> 08-Klassenz	357	369	357	369	369	333	369	4.340	
<4> 16-Sanitär	110	113	110	113	113	102	113	1.332	
<6> 14-Lehrküch	623	644	623	644	644	581	644	7.578	
<8> 08-Werkraum	34	35	34	35	35	32	35	416	
<9> 20-Lager/Te	1	1	1	1	1	0	1	6	
<10> 16-Behind.	8	8	8	8	8	7	8	94	
	1.131	1.169	1.131	1.169	1.169	1.056	1.169	13.767	

$V_{\text{mech,m}}$ = Zuluft- / Abluft-Volumenstrom, Regelwert = Luftwechselzahl * Luftvolumen

$t_v \cdot d_v$ = monatliche Betriebsstunden der RLT-Anlage = h/Tag * Tage * Nutzungsanteil im

Regelbetrieb

$P_{V,\text{SUP}} / P_{V,\text{ETA}}$ = elektrische Leistungsaufnahme [kW] der Zuluft und Abluft Ventilatoren

W_y = Endenergiebedarf für die Luftförderung im Betrachtungsmonat (Hilfsenergie)

9.3 Zuluftkonditionierung (DIN V 18599-3)

eine Luftkonditionierung ist nicht vorgesehen

9.4 Energiebedarf für Zuluftvorwärmung

nicht vorgesehen

9.5 Energiebedarf für Zuluftkühlung
nicht vorgesehen

9.6 Energiebedarf für Dampfbefeuchtung
nicht vorgesehen

10.0 Beleuchtungssysteme (DIN V 18599-4)

10.1 Tageslichtbereiche

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden (38), mit Dachoberlichtern (0)
Bezüge siehe DIN V 18599-4
Der Verbaungsindex wird nach DIN V 18599, T4, Abs. 5.5.2 berechnet

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden

Tageslichtbereich	Zone	Em lx	ATL m ²	ARB m ²	Tageslicht	CTL %
1 A 0201 FAW N-W	N-W 5	100	13,9	23,5	gut	99
2 A 0211 FAW N-W	N-W 5	100	12,9	9,5	gut	98
3 A 0310 FAW N-W	N-W 6	500	64,5	32,7	gut	89
4 A 0401 FAW N-W	N-W 3	300	44,4	32,9	gut	98
5 A 0419 FAW N-W	N-W 3	300	92,5	56,4	gut	97
6 A 0508 FAW N-W	N-W 8	300	87,9	42,0	gut	96
7 A 0608 FAW N-W	N-W 3	300	28,5	13,9	gut	96
8 A 0902 FAW S-O	S-O 2	100	113,6	112,5	gut	93
9 W 0903 FAW N-O	N-O 2	100	4,6	1,9	gut	96
10 W 1001 FAW S-W	S-W 2	100	4,6	1,9	gut	92
11 A 1002 FAW S-O	S-O 2	100	114,3	117,2	gut	93
12 A 1108 FAW N-W	N-W 3	300	43,4	23,3	gut	97
13 A 1201 FAW N-W	N-W 3	300	43,4	23,3	gut	97
14 A 1320 FAW N-W	N-W 3	300	135,3	75,1	gut	97
15 A 1404 FAW N-W	N-W 5	100	8,3	7,2	gut	98
16 A 1504 FAW N-W	N-W 4	200	43,8	25,0	gut	97
17 A 1601 FAW S-W	S-W 2	100	43,3	28,7	gut	93
18 A 1603 FAW N-O	N-O 2	100	43,3	28,7	gut	98
19 A 1701 FAW S-W	S-W 2	100	27,6	28,7	gut	93
20 A 1703 FAW N-O	N-O 2	100	27,6	28,7	gut	99
21 A 1802 FAW S-O	S-O 2	100	113,6	85,5	gut	93
22 W 1803 FAW N-O	N-O 2	100	4,6	4,0	gut	98
23 W 1901 FAW S-W	S-W 2	100	4,6	4,0	gut	93
24 A 1902 FAW S-O	S-O 2	100	114,3	89,1	gut	93
25 A 2008 FAW N-W	N-W 3	300	43,4	23,3	gut	97
26 A 2101 FAW N-W	N-W 3	300	43,4	23,3	gut	97
27 A 2220 FAW N-W	N-W 3	300	135,3	75,1	gut	97
28 A 2304 FAW N-W	N-W 5	100	12,5	14,3	gut	99
29 A 2404 FAW N-W	N-W 4	200	31,3	17,9	gut	97
30 A 2501 FAW S-W	S-W 2	100	43,3	28,7	gut	93
31 A 2503 FAW N-O	N-O 2	100	43,3	28,7	gut	98
32 A 2601 FAW S-W	S-W 2	100	27,6	28,7	gut	93
33 A 2603 FAW N-O	N-O 2	100	27,6	28,7	gut	99
34 A 2702 FAW S-O	S-O 2	100	113,6	85,5	gut	93
35 W 2703 FAW N-O	N-O 2	100	4,6	3,3	gut	98
36 W 2801 FAW S-W	S-W 2	100	4,6	3,3	gut	93
37 A 2802 FAW S-O	S-O 2	100	114,3	89,1	gut	93
38 A 3002 FAW N-W	N-W 7	300	38,5	18,8	gut	96

tageslichtversorgte Flächen nach Zonen

Zone	ANGF [m ²]	ATL [m ²]	AKTL [m ²]
<1> 18-Aufzug/ Schacht	11	-	11
<2> 19-TRH/ Flur	797	995	-198
<3> 08-Klassenzimmer/ DI	868	609	259
<4> 16-Sanitär	98	75	23
<5> 20-Lager/ Technik	80	48	32

<6> 14-Lehrküche	67	64	3
<7> 08-Werkraum	40	39	2
<8> 08-Werkraum belüftet	83	88	-5
<9> 20-Lager/Technik bel	53	-	53
<10> 16-Behind.-WC	7	-	7

A_{TL} = tageslichtversorgte Fläche = $\alpha_{TL} \cdot b_{TL}$, bei Dachoberlichtern manueller Ansatz
 mit α_{TL} = Tiefe des Tageslichtbereichs = $2.5 \cdot (h_{St} - h_{Ne})$, max. Raumtiefe, h_{St} = Sturzhöhe der Rohbauöffnungen, h_{Ne} = Höhe der Nutzebene über dem Fußboden, und b_{TL} = Breite des Tageslichtbereichs
 ARB = Fensterfläche (Rohbaumaße), E_m = Wartungswert der Beleuchtungsstärke (Zonenrandbedingung)
 Tageslichtquotient $D_{RB} = \max[(4.13 + 20 \cdot I_{Tr} - 1.36 \cdot I_{Rt}) \cdot I_v; 0]$ (Gl.30),
 bei Dachoberlichtern $D_j = D_a \cdot \tau_{D65} \cdot k \cdot ARB / A_{TL} \cdot \eta_R$ (Gl. 35), mit D_a = Außentageslichtquotient nach Tab.17, η_R = Raumwirkungsgrad nach Tab. 18 / 19
 CTL = Tageslichtversorgungsfaktor = $CTL_{Vers,SNA} \cdot (1 - t_{rel,TL,SA}) + CTL_{Vers,SA} \cdot t_{rel,TL,SA}$ (Gl.31)
 CTL bei Dachoberlichtern nach Tab.23/24, abhängig von der Dachneigung und Flächenorientierung

10.2 Teilbetriebsfaktoren Tageslicht

Bereich				CTL	CTL _{kon}	FTL						
						Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	
						%	%	%	%	%	%	
1	A	0201	FAW N-W	5	99	60	50	42	37	33	31	31
2	A	0211	FAW N-W	5	98	60	50	43	38	34	32	31
3	A	0310	FAW N-W	6	89	57	57	51	46	43	41	41
4	A	0401	FAW N-W	3	98	60	50	43	38	34	32	31
5	A	0419	FAW N-W	3	97	60	50	43	38	35	32	32
6	A	0508	FAW N-W	8	96	60	51	44	39	36	33	33
7	A	0608	FAW N-W	3	96	60	51	44	39	35	33	33
8	A	0902	FAW S-O	2	93	60	53	46	41	37	35	35
9	W	0903	FAW N-O	2	96	60	51	44	39	35	33	33
10	W	1001	FAW S-W	2	92	60	53	47	42	38	36	36
11	A	1002	FAW S-O	2	93	60	53	46	41	37	35	35
12	A	1108	FAW N-W	3	97	60	51	44	38	35	33	32
13	A	1201	FAW N-W	3	97	60	51	44	38	35	33	32
14	A	1320	FAW N-W	3	97	60	51	44	38	35	33	32
15	A	1404	FAW N-W	5	98	60	50	43	37	34	31	31
16	A	1504	FAW N-W	4	97	60	51	44	38	35	32	32
17	A	1601	FAW S-W	2	93	60	53	46	41	38	35	35
18	A	1603	FAW N-O	2	98	60	50	43	38	34	32	31
19	A	1701	FAW S-W	2	93	60	53	46	41	37	35	35
20	A	1703	FAW N-O	2	99	60	50	42	37	34	31	31
21	A	1802	FAW S-O	2	93	60	53	46	41	38	35	35
22	W	1803	FAW N-O	2	98	60	50	43	37	34	32	31
23	W	1901	FAW S-W	2	93	60	53	46	41	38	35	35
24	A	1902	FAW S-O	2	93	60	53	46	41	38	35	35
25	A	2008	FAW N-W	3	97	60	51	44	38	35	33	32
26	A	2101	FAW N-W	3	97	60	51	44	38	35	33	32
27	A	2220	FAW N-W	3	97	60	51	44	38	35	33	32
28	A	2304	FAW N-W	5	99	60	50	42	37	34	31	31
29	A	2404	FAW N-W	4	97	60	51	44	38	35	32	32
30	A	2501	FAW S-W	2	93	60	53	46	41	38	35	35
31	A	2503	FAW N-O	2	98	60	50	43	38	34	32	31
32	A	2601	FAW S-W	2	93	60	53	46	41	37	35	35
33	A	2603	FAW N-O	2	99	60	50	42	37	34	31	31
34	A	2702	FAW S-O	2	93	60	53	46	41	38	35	35
35	W	2703	FAW N-O	2	98	60	50	43	38	34	32	31
36	W	2801	FAW S-W	2	93	60	53	46	41	38	35	35
37	A	2802	FAW S-O	2	93	60	53	46	41	38	35	35
38	A	3002	FAW N-W	7	96	60	51	44	39	35	33	33

Kontrollsystem(e): manuell (REF)

CTL_{kon} = Korrekturfaktor zur Berücksichtigung des tageslichtabhängigen Kontrollsystems interpoliert nach Tab.25

F_{TL} = Teilbetriebsfaktoren Tageslicht (Betriebszeitanteil Kunstlicht) nach Gl.39

$F_{TL} = \max[1 - v_{Monat} * CTL * CTL_{kon}; 0]$, Verteilungsschlüssel v_{Monat} nach Tab.26 / 27

10.3 Kunstlichtversorgung

elektrische Anschlussleistung für Kunstlichtbereiche (9)

Tabellenverfahren, monatlich berechnet (Januar)

Bereich	Zone	E_m lx	Lampen	p_j W/m ²	$f_{Prä}$	$t_{T,TL}$ h/m	$t_{T,KTL}$ h/a	t_N h/a	$Q_{l,b}$ kWh/m	
1 <1> 18-Aufzug/ Sc	1	100	9-1-2	1,6	0,14	0	369	30		1
2 <2> 19-TRH/ Flur	2	100	9-1-2	2,3	0,60	67	1526	124		181
3 <3> 08-Klassenzim	3	300	9-1-2	4,1	0,88	53	1225	0		243
4 <4> 16-Sanitär	4	200	9-1-2	4,7	0,55	61	1399	114		43
5 <5> 20-Lager/ Tec	5	100	9-1-2	3,2	0,07	7	175	14		3
6 <6> 14-Lehrküche	6	500	9-1-2	7,6	1,00	117	2411	1489		127
7 <7> 08-Werkraum	7	300	9-1-2	4,1	0,88	53	1225	0		9
8 <8> 08-Werkraum b	8	300	9-1-2	4,1	0,88	53	1225	0		19
9 <9> 20-Lager/Tech	9	100	9-1-2	3,2	0,07	0	175	14		3

629

9-1-2 (0,44): LED-Leuchten, Vorschaltgerät EVG elektronisch, direkt / indirekt, $A_{KL} = 2.308 \text{ m}^2$
Präsenzmelder: nein, Konstantlichtregelung: nein

10.4 Endenergiebedarf für Beleuchtung $Q_{l,f}$

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh
<1> 18-Aufzug/	1	1	1	1	1	1	1	7
<2> 19-TRH/ Fl	143	166	181	214	181	144	145	1.825
<3> 08-Klassen	187	204	216	244	219	183	188	2.318
<4> 16-Sanitär	37	40	42	47	43	36	37	459
<5> 20-Lager/	3	3	3	3	3	3	3	32
<6> 14-Lehrküc	114	123	124	137	127	109	117	1.400
<7> 08-Werkrau	6	8	8	10	8	7	6	82
<8> 08-Werkrau	13	15	17	21	17	13	13	168
<9> 20-Lager/T	3	3	3	3	3	2	3	32
<10> 16-Behind	-	-	-	-	-	-	-	-
	506	562	595	679	600	497	512	6.323

p_j = elektrische Bewertungsleistung = $p_{j,lx} * E_m * k_{WF} * k_A * k_L * k_{VB}$ W/m² (Gl.11)

mit k_{WF} / k_A / k_L / k_{VB} = Anpassungsfaktoren für Wartungszyklen / Sehaufgabe / Lampenart / Beleuchtung vert. Flächen

$t_{T,TL}$ / $t_{T,KTL}$ = Betriebszeit der Beleuchtung mit / ohne Tageslichtversorgung zur Tagzeit

t_N = Betriebszeit der Beleuchtung zur Nachtzeit, t_{Nacht} / t_{Tag} siehe DIN V 18599-10

$Q_{l,b}$ = Nutzenergiebedarf für Beleuchtung = $p_j * [ATL * (t_{Tag,TL} + t_{Nacht}) + AKTL * (t_{Tag,KTL} + t_{eff,Nacht})]$ (Gl.2)

$Q_{l,f} = \sum F_{t,n} * \sum Q_{l,b} = Q_{i,L,elektr}$ = Endenergiebedarf für Beleuchtung nach Zonen (Gl.1)

11.0 Klimakältesysteme (DIN V 18599-7)

11.1 Kühlenergiebedarf

Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (Kühlbilanz)
Betrachtungsmonat Juli

Zone	Q _{sink}	Q _{source}	γ	c _{wirk}	τ	η
<1> 18-Aufzug/ Schacht	2	0	0,015	50,000	20,09	1,000
<2> 19-TRH/ Flur	87	522	5,969	50,000	32,81	0,167
<3> 08-Klassenzimmer/ DIF.	46	289	6,295	50,000	24,88	0,158
<4> 16-Sanitär	5	22	4,208	50,000	14,34	0,225
<5> 20-Lager/ Technik	6	25	4,203	50,000	47,35	0,237
<6> 14-Lehrküche	4	90	21,534	50,000	2,51	0,045
<7> 08-Werkraum	5	19	3,814	50,000	29,14	0,257
<8> 08-Werkraum belüftet	6	25	4,253	50,000	22,14	0,230
<9> 20-Lager/Technik belüfte	1	0	0,112	50,000	164,27	1,000
<10> 16-Behind.-WC	2	0	0,000	50,000	16,71	1,000

Kühlenergiebedarf

Zone	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Apr kWh	Mai kWh	Jun kWh	Jahr kWh
⇒ Q _{c,b} (Raumklima)								
<1> 18-Aufzug/	-	-	-	-	-	-	-	-
<2> 19-TRH/ Fl	6	66	43	867	5.190	7.162	8.640	45.595
<3> 08-Klassen	83	96	120	348	1.380	3.240	4.527	22.192
<4> 16-Sanitär	0	1	1	7	69	286	521	2.190
<5> 20-Lager/	-	-	-	1	55	229	377	1.397
<6> 14-Lehrküc	448	461	450	666	1.136	2.411	3.424	20.788
<7> 08-Werkrau	5	6	7	17	56	134	196	974
<8> 08-Werkrau	1	1	2	10	72	221	355	1.528
<9> 20-Lager/T	-	-	-	-	-	-	-	-
<10> 16-Behind	-	-	-	-	-	-	-	-

Kühlenergiebedarf der Raumklimasysteme Q_{c,b}

Q_{c,b} = (1 - η) * Q_{source} mit Q_{source} = (Q_T + Q_V + Q_S + Q_I)_{source} (T2, Gl.2, nur Regelbetrieb)
berechnet mit θ_{i,c} = θ_{i,c,soll} - 2K (T2 Gl.39), c_{wirk} und Zeitkonstante τ siehe Abschnitt 6.0

11.2 Maximal erforderliche Kälteleistung Q_{c,max}

Q_{c,max} nach DIN V 18599-2, Anhang C

Zone	t _{c,op,d} h/d	Q _{c,max,Juli} kW	Q _{c,max,Sept} kW	techn. kW	gekühlt
<1> 18-Aufzug/ Schacht	13	-0,1	-0,2	-0,2	nein
<2> 19-TRH/ Flur	13	112,2	114,5	114,5	nein
<3> 08-Klassenzimmer/ DIF.	9	53,9	30,6	30,6	nein
<4> 16-Sanitär	13	5,0	1,9	1,9	nein
<5> 20-Lager/ Technik	13	5,7	3,0	3,0	nein
<6> 14-Lehrküche	15	9,5	3,7	3,7	nein
<7> 08-Werkraum	9	3,6	2,5	2,5	nein
<8> 08-Werkraum belüftet	9	5,8	3,1	3,1	nein
<9> 20-Lager/Technik belüft	13	-0,1	-0,1	-0,1	nein
<10> 16-Behind.-WC	13	-0,1	-0,2	-0,2	nein
		195,4	158,8		

Q_{c,max} = 0.8 * (Q_{source} - Q_{sink}) * (1 + 0.3 * EXP(-τ/120)) - c_{wirk}/60 * (Δθ - 2) + c_{wirk}/40 * (12 / t_c - 1) (T2, C.1)

mit t_{c,op,d} = tägliche Betriebsdauer der Kühlanlage und Δθ = zul. Temperaturschwankung,
Regelwert = 2K

12.0 Warmwassersysteme (DIN V 18599-8)

12.1 Nutzenergiebedarf Warmwasser

Zone	Nutzung	Q _{w,b} kWh/d je	Menge	Q _{w,b,Jan} kWh/M
<1> 18-Aufzug/ Schac	nicht relevant			-
<2> 19-TRH/ Flur	nicht relevant			-
<3> 08-Klassenzimmer	nicht relevant			-
<4> 16-Sanitär	nicht relevant			-
<5> 20-Lager/ Techni	nicht relevant			-
<6> 14-Lehrküche	Schule ohne Dus	0,130 m² Klassenräu	67	223 c
<7> 08-Werkraum	nicht relevant			-
<8> 08-Werkraum belü	Schule ohne Dus	0,130 m² Klassenräu	83	184 c
<9> 20-Lager/Technik	nicht relevant			-
<10> 16-Behind.-WC	nicht relevant			-

Q_{w,b} = Q_{w,b} * d_{mt} * d_{nutz}/365 * Menge [kWh/Monat] (DIN V 18599-10)

c) Flächenbezug ist die Nettogrundfläche A_{NGF}

12.2 Eingesetzte Warmwassersysteme

Versorgungsbereich	Zonen (n)	f _{Zapf}	Q _{w,b} kWh/Jahr
1 dezentrale WW-Versorgung	6/8/	1,00	4.790
2			

12.3 Verteilungsnetze

nicht vorgesehen

12.4 Warmwasserspeicher

nicht vorgesehen

12.5 Solaranlage zur Trinkwassererwärmung

nicht vorgesehen

12.6 Nutzwärmebedarf der Warmwassererzeugung

Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 6/8								
Q _{w,outg} kWh	394	407	394	407	407	367	407	4.790

12.7 Wärmepumpen zur Trinkwassererwärmung

nicht vorgesehen

12.8 Wärmeerzeugung

(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 6/8

Wärmeerzeuger 20 hydraulisch gesteuerter Elektro-Durchlauferhitzer (REF'20) 28,7 kW (Strom-Mix)

Wirkungsgrad bei Nennwärmeleistung $\eta_{k,Pn} = 99,0 \%$, Bereitschaftswärmeverlust $q_{P0,70} = 0,0000$ kW

Nutzwärmeabgabe für Trinkwarmwasserbereitung $Q_{w,outg} = Q_{w,b} + Q_{w,d} + Q_{w,s}$

Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 6/8								
Q _{w,outg} kWh	394	407	394	407	407	367	407	4.790

Q_{w,f} kWh 398 411 398 411 411 371 411 4.838

mit Q_{w,outg} = Nutzwärmebedarf der Erzeugung, Q_{w,f} = Q_{w,outg} + Q_{w,g} = Endenergiebedarf

12.9 Endenergie Warmwasserbereitung

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Q _{w,outg}	kWh	394	407	394	407	407	367	407	4.790
Q _{w,f}	kWh	398	411	398	411	411	371	411	4.838
W _{w,f}	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Strom-Mix	kWh	398	411	398	411	411	371	411	4.838

Q_{w,outg} / Q_{w,f} = Nutz- / Endenergiebedarf für Warmwasserbereitung

W_{w,f} = Hilfsenergiebedarf, Q_{I,w} = unregelmäßige Wärmeeinträge durch Leitungs- /

Speicherverluste

Unregelmäßige Wärmeeinträge Q_I werden bei Bedarf flächengewichtet auf die Zonen aufgeteilt

13.0 Heizsysteme (DIN V 18599-5)

13.1 Maximal erforderliche Heizleistung Q_{h,max}

nach T2, Anhang B, Bemessungsmonat = Januar mit $\theta_{i,h,min}$ zonenbezogen und $\theta_{e,min} = -12^{\circ}\text{C}$

Zone	Q _{T,max} kW	Q _{V,max} kW	V _{mech} m³/h	Q _{V,mech} kW	Φ _{h,max} kW
<1> 18-Aufzug/ Schacht	0,6	0,1	0	0,0	0,7
<2> 19-TRH/ Flur	33,0	2,9	0	0,0	35,9
<3> 08-Klassenzimmer/ DIF.	15,3	2,5	8681	37,8	55,6
<4> 16-Sanitär	1,8	0,3	1475	6,4	8,4
<5> 20-Lager/ Technik	2,2	0,3	0	0,0	2,4
<6> 14-Lehrküche	1,4	0,2	6055	26,4	28,0
<7> 08-Werkraum	0,7	0,7	0	0,0	1,5
<8> 08-Werkraum belüftet	2,0	0,3	831	3,6	5,9
<9> 20-Lager/Technik belüft	0,2	0,1	0	0,0	0,4
<10> 16-Behind.-WC	0,0	0,3	0	0,0	0,3

Q_{T,max} = Heizleistung zur Deckung der Transmissionswärmeverluste inklusive Wärmebrücken.

Wärmetransfer zu benachbarten

Zonen Q_{T,iz} temperaturgewichtet mit T_{i,min,H}.

Q_{V,max} = Heizleistung zur Deckung der Lüftungswärmeverluste aus Infiltration und Fensterlüftung

V_{mech} = V_{mech,ZUL} * V = Mindestvolumenstrom der mechanischen Lüftungsanlage

Q_{V,mech} = 0.34 * V_{mech} * (θ_{i,h,min} - θ_v) = Heizleistung für die Nacherwärmung der Zuluft (RLT mit WRG)

Φ_{h,max} = Q_{T,max} + Q_{V,max} = Heizleistung (T2 Gl.B.1)

13.2 Eingesetzte Heizsysteme

Anlage	Versorgungsbereich	Zone(n)	Q _{h,b} kWh/Jahr	Φ _{h,max} kW	Q _{N,h} kW
1 Fußbodenheizung Nasssystem		*	129.054	139,3	153,4
2					
* = 1/2/3/4/5/6/7/8/9/10/					

<1> hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, n<=10, System Nasssystem, Raumtemperaturregelung P-Regler nicht zertifiziert, intermittierender Heizbetrieb nein, Einzelraumregelsystem ohne

Heizwärmebedarf nach Heizbereichen

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Q _{h,b,<1>}	kWh	1.105	8.159	21.233	29.824	26.550	22.449	13.722	129.054

Nutz-Heizwärmebedarf Q_{h,b} nach T2, maximale Heizleistung Φ_{h,max} (T2, Anhang B) und Kesselnennleistung Q_{N,h} nach T5, 5.4

13.3 Heizzeiten

(1) Bereich "Fußbodenheizung Nasssystem", Leitzone <1> 18-Aufzug/ Schacht									
Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$t_{h,<1>}$	h/m	720	744	720	744	744	672	744	8.064
$t_{h,rL,d<1>}$	h/d	13	13	16	18	17	17	16	
$d_{h,rB<1>}$	d/m	21	23	24	26	26	23	25	257
$t_{h,rL<1>}$	h/m	270	308	389	462	460	400	391	3.823

$t_h = t_{h,Nutz} + t_{h,WE}$ = monatliche Heizzeiten nach DIN V 18599-2, D.2

$t_{h,rL,day} = 24 - f_{L,NA} * (24 - t_{h,op,day})$ (T5 Gl.24) mit

$t_{h,op,day}$ = tägliche Heizzeit (Nutzungsrandbedingung) und $f_{L,NA}$ = Laufzeitfaktor

$d_{h,rB}$ = monatliche, rechnerische Betriebstage der Heizung (T5 Gl.28)

$t_{h,rL} = t_{h,rL,day} * d_{h,rB}$ = monatliche, rechnerische Laufzeit

13.4 Heizwärmeübergabe

(1) Fußbodenheizung Nasssystem
hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, System Nasssystem, Raumtemperaturregelung P-Regler nicht zertifiziert, intermittierender Heizbetrieb nein, Einzelraumregelsystem ohne

Summe der Temperaturschwankungen $\Delta\theta_{ce} = 0+1,2+(0,7+0,5)/2+0+0,2+0 = 2,00^\circ\text{K}$ (T5 Gl.35)

$Q_{h,ce} = Q_{h,b} * \Delta\theta_{ce} / (T_{i,h} - T_e)$ (Gl.34) (16,7%)

Hilfsenergie der Wärmeübertragungsprozesse: Stellantriebe nicht relevant / bereits enthalten
(0,0 Watt)

Nutzwärmebedarf, Verluste und Hilfsenergie der Wärmeübergabe

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) Fußbodenheizung Nasssystem									
$Q_{h,b}$	kWh	1.105	8.159	21.233	29.824	26.550	22.449	13.722	129.054
$Q_{h,ce}$	kWh	866	2.302	3.483	3.920	3.512	3.146	2.361	21.573

$\Sigma Q_{h,b+ce}$	kWh	1.970	10.461	24.717	33.744	30.062	25.596	16.083	150.627
---------------------	-----	-------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------

Nutz-Heizwärmebedarf $Q_{h,b}$ (nach T2), Regel- und WE-Betrieb

Verluste der Wärmeübergabe $Q_{h,ce} = Q_{h,b} * \Delta\theta_{ce} / (T_{i,h} - T_e)$ (monatlich, Gl.34)

Summe der Temperaturschwankungen $\Delta\theta_{ce}$ (Tab.9 ff) für hydraulischen Abgleich, Übergabesystem, Raumtemperaturregelung, Übertemperatur, spezifische Wärmeverluste der Außenbauteile, Strahlungswirkung, intermittierenden Heizbetrieb und Gebäudeautomation

13.5 Heizwärmeverteilung

Leitungslängen der Verteilung (V), der Stränge (S) und der Anbindeleitungen (A) nach Abs. 6.3

Hilfsenergiebedarf $W_{h,d}$ der Heizungspumpe

(1) Fußbodenheizung Nasssystem
System: (DIN V 18599-5:2018) Nutzungstyp "2 Schulen, Veranstaltungshallen", Netztyp 2 Etagenverteiltertyp, Flächenheizung, Leitungslängen nach Abs.6.3 mit $A_{Nutz,Heizbereich} = 2073,8 \text{ m}^2$, Geschosshöhe i.M. = 3,82 m, 3 Geschosse.

Vor- / Rücklauftemperatur (Auslegung) $\theta_{VA} = 35^\circ\text{C} / \theta_{RA} = 28^\circ\text{C}$, $T_{i,Soll,<1>} = 17,0^\circ\text{C}$

Wärmedurchgangszahlen U_i nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 83 kPa (aus Rohrleitung, Erzeuger, Wärmemengenzähler, Strangarmaturen)

Korrekturfaktoren $f_{\text{hydr. Abgleich}} = -$, $f_{\text{Netzform}} = 1,00$, $f_{\text{d,Pumpenmanagement}} = 1,00$

Heizungspumpe, P_{Pumpe} unbekannt

	Verteilung (V)	Stränge (S)	Anbindung (A)
(1) Fußbodenheizung Nasssystem			
Leitungslängen l_i	139,3 m	42,0 m	- m
Wärmedurchgangszahlen U_i	0,200 W/(mK)	0,255 W/(mK)	0,255 W/(mK)
Umgebungstemperaturen $\theta_{I,i}$	13,0 °C	20,0 °C	20,0 °C

Mittlere Heizkreistemperaturen $\theta_{VL,av}$ (Vorlauf) und $\theta_{RL,av}$ (Rücklauf), Verluste der Verteilung $Q_{h,d}$, daraus resultierende, unregelmäßige Wärmeeinträge $Q_{I,h,d}$ und Hilfsenergiebedarf $Q_{h,d,aux}$

Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) Fußbodenheizung Nasssystem								
$\beta_{h,d}$	0,02	0,10	0,25	0,33	0,29	0,27	0,16	
$\theta_{VL,av}$ °C	17,5	19,2	22,0	23,5	22,9	22,5	20,3	
$\theta_{RL,av}$ °C	17,3	18,4	20,1	21,0	20,6	20,4	19,0	
$Q_{h,d}$ kWh	26	46	92	130	120	101	71	623
$W_{h,d}$ kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
$Q_{I,h,d}$ kWh	-8	-4	4	11	8	6	-1	-15

Leitungsverluste $Q_{h,d} = 0,4$ %, unregelmäßige Wärmeeinträge $Q_{I,h,d} = 0,0$ %

Aufteilung $Q_{I,h,d}$: nach Grundflächenanteilen

Mittlere Vorlauf-, Rücklauf- und Heizkreistemperaturen ($\theta_{VL,av}$, $\theta_{RL,av}$, $\theta_{HK,av}$) nach T5 Abs. 5.3

Belastungsgrad der Wärmeverteilung $\beta_{h,d}$ nach Gl.9

$Q_{h,d}$ = Wärmeverluste des Rohrnetzes = $\sum l_i \cdot U_i (\theta_{HK,m} - \theta_{I,i}) \cdot t_{h,rL,i} / 1000$ [kWh] (Gl.52)

$Q_{I,h,d} = Q_{h,d}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge in Zonen mit innen liegenden Leitungen

$W_{h,d} = W_{h,d,hydr} \cdot e_{h,d,aux}$ = Hilfsenergiebedarf der Heizungspumpe (Gl.55)

mit $W_{h,d,hydr}$ = hydraulischer Energiebedarf (Gl.56) und $e_{h,d,aux}$ = Pumpen Aufwandszahl (Gl.61)

13.6 Nutzwärmebedarf der Erzeugung

(1) Fußbodenheizung Nasssystem								
Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,out}$ kWh	1.996	10.507	24.808	33.874	30.182	25.696	16.154	151.250

$Q_{h,out} = Q_{h,b} + Q_{h,ce} + Q_{h,d}$ in [kWh]

13.7 Heizwärmepufferspeicher

Heizbereiche (1)

(1) Fußbodenheizung Nasssystem

Speicher: zur Wärmepumpe

Speicher-Nenninhalt $V = 254$ l, Umgebungstemperatur $\theta_u = 13,0$ °C

Bereitschaftswärmeverlust $q_{B,S} = 2,6$ kWh/d, Faktor für die Verbindungsleitung $f_{con} = 1,20$

Speicherladepumpe, Leistungsaufnahme $P_{Pumpe} = 102$ W

$Q_{h,s} = f_{con} \cdot (\theta_{h,s} - \theta_u) / 45 \cdot d_{h,mth} \cdot q_{B,S}$ = Speicherverluste (Gl.68)

$Q_{I,h,s} = Q_{h,s}$ bei Aufstellung im beheizten Bereich (unregelmäßige Wärmeeinträge, Gl.69)

$W_{h,s} = P_{Pumpe} \cdot \beta_{h,s} \cdot 24 \cdot d_{mth} / 1000$ = Hilfsenergiebedarf (Gl.71)

(1) Fußbodenheizung Nasssystem									
Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$\theta_{h,s}$	°C	17	19	21	22	22	21	20	
$Q_{h,s}$	kWh	9	13	17	20	19	17	15	120
$W_{h,s}$	kWh	1	8	18	25	22	19	12	111

13.8 solare Heizungsunterstützung
nicht vorgesehen

13.9 Heizungswärmepumpen

Heizbereiche (1)

(1) Fußbodenheizung Nasssystem
Wärmepumpe 1, Luft-Wasser WP (Standard) ab 2010
Heizungswärmepumpe, 153,4 kW
Energieträger eco-Strom, maximale Laufzeit 20 h/d

Leistungszahl im Prüfstand COP = 3,8 bei A7/W35
Die Leistungszahlen (COP) werden für die mittleren, monatlichen Vorlauftemperaturen $\theta_{VL}(\beta_h)$ (Gl.14) und stundenanteilig für die Temperaturklassen -7 / 2 / 7 / 20 °C korrigiert, untere Einsatzgrenze -20,0°C, Parallelbetrieb bei $\theta_e < \theta_{Bivalenz}$ (-2°C)
Stundensummen in den Temperaturklassen nach DIN V 18599-5, Tab.31
COP-Koeffizienten durch Inter- / Extrapolation aus tabellierten Werten (Normwerte / Herstellerangaben)
Nachheizung mit elektrischem Heizstab

$Q_{h,outg} = Q_{h,b} + Q_{h,d} + Q_{h,s} - Q_{h,sol} =$ Nutzwärmeabgabe für Heizung, monatlich
Nutzwärmeabgabe und Laufzeiten für die WW-Bereitung siehe "Warmwassersysteme"
COP = Leistungszahl der Wärmepumpe, monatlich, t_{ON} = tägliche Laufzeit
 $Q_{h,f}$ = Endenergiebedarf der WP, $Q_{h,f,bu}$ = Nutz- / Endenergiebedarf der Nachheizung
 $Q_{h,in}$ = regenerativer Energieertrag (Gl.149), $W_{h,gen}$ = Hilfsendenergiebedarf

Wärmepumpe 1, Jahresarbeitszahl $_{Hgz}$ = 3,79

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,outg}$	kWh	2.005	10.519	24.825	33.894	30.201	25.713	16.169	151.371
COP		4,98	4,35	4,01	3,77	3,80	3,80	4,02	
$t_{ON,g,d}$	h/d	0,4	2,4	6,1	8,4	7,3	7,0	3,9	
$Q_{h,f}$	kWh	462	2.568	6.354	8.896	7.754	6.787	4.167	38.967
$Q_{h,f,bu}$	kWh	-	-	197	1.136	1.723	616	122	3.799
$Q_{h,f,sum}$	kWh	462	2.568	6.551	10.031	9.477	7.403	4.290	42.767
$Q_{h,in}$	kWh	1.543	7.952	18.274	23.863	20.724	18.311	11.879	108.604

13.10 Konventionelle Heizwärmeerzeuger
nicht vorgesehen

13.11 Endenergie Heizwärme

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,f}$	kWh	462	2.568	6.551	10.031	9.477	7.403	4.290	42.767
W_h	kWh	2	8	18	25	22	19	12	111
eco-Strom	kWh	462	2.568	6.551	10.031	9.477	7.403	4.290	42.767
$Q_{l,h,<2>}$	kWh/d	-	-	0,1	0,1	0,1	0,1	-	
$Q_{l,h,<3>}$	kWh/d	-	-	0,1	0,1	0,1	0,1	-	
$Q_{l,h,<4>}$	kWh/d	-	-	0,0	0,0	0,0	0,0	-	
$Q_{l,h,<5>}$	kWh/d	-	-	0,0	0,0	0,0	0,0	-	
$Q_{l,h,<6>}$	kWh/d	-	-	0,0	0,0	0,0	0,0	-	
$Q_{l,h,<7>}$	kWh/d	-	-	0,0	0,0	0,0	0,0	-	

Q _{I,h,<8>}	kWh/d	-	-	0,0	0,0	0,0	0,0	-
Q _{I,h,<9>}	kWh/d	-	-	0,0	0,0	0,0	0,0	-

$Q_{h,f}$ = Endenergiebedarf Heizung = $Q_{h,b} + Q_{h,ce} + Q_{h,d} + Q_{h,s} + Q_{h,g} - Q_{h,sol}$ (Gl.4)

W_h = Hilfsenergiebedarf = $W_{h,ce} + W_{h,d} + W_{h,s} + W_{h,gen}$ (Gl.6)

$Q_{I,h}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge = $Q_{I,h,d} + Q_{I,h,s} + Q_{I,h,g}$ (Gl.7)

Die Energieanteile nach Energieträgern werden bei Bedarf nach anteiliger Kesselbelastung aufgeteilt

Unregelmäßige Wärmeeinträge werden bei Bedarf flächengewichtet auf die Zonen aufgeteilt

14.0 Energiebedarf (DIN V 18599-1)

14.1 Stromerzeugende Systeme

Eine BHKW-Anlage ist nicht vorgesehen

Stromgutschrift für Strom aus erneuerbaren Energiequellen

Stromangebot aus Photovoltaikanlage nach GEG 2024 und DIN V 18599-9:2018

Peakleistung 60,15 kWp, quadratemeterbezogen 60,15 / (2073,8) = 0,029 kWp/m²

PV-Module Süd 30° Standort Deutschland (Potsdam)

$Q_{f,prod,PV}$ = $E_{sol} \cdot P_{pk} \cdot f_{perf} / I_{ref}$, DIN V 18599-9:2018, Gl.64

$Q_{f,nutz,PV}$ durch monatliche Aufrechnung $\min(Q_{f,prod,PV} / Q_{Bedarf})$ (anrechenbar)

Strombedarf für Warmwasser Heizwärme Beleuchtung Hilfsenergie

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Strombedarf	kWh	2.498	4.718	8.694	12.316	11.680	9.346	6.394	67.806
Stromangebot	kWh	4.590	3.323	1.199	785	1.510	1.501	3.655	49.193
anrechenbar	kWh	2.498	3.323	1.199	785	1.510	1.501	3.655	26.632

Jahres-Stromproduktion = 49.193 kWh/a, Strombedarf = 67.806 kWh/a, anrechenbar = 26.632 kWh/a

14.2 Energiebedarf nach Energieträgern

Energieträger	Prozessbereich	Zonen	Endenergie kWh/a	f_P	$f_{Hs/Hi}$	Q_P kWh/a
Strom-Mix	Warmwasser	6/8/	4.838	1,80	1,00	8.708
eco-Strom	Heizwärme	*	42.767	1,80	1,00	76.980
Strom-Mix	Beleuchtung	**	6.323	1,80	1,00	11.382
Strom-Mix	Hilfsenergie		13.878	1,80	1,00	24.980
Strom-Mix	Stromgutschrift		-26.632	1,80	1,00	-47.937
Σ [kWh/Jahr]			41.174			74.113

* = 1/2/3/4/5/6/7/8/9/10/

** = 1/2/3/4/5/6/7/8/9/10/

$Q_P = \Sigma Q_{f,i} \cdot f_{P,i} / f_{Hs/Hi,i}$ (DIN V 18599-1, Gl.22)

Jahres-Primärenergiebedarf $q_P = 74.113 / 2.105 = 35,2$ kWh/(m²a) ($\Sigma_{ANGF} = 2.105$ m²)

Endenergie brennwertbezogen = 41.174 kWh/a = Jahressummen aus den Prozessbereichen

f_P = Primärenergiefaktoren energieträgerbezogen nach DIN V 18599-1, Tab.A.1

Endenergiebedarf: Hilfsenergie 6,6 kWh/(m²a), Strom-Mix 5,3 kWh/(m²a), eco-Strom 20,3 kWh/(m²a), Stromgutschrift [Strom-Mix] -12,7 kWh/(m²a)

Treibhausgasemissionen (CO₂)

Energieträger	Endenergie kWh/a	Emissionsfaktor g CO ₂ /kWh	Emissionen kg/a	kg/(m ² a)
Strom-Mix	4.838	560	2.709	

eco-Strom	42.767	560	23.949	
Strom-Mix	6.323	560	3.541	
Strom-Mix	13.878	560	7.772	
Strom-Mix	-26.632	560	-14.914	
	41.174		23.057	11,0

Emissionsfaktoren nach GEG 2020, Anlage 9, Endenergiebedarf heizwertbezogen
Gutschrift für PV-Strom aus Verrechnung nach DIN V 18599-9:2018

14.3 Endenergiebedarf nach Zonen

siehe Abschnitt		RLT	Beleucht.	Klima	Warmwasser	Heizung	Summe
Zone	m²	9	10	11	12	13	kWh/a
		kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	
<1> 18-Aufzug/ Sc	11	-	7	-	-	558	565
<2> 19-TRH/ Flur	797	-	1.825	-	-	17.880	19.706
<3> 08-Klassenzim	868	-	2.318	-	-	11.786	14.103
<4> 16-Sanitär	98	-	459	-	-	2.430	2.889
<5> 20-Lager/ Tec	80	-	32	-	-	1.728	1.760
<6> 14-Lehrküche	67	-	1.400	-	2.653	4.801	8.854
<7> 08-Werkraum	40	-	82	-	-	830	913
<8> 08-Werkraum b	83	-	168	-	2.182	1.804	4.154
<9> 20-Lager/Tech	53	-	32	-	-	487	519
<10> 16-Behind.-W	7	-	-	-	-	467	467
Gebäude	2.105	-	6.323	-	4.838	42.770	53.930

Endenergie = Jahressummen aus den Prozessbereichen ohne Hilfsenergie

Die Aufteilung der Endenergieanteile aus Prozessbereichen mit mehreren Zonen erfolgt lastabhängig.

14.4 Aufteilung des Energiebedarfs für den Energieausweis

	RLT	Beleucht.	Klima	Warmwasser	Heizung	Summe
	kWh/m²a	kWh/m²a	kWh/m²a	kWh/m²a	kWh/m²a	kWh/m²a
Nutzenergiebedarf	6,5	3,0	0,0	2,3	61,3	73,1
Endenergiebedarf	6,5	3,0	0,0	2,3	20,4	32,2
Primärenergiebedarf	11,8	5,4	0,0	4,1	36,7	58,0

Energiebedarf für den Energieausweis mit Hilfsenergie (Ventilator-, Pumpenstrom, ...)

15.0 Nachweise

für ein neu errichtetes Gebäude

Referenzberechnung = "23252-Berechnung-Referenz2020"

15.1 Nachweis der thermischen Hülle

Grenzwerte für Nichtwohngebäude nach GEG '20 siehe "2.3 Begrenzung der U-Werte"

Die Höchstwerte für Wärmedurchgangskoeffizienten werden eingehalten, **Nachweis erbracht**

15.2 Nachweis des Primärenergiebedarfs

Höchstwert des grundflächenbezogenen Jahres-Primärenergiebedarfs nach GEG '20, § 18

zul $q_{p,REF} = 148,1 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, aus der Referenzberechnung

zul $q_p = 148,1 - 45\% = 81,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, geforderte Unterschreitung nach GEG §18 und GEG-Novelle 2023 / 2024

vorh $q_p = 74.113 / 2104,9 = 35,2 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

vorh $q_p = 35,2 \leq 81,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, **Grenzwert wird eingehalten**

15.8 Nachweis der Nutzung erneuerbarer Energien

Nachweis 65% E r n e u e r b a r e (Entwurf)

Anforderungen an die Heizungsanlage nach GEG 2024, §71

Heizungsanlagen müssen die benötigte Wärme zu mindestens 65% aus erneuerbaren Energien erzeugen

benötigte Wärme im Gebäude 156.208 kWh/a

genutzte erneuerbare Energien

1. aus thermischen Solaranlagen	- kWh/a
2. aus elektrischen Wärmepumpen	151.371 kWh/a
3. aus gasmotorischen Wärmepumpen	- kWh/a
4. aus Stromdirektheizung	- kWh/a
5. aus unvermeidbarer Abwärme	- kWh/a
6. aus Wärmenetzen	- kWh/a
7. aus Biomasse / Wasserstoff	- kWh/a

Summe erneuerbare Energien 151.371 kWh/a 97 %

erzielter Deckungsanteil für erneuerbare Energie $DA_{EE} = 151370,6/156208,3 \cdot 100 = 97\%$
(Bbl.2 Gl.5)

Die Anforderungen an die Heizungsanlage nach GEG 2024, §71 (65,0% erneuerbar) **werden erfüllt**

17.0 Nutzung von erneuerbaren Energien

17.1 Nutzung von erneuerbaren Energien nach GEG 2020, §§ 34 ff

Nachweis für privat genutzte Gebäude

Wärme- und Kälteenergiebedarf = 47604 + 0 + 108604 + 0 = 156.208 kWh/Jahr (mit Solar-, Umweltenergie- und Abwärmenutzung)

darin enthaltene Deckungsanteile aus erneuerbaren Energiequellen oder Ersatzmaßnahmen

Energiequelle	Energieertrag kWh/a	Deckungsanteil		Nutzungs- anteil
		erzielt	gefordert	
Umweltenergie [Hzg-WP]	147.571	94,5 %	50,0 %	189,0 %
PV-Strom [PV-Strom]	26.632	17,0 %	15,0 %	113,3 %
				302,3 %

Maßnahmen zur Einsparung von Energie

Nachweis mit $HT'_{Grenzwert} = HT'_{Referenzberechnung}$, ohne Nachweis der QP-Unterschreitung

		Grenzwert	erzielt	Unterschreitung		Nutzungs-
				erzielt	gefordert	anteil
HT' - Wert	W/(m²K)	0,71	0,48	32,6 %	15,0 %	217,4 %

erreichter Nutzungsanteil, Summe = 519,7 % ≥ Nutzungspflichtanteil = 100 %

Die Anforderungen aus dem GEG 2020 Abs.4 **werden erfüllt**

20.0 Bundesförderprogramme (BEG)

Bundesförderprogramme für den Neubau von Nichtwohngebäuden

Technische Mindestanforderungen zum Programm:

KFW-Förderprogramme für den klimafreundlichen Neubau von Nichtwohngebäuden ab 1.3.2023,
Effizienzgebäude EG40, GWP₁₀₀ ≤ Grenzwert kg CO₂ Äqu./ (m² a) (LCA, projektspezifisch)

Referenzberechnung = "23252-Berechnung-Referenz2020"

Endenergieeinsparung	109.040 kWh/a
Primärenergieeinsparung	97.363 kWh/a
CO ₂ -Einsparung	19.032 kg/a

		Primärenergiebedarf ----- mittlere U-Werte -----					
		Q _P	Opake	Fenster	Vorhf.	Oberl.	
		kWh/ (m ² a)	W/ (m ² K)	W/ (m ² K)	W/ (m ² K)	W/ (m ² K)	
Referenzberechnung	100 %	148,1					
erreicht Ti ≥ 19°C	24 %	35,2	0,13	1,00	1,00		
Effizienzgebäude 40	40 %	59,2	0,18	1,00	1,00	1,60	OK
erreicht Ti < 19°C	24 %	35,2	0,09				
Effizienzgebäude 40	40 %	59,2	0,24	1,30	1,30	2,00	OK

LCA-Grenzwert GWP₁₀₀ ≤ Anforderung projektspezifisch [kg CO₂ Äqu./ (m² a)]

Der Nachweis zur Begrenzung der Treibhausgas-Emissionen im Lebenszyklus **liegt vor**

NH-Paket (Nachhaltigkeitszertifikat)

Eine anerkannte Nachhaltigkeitszertifizierung nach BMI liegt nicht vor

Das Förderniveau **KFNWG** wird erreicht.

E. Energetische Bewertung von Gebäuden (Referenzgebäude)

Projekt: 23252 Erweiterung Freiherr-vom-Stein-Gymnasium Münster

Maßgebende Normen und Verordnungen:

GEG 2020

DIN V 18599:2018 Energetische Bewertung von Gebäuden (WG / NWG)

DIN V 4108-2:2013, Mindestanforderungen an den Wärmeschutz

DIN EN ISO 6946:2008, Bauteile - Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient

DIN EN ISO 13789:2007, Spezifischer Transmissionswärmeverlustkoeffizient

DIN EN ISO 13370:2018, Wärmetransfer über das Erdreich

DIN EN ISO 10077-1:2007, Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen

Gebäudeberechnung "23252-Berechnung-Referenz2020"

Nachweisverfahren

Regelverfahren für Nichtwohngebäude nach GEG 2020, §§ 18 und 19 und Anlage 2 zur Begrenzung des Jahres-Primärenergiebedarfs und der mittleren, bauteilbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten

mit den Änderungen des Gebäudeenergiegesetzes zum 1.1.2024 (BGBl vom 16. Oktober 2023)

mit den Änderungen des Gebäudeenergiegesetzes zum 1.1.2023 (BGBl vom 28. Juli 2022)

berechnet mit den Bilanzierungsverfahren nach DIN V 18599:2018

Klimadaten für den Gebäudestandort "4 Potsdam (Deutschland)" aus TRY-Datensätzen

1.0 Geplante Gebäudezonen (DIN V 18599-1)

Betrachtungsmonat Januar, $\vartheta_e = 1,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Zone	Typ	t_{nutz} d/a	ϑ_i $^{\circ}\text{C}$	$\vartheta_{i,WE}$ $^{\circ}\text{C}$	A_{NGF} $^{\circ}\text{C}$	V_i m^2	m^3
<1> 18-Aufzug/ Schacht	218 Nebenflächen	250	16,1	13,8	11	67	
<2> 19-TRH/ Flur	219 Verkehrsfläc	250	19,9	17,1	797	2792	
<3> 08-Klassenzimmer/ DIF.	208 Klassenzimme	200	19,5	17,3	868	3067	
<4> 16-Sanitär	216 WC und Sanit	250	19,9	17,3	98	325	
<5> 20-Lager/ Technik	220 Lager, Techn	250	20,0	17,2	80	292	
<6> 14-Lehrküche	214 Küchen in Ni	300	20,0	17,3	67	282	
<7> 08-Werkraum	208 Klassenzimme	200	19,5	17,3	40	169	
<8> 08-Werkraum belüftet	208 Klassenzimme	200	19,5	17,2	83	348	
<9> 20-Lager/Technik belüft	220 Lager, Techn	250	20,3	17,9	53	195	
<10> 16-Behind.-WC	216 WC und Sanit	250	19,9	18,2	7	29	
						2.105	7.565

Gebäude, $A_{\text{NGF}} = 2104,9 \text{ m}^2$, $n_G = 3$ Geschosse (Bezugsfläche nach T1, Abs.8.2.1)

Typ = Nutzungstyp nach DIN V 18599 10

t_{nutz} = Nutzungstage / Jahr \Rightarrow Nutzungsanteile für den Regel- und Wochenendbetrieb

A_{NGF} = Nettogrundfläche, V_i = Nettoluftvolumen

ϑ_i = mittlere Innentemperatur für Januar, ggf. bei eingeschränktem Heizbetrieb

$\vartheta_{i,WE}$ = mittlere Innentemperatur im Wochenendbetrieb

$\vartheta_i = \vartheta_{i,h}$ unter Berücksichtigung einer Nachtabsenkung

ϑ_i Bilanz-Innentemperaturen für den Heizwärmebedarf nach DIN V 18599-2, Abs.6.1.2

2.0 Transmissionswärmetransfer (DIN V 18599-2)

Transferkoeffizienten H_T aus der Hüllflächentabelle nach DIN V 18599, T2

Begrenzung der U-Werte (U_{max} -Nachweis) GEG § 19

Hüllfläche	Zone	A m^2	U W/ (m^2K)	F_x	Anmerkungen	H_T W/K
1.UG-Unterfahrt						

1 F 0100 FG	1:0	47,3	0,35	0,70 Ffb	50 19 25 14	11,6
2 F 0101 Fbw S-W	1:0	18,7	0,35	0,70 Ffb	50 19 25 14	4,6
3 F 0102 Fbw S-O	1:0	13,6	0,35	0,70 Ffb	50 19 25 14	3,3
4 F 0103 Fbw N-O	1:0	18,7	0,35	0,70 Ffb	50 19 25 14	4,6
5 F 0104 Fbw N-W	1:0	13,6	0,35	0,70 Ffb	50 19 25 14	3,3
EG-Lager/Technik						
6 F 0201 FAW N-W	5:0	4,1	0,28	1,00 FAW	51 02	1,2
7 F 0210 FAW N-O	5:0	21,0	0,28	1,00 FAW	51 02	5,9
8 F 0211 FAW N-W	5:0	3,9	0,28	1,00 FAW	51 02	1,1
9 A 0201 FF N-W	5:0	23,5	1,40	1,00 FF	51 75 02	32,9
10 A 0211 FF N-W	5:0	9,5	1,40	1,00 FF	51 75 02	13,3
11 F 0200 FG	5:0	26,3	0,35	0,55 Ffb	51 19 26 14	5,1
EG-Lehrküche						
12 F 0310 FAW N-W	6:0	5,8	0,28	1,00 FAW	51 02	1,6
13 A 0310 FF N-W	6:0	32,8	1,40	1,00 FF	51 75 02	45,9
14 F 0300 FG	6:0	72,2	0,35	0,55 Ffb	51 19 26 14	13,9
EG-Musik						
15 F 0401 FAW N-W	3:0	5,8	0,28	1,00 FAW	51 02	1,6
16 F 0419 FAW N-W	3:0	9,9	0,28	1,00 FAW	51 02	2,8
17 A 0401 FF N-W	3:0	32,9	1,40	1,00 FF	51 75 02	46,1
18 A 0419 FF N-W	3:0	56,4	1,40	1,00 FF	51 75 02	79,0
19 F 0400 FG	3:0	213,7	0,35	0,55 Ffb	51 19 26 14	41,1
EG-Werkmaschinenraum1						
20 F 0501 FAW S-W	8:0	35,0	0,28	1,00 FAW	51 02	9,8
21 F 0508 FAW N-W	8:0	9,6	0,28	1,00 FAW	51 02	2,7
22 A 0508 FF N-W	8:0	42,0	1,40	1,00 FF	51 75 02	58,7
23 F 0500 FG	8:0	93,7	0,35	0,55 Ffb	51 19 26 14	18,0
EG-Speiseraum						
24 F 0608 FAW N-W	3:0	2,4	0,28	1,00 FAW	51 02	0,7
25 A 0608 FF N-W	3:0	13,9	1,40	1,00 FF	51 75 02	19,5
26 F 0600 FG	3:0	31,3	0,35	0,55 Ffb	51 19 26 14	6,0
EG-WC						
27 F 0700 FG	10:0	3,5	0,35	0,55 Ffb	51 19 26 14	0,7
Aufzug						
EG-Flur 1						
28 F 0902 FAW S-O	2:0	24,3	0,28	1,00 FAW	51 02	6,8
29 F 0903 FAW N-O	2:0	10,6	0,28	1,00 FAW	51 02	3,0
30 A 0902 FF S-O	2:0	112,5	1,40	1,00 FF	51 75 02	157,4
31 W 0903 FF N-O	2:0	1,9	1,30	1,00 FF	51 02	2,5
32 T 0903 FAW N-O , Tür	2:0	6,2	1,80	1,00 FAW	51 02	11,1
33 F 0900 FG	2:0	112,4	0,35	0,55 Ffb	51 19 26 14	21,6
EG-Flur 2						
34 F 1001 FAW S-W	2:0	10,6	0,28	1,00 FAW	51 02	3,0
35 F 1002 FAW S-O	2:0	20,4	0,28	1,00 FAW	51 02	5,7
36 A 1002 FF S-O	2:0	117,2	1,40	1,00 FF	51 75 02	164,0
37 W 1001 FF S-W	2:0	1,9	1,30	1,00 FF	51 02	2,5
38 T 1001 FAW S-W , Tür	2:0	6,2	1,80	1,00 FAW	51 02	11,1
39 F 1000 FG	2:0	94,5	0,35	0,55 Ffb	51 19 26 14	18,2
1.OG-Kursraum						
40 F 1107 FAW N-O	3:0	27,8	0,28	1,00 FAW	51 02	7,8
41 F 1108 FAW N-W	3:0	7,1	0,28	1,00 FAW	51 02	2,0
42 A 1108 FF N-W	3:0	23,3	1,40	1,00 FF	51 75 02	32,7
1.OG-digitales Labor						
43 F 1201 FAW N-W	3:0	7,1	0,28	1,00 FAW	51 02	2,0
44 F 1202 FAW S-W	3:0	27,8	0,28	1,00 FAW	51 02	7,8
45 A 1201 FF N-W	3:0	23,3	1,40	1,00 FF	51 75 02	32,7
1.OG-Kursraum						
46 F 1320 FAW N-W	3:0	17,3	0,28	1,00 FAW	51 02	4,9
47 A 1320 FF N-W	3:0	75,1	1,40	1,00 FF	51 75 02	105,2
1.OG-Lager/Technik						
48 F 1404 FAW N-W	5:0	1,6	0,28	1,00 FAW	51 02	0,5
49 A 1404 FF N-W	5:0	7,2	1,40	1,00 FF	51 75 02	10,0
1.OG-WC						
50 F 1504 FAW N-W	4:0	5,8	0,28	1,00 FAW	51 02	1,6
51 A 1504 FF N-W	4:0	25,0	1,40	1,00 FF	51 75 02	35,0

1.OG-Brücke 1							
52 F 1600 FD	2:0	53,7	0,20	1,00	FD	51 02	10,7
53 F 1601 FAW S-W	2:0	16,0	0,28	1,00	FAW	51 02	4,5
54 F 1603 FAW N-O	2:0	16,0	0,28	1,00	FAW	51 02	4,5
55 A 1601 FF S-W	2:0	28,7	1,40	1,00	FF	51 75 02	40,2
56 A 1603 FF N-O	2:0	28,7	1,40	1,00	FF	51 75 02	40,2
1.OG-Brücke 2							
57 F 1700 FD	2:0	37,9	0,20	1,00	FD	51 02	7,6
58 F 1701 FAW S-W	2:0	16,0	0,28	1,00	FAW	51 02	4,5
59 F 1703 FAW N-O	2:0	16,0	0,28	1,00	FAW	51 02	4,5
60 A 1701 FF S-W	2:0	28,7	1,40	1,00	FF	51 75 02	40,2
61 A 1703 FF N-O	2:0	28,7	1,40	1,00	FF	51 75 02	40,2
1.OG-Flur 1							
62 F 1802 FAW S-O	2:0	23,4	0,28	1,00	FAW	51 02	6,5
63 F 1803 FAW N-O	2:0	10,9	0,28	1,00	FAW	51 02	3,1
64 A 1802 FF S-O	2:0	85,5	1,40	1,00	FF	51 75 02	119,8
65 W 1803 FF N-O	2:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
1.OG-Flur 2							
66 F 1901 FAW S-W	2:0	10,9	0,28	1,00	FAW	51 02	3,1
67 F 1902 FAW S-O	2:0	20,5	0,28	1,00	FAW	51 02	5,7
68 A 1902 FF S-O	2:0	89,1	1,40	1,00	FF	51 75 02	124,8
69 W 1901 FF S-W	2:0	4,0	1,30	1,00	FF	51 02	5,2
2.OG-Kursraum							
70 F 2009 FD	3:0	67,4	0,20	1,00	FD	51 02	13,5
71 F 2007 FAW N-O	3:0	28,3	0,28	1,00	FAW	51 02	7,9
72 F 2008 FAW N-W	3:0	7,7	0,28	1,00	FAW	51 02	2,1
73 A 2008 FF N-W	3:0	23,3	1,40	1,00	FF	51 75 02	32,7
2.OG-DIF.							
74 F 2109 FD	3:0	67,4	0,20	1,00	FD	51 02	13,5
75 F 2101 FAW N-W	3:0	7,7	0,28	1,00	FAW	51 02	2,1
76 F 2102 FAW S-W	3:0	28,3	0,28	1,00	FAW	51 02	7,9
77 A 2101 FF N-W	3:0	23,3	1,40	1,00	FF	51 75 02	32,7
2.OG-Kursraum							
78 F 2221 FD	3:0	227,2	0,20	1,00	FD	51 02	45,4
79 F 2220 FAW N-W	3:0	18,9	0,28	1,00	FAW	51 02	5,3
80 A 2220 FF N-W	3:0	75,1	1,40	1,00	FF	51 75 02	105,2
2.OG-Lager/Technik							
81 F 2305 FD	5:0	14,9	0,20	1,00	FD	51 02	3,0
82 F 2304 FAW N-W	5:0	3,6	0,28	1,00	FAW	51 02	1,0
83 A 2304 FF N-W	5:0	14,3	1,30	1,00	FF	51 02	18,6
2.OG-WC							
84 F 2405 FD	4:0	54,9	0,20	1,00	FD	51 02	11,0
85 F 2404 FAW N-W	4:0	4,5	0,28	1,00	FAW	51 02	1,3
86 A 2404 FF N-W	4:0	17,9	1,40	1,00	FF	51 75 02	25,0
2.OG-Brücke 1							
87 F 2505 FD	2:0	53,7	0,20	1,00	FD	51 02	10,7
88 F 2501 FAW S-W	2:0	16,7	0,28	1,00	FAW	51 02	4,7
89 F 2503 FAW N-O	2:0	16,7	0,28	1,00	FAW	51 02	4,7
90 A 2501 FF S-W	2:0	28,7	1,40	1,00	FF	51 75 02	40,2
91 A 2503 FF N-O	2:0	28,7	1,40	1,00	FF	51 75 02	40,2
2.OG-Brücke							
92 F 2605 FD	2:0	37,9	0,20	1,00	FD	51 02	7,6
93 F 2601 FAW S-W	2:0	16,7	0,28	1,00	FAW	51 02	4,7
94 F 2603 FAW N-O	2:0	16,7	0,28	1,00	FAW	51 02	4,7
95 A 2601 FF S-W	2:0	28,7	1,40	1,00	FF	51 75 02	40,2
96 A 2603 FF N-O	2:0	28,7	1,40	1,00	FF	51 75 02	40,2
2.OG-Flur 1							
97 F 2723 FD	2:0	149,1	0,20	1,00	FD	51 02	29,8
98 F 2702 FAW S-O	2:0	25,2	0,28	1,00	FAW	51 02	7,1
99 F 2703 FAW N-O	2:0	11,8	0,28	1,00	FAW	51 02	3,3
100 A 2702 FF S-O	2:0	85,5	1,40	1,00	FF	51 75 02	119,8
101 W 2703 FF N-O	2:0	3,3	1,30	1,00	FF	51 02	4,3
2.OG-Flur 2							
102 F 2814 FD	2:0	134,0	0,20	1,00	FD	51 02	26,8
103 F 2801 FAW S-W	2:0	11,8	0,28	1,00	FAW	51 02	3,3

$H_{T,D} = \sum A_j \cdot U_j + \Delta U_{WB} \cdot \sum A =$ Wärmetransferkoeffizient zur Außenluft, Bauteile + Wärmebrücken
 $H_{T,s} = \sum F_x \cdot A_j \cdot U_j =$ Wärmetransferkoeffizient über das Erdreich, alternativ L_s -Wert aus der Bauteilberechnung
 $H_{T,iu} = \sum F_x \cdot A_j \cdot U_j =$ Wärmetransferkoeffizient zum unbeheizten Bereich
 $H_{T,iz} = \sum A_j \cdot U_j =$ Wärmetransferkoeffizient zu angrenzenden Gebäudezonen

spezifischer, auf die Umfassungsflächen bezogener Transmissionswärmetransferkoeffizient
 $H'_{T,vorh} = (H_{T,D} + F_x \cdot H_{T,iu} + F_x \cdot H_{T,s}) / A = 2.652,6 / 3.751,6 = 0,71 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

2.3 Begrenzung der U-Werte (Nachweis)

Höchstwerte für Hüllflächengruppen nach GEG A3

		opake Bauteile [W/(m²K)]	Fenster [W/(m²K)]	Vorhangf. [W/(m²K)]	Oberl. [W/(m²K)]
U _{max}	T _i ≥ 19°C	0,28	1,50	1,50	2,50
U _{max}	T _i < 19°C	0,50	2,80	3,00	3,10
<hr/>					
Zonen T _i ≥ 19°C		0,20	1,30	1,40	
Zonen T _i < 19°C		0,21			

für den U_{max}-Nachweis wurden reduzierte Grundflächen (Randstreifen) berücksichtigt:

" 19 F 0400 FG ", A_{Rand} = 213,7 - 53,2 m², U_{Rand} = 0,140 W/(m²K)
 " 14 F 0300 FG ", A_{Rand} = 72,2 - 95,0 m², U_{Rand} = 0,130 W/(m²K)
 " 23 F 0500 FG ", A_{Rand} = 93,7 - 25,7 m², U_{Rand} = 0,140 W/(m²K)
 " 1 F 0100 FG ", A_{Rand} = 47,3 - 14,3 m², U_{Rand} = 0,140 W/(m²K)
 " 11 F 0200 FG ", A_{Rand} = 26,3 - 20,9 m², U_{Rand} = 0,140 W/(m²K)
 " 27 F 0700 FG ", A_{Rand} = 3,5 - 14,3 m², U_{Rand} = 0,140 W/(m²K)
 " 26 F 0600 FG ", A_{Rand} = 31,3 - 7,0 m², U_{Rand} = 0,140 W/(m²K)
 " 33 F 0900 FG ", A_{Rand} = 112,4 - 0,0 m², U_{Rand} = 0,140 W/(m²K)
 " 39 F 1000 FG ", A_{Rand} = 94,5 - 0,0 m², U_{Rand} = 0,140 W/(m²K)
 "114 F 3000 FG ", A_{Rand} = 30,8 - 53,2 m², U_{Rand} = 0,140 W/(m²K)

Die Höchstwerte für Wärmedurchgangskoeffizienten werden eingehalten, **Nachweis erbracht**
 kleinste Grenzwertunterschreitung: U = 1,40 W/(m²K) = 1,50 W/(m²K) -6,7%

3.0 Lüftungswärmetransfer (DIN V 18599-2)

Gebäudedichtheit Regelwert, ohne RLT-Anlage mit Dichtheitsprüfung (Referenzwert, Kat.I), n₅₀ = 2,00 h⁻¹

Nettoraumvolumen > 1.500 m³ ⇒ n₅₀ = q₅₀ * Σ A / V = 3*3752 / 7565 = 1,49 (Gl.68)

Windschutzkoeffizienten für mittlere Abschirmung, mehr als eine exponierte Fassade
 e_{wind} = 0.07 f_{wind} = 15 (EN ISO 13790 Tab.G4)

Gebäude ohne Außenluftdurchlässe

Mit bedarfsabhängiger Außenluft-Volumenstromregelung nach T7, Abs.5.8

(Anlagenautomation mit

Präsenzmeldern) für die Zonen <3> 08-Klassenzimmer/ DIF., <8> 08-Werkraum belüftet

Luftaustausch zwischen Gebäudezonen nicht relevant

Zone	ALD	n ₅₀ h ⁻¹	V _A /V _{dc} m³/(m²h)	Luftwechsel		Fenster		Lüftungsanlage	
				n _{nutz} h ⁻¹	n _{inf} h ⁻¹	n _{win} h ⁻¹	n _{m,ZUL} h ⁻¹	t _{v,m} h/d	
<1> 18-Aufzug/ Sch	-	5,77	0,15	0,02	0,40	0,10	-	-	-
<2> 19-TRH/ Flur	-	1,98	0,00	0,00	0,14	0,10	-	-	-
<3> 08-Klassenzimm	-	0,75	9,25	2,62	0,05	0,10	2,62	9	
<4> 16-Sanitär	-	0,67	15,00	4,54	0,05	0,10	4,54	13	
<5> 20-Lager/ Tech	-	1,34	0,15	0,04	0,09	0,10	-	-	-
<6> 14-Lehrküche	-	0,79	90,00	21,53	0,06	0,10	21,50	15	
<7> 08-Werkraum	-	0,94	10,00	2,39	0,07	0,75	-	-	-
<8> 08-Werkraum be	-	1,04	9,25	2,21	0,07	0,10	2,21	9	

<9> 20-Lager/Techn	-	0,42	0,15	0,04	0,02	0,11	-	13
<10> 16-Behind.-WC	-	0,24	15,00	3,59	0,02	2,06	-	13

⇒ WE-Betrieb ...

<1> 18-Aufzug/ Schacht	0,00	0,00	0,40	0,10
<2> 19-TRH/ Flur	0,00	0,00	0,14	0,10
<3> 08-Klassenzimmer/ DIF.	0,00	0,00	0,05	0,10
<4> 16-Sanitär	0,00	0,00	0,05	0,10
<5> 20-Lager/ Technik	0,00	0,00	0,09	0,10
<6> 14-Lehrküche	0,00	0,00	0,06	0,10
<7> 08-Werkraum	0,00	0,00	0,07	0,10
<8> 08-Werkraum belüftet	0,00	0,00	0,07	0,10
<9> 20-Lager/Technik belüftet	0,00	0,00	0,03	0,10
<10> 16-Behind.-WC	0,00	0,00	0,02	0,10

Zone <3> RLT-Anlage (202) mit $V_{SUP}/ETA = 8030 / 8030 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, WRG60

Zone <4> RLT-Anlage (202) mit $V_{SUP}/ETA = 1477 / 1477 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, WRG60

Zone <6> RLT-Anlage (202) mit $V_{SUP}/ETA = 6063 / 6063 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, WRG60

Zone <8> RLT-Anlage (202) mit $V_{SUP}/ETA = 769 / 769 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, WRG60

Zone <9> RLT-Anlage (000) mit $V_{SUP}/ETA = 0 / 8 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig

Zone <10> RLT-Anlage (000) mit $V_{SUP}/ETA = 0 / 105 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig

n_{50} = Luftwechselzahl bei 50 Pa Druckdifferenz, V_A = Mindest-Außenluftvolumenstrom

n_{nutz} = Mindestaußenluftwechsel = $V_A \cdot AN_{GF} / V$ während der Nutzungsstunden (Nichtwohngebäude)

n_{inf} = Infiltrationsluftwechsel = $n_{50} \cdot e_{wind} \cdot f_{ATD}$ mit f_{ATD} = Bewertungsfaktor für ALD oder mit RLT

$n_{inf} = n_{50} \cdot e_{wind} \cdot f_{ATD} \cdot (1 + (1 - f_e) \cdot t_{v,mech} / 24)$ mit f_e = Faktor für nicht balancierte RLT-Anlagen (Gl.65)

$n_{win} = \text{Fenster- / Türluftwechsel} = n_{win,min} + \Delta n_{win} \cdot t_{nutz} / 24$, mit RLT = $n_{win,min} + \Delta n_{win,mech} \cdot t_{v,mech} / 24$

mit $n_{win,min} = 0.1$, in Wohngebäuden $n_{win,min} = \text{saisonal nach Gl.77}$

Reduzierter Außenluft-Volumenstroms für schadstoffarme Gebäude ohne RLT, Zonen 7 /

$\Delta n_{win} = n_{nutz} - (n_{nutz} - 0.2) \cdot n_{inf} - 0.1$ (ohne RLT), falls $n_{nutz} > 1.2 \Rightarrow \Delta n_{win} = n_{nutz} - n_{inf} - 0.1$

$n_{mech} = n_{mech,ZUL}$ = Zuluft-Luftwechselzahl mechanisch während der Nutzungsstunden

Hinweis: n_{inf} und n_{win} sind die Luftwechsel im Tagesmittel (Nutzungs und Nichtnutzungsstunden)

Volumenströme V_{mech} und V^* (Auslegung, zonenweise) siehe Abschnitt "RLT-Systeme"

Transferkoeffizienten Lüftung	V m³	HV,z,Jan W/K	HV,inf W/K	HV,win W/K	ΣHV W/K	HV,mech W/K	$\theta_{V,Jan}$ W/K	°C
<1> 18-Aufzug/ Schac	67	0	9	2	11	0		
<2> 19-TRH/ Flur	2.792	0	132	95	227	0		
<3> 08-Klassenzimmer	3.067	0	55	104	159	1024	15,2	
<4> 16-Sanitär	325	0	5	11	16	272	15,2	
<5> 20-Lager/ Techni	292	0	9	10	19	0		
<6> 14-Lehrküche	282	0	5	10	15	1287	15,2	
<7> 08-Werkraum	169	0	4	43	47	0		
<8> 08-Werkraum belü	348	0	9	12	20	98	15,2	
<9> 20-Lager/Technik	195	0	1	7	9	0	2,9	
<10> 16-Behind.-WC	29	0	0	21	21	0	2,9	
		0	229	315	544	2680		

⇒ WE-Betrieb ...

<1> 18-Aufzug/ Schacht	0	9	2	11
<2> 19-TRH/ Flur	0	132	95	227
<3> 08-Klassenzimmer/ DIF.	0	55	104	159
<4> 16-Sanitär	0	5	11	16
<5> 20-Lager/ Technik	0	9	10	19
<6> 14-Lehrküche	0	5	10	15
<7> 08-Werkraum	0	4	6	10
<8> 08-Werkraum belüftet	0	9	12	20
<9> 20-Lager/Technik belüft	0	2	7	9

<10> 16-Behind.-WC

0 0 1 1

0 230 257 487

$H_{V,z} = V \cdot 0.34 \text{ [W/K]}$ = Wärmetransferkoeffizient Lüftung zu angrenzenden Zonen, monatlich, temperaturgewichtet

H_V = Wärmetransferkoeffizient Lüftung = $n \cdot V \cdot c_{p,a} \cdot \rho_a = n \cdot V \cdot 0.34 \text{ [W/K]}$

$H_{V,\text{win, ohne RLT}} = f_{\text{win, seasonal}} \cdot H_{V,\text{win}} = (0.04 \cdot \theta_e + 0.8) \cdot H_{V,\text{win}} \text{ [W/K]}$ (Fensterlüftung saisonal)

$\Sigma H_V = H_{V,z, \text{Jan}} + H_{V,\text{inf}} + H_{V,\text{win}}$, Transferkoeffizienten ohne RLT

ϑ_V = Zulufttemperatur der RLT-Anlage für Januar, sh. "RLT-Systeme"

Summenbildung unter Berücksichtigung der Zonen-Nutzungsanteile für Regel- und WE-Betrieb

4.0 Solare Wärmequellen (DIN V 18599-2)

4.1 Solare Wärmeeinträge über Fenster

Bauliche Verschattung F_S aus Horizontwinkel α_h , Überhangwinkel α_o und Seitenwinkel α_f
Abminderungsfaktoren $F_S = 0.90$ nach GEG §25, vereinfacht

Kollektorfläche	Zone	A_g m ²	$I_{S,\text{Jan/Jul}}$ W/m ²	$G_{\text{eff,Jan/Jul}}$	%	$Q_{S,\text{Jan/Jul}}$ kWh/d
9 A 0201 FF N-W	5	16,45	11/ 95	35/ 35	7100	1,5/ 13,1
10 A 0211 FF N-W	5	6,66	11/ 95	35/ 35	"	0,6/ 5,3
13 A 0310 FF N-W	6	22,92	11/ 95	35/ 35	"	2,1/ 18,3
17 A 0401 FF N-W	3	23,03	11/ 95	35/ 35	"	2,1/ 18,4
18 A 0419 FF N-W	3	39,48	11/ 95	35/ 35	"	3,6/ 31,5
22 A 0508 FF N-W	8	29,37	11/ 95	35/ 35	"	2,7/ 23,4
25 A 0608 FF N-W	3	9,74	11/ 95	35/ 35	"	0,9/ 7,8
30 A 0902 FF S-O	2	78,72	50/ 132	35/ 35	"	33,1/ 87,3
31 W 0903 FF N-O	2	1,36	11/ 112	44/ 44	"	0,2/ 1,6
36 A 1002 FF S-O	2	82,01	50/ 132	35/ 35	"	34,4/ 90,9
37 W 1001 FF S-W	2	1,36	40/ 120	44/ 44	"	0,6/ 1,7
42 A 1108 FF N-W	3	16,34	11/ 95	35/ 35	"	1,5/ 13,0
45 A 1201 FF N-W	3	16,34	11/ 95	35/ 35	"	1,5/ 13,0
47 A 1320 FF N-W	3	52,59	11/ 95	35/ 35	"	4,9/ 42,0
49 A 1404 FF N-W	5	5,00	11/ 95	35/ 35	"	0,5/ 4,0
51 A 1504 FF N-W	4	17,51	11/ 95	35/ 35	"	1,6/ 14,0
55 A 1601 FF S-W	2	20,12	40/ 120	35/ 35	"	6,8/ 20,3
56 A 1603 FF N-O	2	20,12	11/ 112	35/ 35	"	1,9/ 18,9
60 A 1701 FF S-W	2	20,12	40/ 120	35/ 35	"	6,8/ 20,3
61 A 1703 FF N-O	2	20,12	11/ 112	35/ 35	"	1,9/ 18,9
64 A 1802 FF S-O	2	59,88	50/ 132	35/ 35	"	25,1/ 66,4
65 W 1803 FF N-O	2	2,79	11/ 112	44/ 44	"	0,3/ 3,3
68 A 1902 FF S-O	2	62,38	50/ 132	35/ 35	"	26,2/ 69,2
69 W 1901 FF S-W	2	2,79	40/ 120	44/ 44	"	1,2/ 3,5
73 A 2008 FF N-W	3	16,34	11/ 95	35/ 35	"	1,5/ 13,0
77 A 2101 FF N-W	3	16,34	11/ 95	35/ 35	"	1,5/ 13,0
80 A 2220 FF N-W	3	52,59	11/ 95	35/ 35	"	4,9/ 42,0
83 A 2304 FF N-W	5	10,01	11/ 95	44/ 44	"	1,2/ 10,0
86 A 2404 FF N-W	4	12,52	11/ 95	35/ 35	"	1,2/ 10,0
90 A 2501 FF S-W	2	20,12	40/ 120	35/ 35	"	6,8/ 20,3
91 A 2503 FF N-O	2	20,12	11/ 112	35/ 35	"	1,9/ 18,9
95 A 2601 FF S-W	2	20,12	40/ 120	35/ 35	"	6,8/ 20,3
96 A 2603 FF N-O	2	20,12	11/ 112	35/ 35	"	1,9/ 18,9
100 A 2702 FF S-O	2	59,88	50/ 132	35/ 35	"	25,1/ 66,4
101 W 2703 FF N-O	2	2,34	11/ 112	44/ 44	"	0,3/ 2,7
105 A 2802 FF S-O	2	62,38	50/ 132	35/ 35	"	26,2/ 69,2
106 W 2801 FF S-W	2	2,34	40/ 120	44/ 44	"	1,0/ 2,9
113 A 3002 FF N-W	7	13,16	11/ 95	35/ 35	"	1,2/ 10,5
955,30						244/ 924

Strahlungsintensitäten für den Standort "4 Potsdam (Deutschland)"

Q_S = Strahlungsgewinn pro Tag = $A \cdot F_F \cdot g_{eff} \cdot I_S \cdot t$ mit $g_{eff} = f(F_S, F_w, g_{\perp})$ (DIN V 18599-2 Gl.112)

verwendete Verglasungen und Sonnenschutzvorrichtungen

7100: aus dem Bauteilbezug, ohne Sonnenschutz

Sonnenschutz-Aktivierung f = feststehend, m = manuell, z = zeitgesteuert, s = strahlungsabhängig

Berechnung von $g_{tot,13363}$ -Werten nach EN 13363-1 mit $\tau_{e,B}$ und $\rho_{e,B}$ nach DIN V 18599-2, Tab.8 sowie den Parametern $G1 = 5$, $G2 = 10$ und $G3 = 30$

$g_{eff} = F_S \cdot F_w \cdot F_v \cdot g_{tot}$ = wirksamer Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung

g_{tot} = g-Wert der Verglasung inklusive Sonnenschutz (Tab.8, ohne Sonnenschutz gilt $g_{tot} = g_{\perp}$)

Bewegliche Sonnenschutzvorrichtungen in Nichtwohnzonen werden parallel zur baulichen Verschattung mit

$g_{eff} = F_w \cdot F_v \cdot (a \cdot g_{tot} + (1-a) \cdot g_{\perp})$ bewertet (Gl. 115), der kleinere Wert g_{eff} ist maßgebend

a_{wi} / a_{so} = Parameter (0..1) für die zeitliche Aktivierung der Sonnenschutzvorrichtung nach Tab A.4 / A.5

4.2 Solare Wärmeeinträge über opake Hüllflächen

Hüllfläche	Zone	A m ²	U W/(m ² K)	α	h_r W/(m ² K)	$I_{S,Jul}$ W/m ²	$Q_{S,Jul}$ kWh/d
6 F 0201 FAW N-W NW	5	4,1	0,28	0,50	4,50	95	0,0
7 F 0210 FAW N-O NO	5	21,0	0,28	0,50	4,50	112	0,2
8 F 0211 FAW N-W NW	5	3,9	0,28	0,50	4,50	95	0,0
12 F 0310 FAW N-W NW	6	5,8	0,28	0,50	4,50	95	0,0
15 F 0401 FAW N-W NW	3	5,8	0,28	0,50	4,50	95	0,0
16 F 0419 FAW N-W NW	3	9,9	0,28	0,50	4,50	95	0,1
20 F 0501 FAW S-W SW	8	35,0	0,28	0,50	4,50	120	0,4
21 F 0508 FAW N-W NW	8	9,6	0,28	0,50	4,50	95	0,1
24 F 0608 FAW N-W NW	3	2,4	0,28	0,50	4,50	95	0,0
28 F 0902 FAW S-O SO	2	24,3	0,28	0,50	4,50	132	0,3
29 F 0903 FAW N-O NO	2	10,6	0,28	0,50	4,50	112	0,1
32 T 0903 FAW N-O NO	2	6,2	1,80	0,50	4,50	112	0,4
34 F 1001 FAW S-W SW	2	10,6	0,28	0,50	4,50	120	0,1
35 F 1002 FAW S-O SO	2	20,4	0,28	0,50	4,50	132	0,2
38 T 1001 FAW S-W SW	2	6,2	1,80	0,50	4,50	120	0,4
40 F 1107 FAW N-O NO	3	27,8	0,28	0,50	4,50	112	0,3
41 F 1108 FAW N-W NW	3	7,1	0,28	0,50	4,50	95	0,0
43 F 1201 FAW N-W NW	3	7,1	0,28	0,50	4,50	95	0,0
44 F 1202 FAW S-W SW	3	27,8	0,28	0,50	4,50	120	0,3
46 F 1320 FAW N-W NW	3	17,3	0,28	0,50	4,50	95	0,1
48 F 1404 FAW N-W NW	5	1,6	0,28	0,50	4,50	95	0,0
50 F 1504 FAW N-W NW	4	5,8	0,28	0,50	4,50	95	0,0
52 F 1600 FD	2	53,7	0,20	0,50	4,50	210	0,6
53 F 1601 FAW S-W SW	2	16,0	0,28	0,50	4,50	120	0,2
54 F 1603 FAW N-O NO	2	16,0	0,28	0,50	4,50	112	0,1
57 F 1700 FD	2	37,9	0,20	0,50	4,50	210	0,4
58 F 1701 FAW S-W SW	2	16,0	0,28	0,50	4,50	120	0,2
59 F 1703 FAW N-O NO	2	16,0	0,28	0,50	4,50	112	0,1
62 F 1802 FAW S-O SO	2	23,4	0,28	0,50	4,50	132	0,3
63 F 1803 FAW N-O NO	2	10,9	0,28	0,50	4,50	112	0,1
66 F 1901 FAW S-W SW	2	10,9	0,28	0,50	4,50	120	0,1
67 F 1902 FAW S-O SO	2	20,5	0,28	0,50	4,50	132	0,2
70 F 2009 FD	3	67,4	0,20	0,50	4,50	210	0,8
71 F 2007 FAW N-O NO	3	28,3	0,28	0,50	4,50	112	0,3
72 F 2008 FAW N-W NW	3	7,7	0,28	0,50	4,50	95	0,1
74 F 2109 FD	3	67,4	0,20	0,50	4,50	210	0,8
75 F 2101 FAW N-W NW	3	7,7	0,28	0,50	4,50	95	0,1
76 F 2102 FAW S-W SW	3	28,3	0,28	0,50	4,50	120	0,3
78 F 2221 FD	3	227,2	0,20	0,50	4,50	210	2,6
79 F 2220 FAW N-W NW	3	18,9	0,28	0,50	4,50	95	0,1
81 F 2305 FD	5	14,9	0,20	0,50	4,50	210	0,2
82 F 2304 FAW N-W NW	5	3,6	0,28	0,50	4,50	95	0,0

84	F	2405	FD	-	4	54,9	0,20	0,50	4,50	210	0,6
85	F	2404	FAW N-W	NW	4	4,5	0,28	0,50	4,50	95	0,0
87	F	2505	FD	-	2	53,7	0,20	0,50	4,50	210	0,6
88	F	2501	FAW S-W	SW	2	16,7	0,28	0,50	4,50	120	0,2
89	F	2503	FAW N-O	NO	2	16,7	0,28	0,50	4,50	112	0,2
92	F	2605	FD	-	2	37,9	0,20	0,50	4,50	210	0,4
93	F	2601	FAW S-W	SW	2	16,7	0,28	0,50	4,50	120	0,2
94	F	2603	FAW N-O	NO	2	16,7	0,28	0,50	4,50	112	0,2
97	F	2723	FD	-	2	149,1	0,20	0,50	4,50	210	1,7
98	F	2702	FAW S-O	SO	2	25,2	0,28	0,50	4,50	132	0,3
99	F	2703	FAW N-O	NO	2	11,8	0,28	0,50	4,50	112	0,1
102	F	2814	FD	-	2	134,0	0,20	0,50	4,50	210	1,5
103	F	2801	FAW S-W	SW	2	11,8	0,28	0,50	4,50	120	0,1
104	F	2802	FAW S-O	SO	2	22,3	0,28	0,50	4,50	132	0,3
107	F	2905	FD	-	1	7,3	0,35	0,50	4,50	210	0,1
108	F	2901	FAW S-W	SW	1	2,4	0,35	0,50	4,50	120	0,0
109	F	2902	FAW S-O	SO	1	2,3	0,35	0,50	4,50	132	0,0
110	F	2903	FAW N-O	NO	1	2,4	0,35	0,50	4,50	112	0,0
111	F	2904	FAW N-W	NW	1	2,3	0,35	0,50	4,50	95	0,0
112	F	3002	FAW N-W	NW	7	3,3	0,28	0,50	4,50	95	0,0
115	F	3103	FAW N-O	NO	9	13,9	0,28	0,50	4,50	112	0,1
117	F	3407	FD	-	9	23,7	0,20	0,50	4,50	210	0,3

1.592,6

17,7

$$Q_{S,op} = R_{se} * U * A * (\alpha * I_S - F_f * h_r * \Delta\theta_{er}) * t \quad (\text{DIN V 18599-2, Gl.117})$$

α = Strahlungs-Absorptionsgrad (Tab.9), abhängig von der Bauteiloberfläche

I_S = globale Sonneneinstrahlung, jahreszeit-, neigungs- und orientierungsabhängig [W/m²]

F_f = Formfaktor zwischen Bauteil und Himmel (bis 45° Neigung = 1, über 45° = 0.50)

h_r = äußerer Abstrahlungskoeffizient, Regelwert = 5 * Emissionsgrad = 5 * 0.9 = 4.5 W/(m²K)

$\Delta\theta_{er}$ = scheinbare, mittlere Temperaturdifferenz zwischen Bauteil und Himmel (10 °K)

4.3 solare Wärmegewinne

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh
über Fenster ...								
<1> 18-Aufzug/	-	-	-	-	-	-	-	-
<2> 19-TRH/ Fl	14.904	12.115	4.249	3.095	6.451	5.148	12.355	158.074
<3> 08-Klassen	3.120	1.770	795	442	695	1.028	2.402	38.378
<4> 16-Sanitär	386	219	98	55	86	127	297	4.747
<5> 20-Lager/	522	296	133	74	116	172	402	6.422
<6> 14-Lehrküc	295	167	75	42	66	97	227	3.624
<7> 08-Werkrau	169	96	43	24	38	56	130	2.080
<8> 08-Werkrau	377	214	96	54	84	124	291	4.643
<9> 20-Lager/T	-	-	-	-	-	-	-	-
<10> 16-Behind	-	-	-	-	-	-	-	-
über opake ...								
<1> 18-Aufzug/	3	1	-	-	0	-	1	45
<2> 19-TRH/ Fl	125	46	-	-	3	-	57	1.709
<3> 08-Klassen	56	8	-	-	-	-	16	949
<4> 16-Sanitär	6	-	-	-	-	-	1	112
<5> 20-Lager/	3	-	-	-	-	-	0	65
<6> 14-Lehrküc	0	-	-	-	-	-	-	5
<7> 08-Werkrau	0	-	-	-	-	-	-	3
<8> 08-Werkrau	9	5	-	-	-	-	6	90
<9> 20-Lager/T	3	-	-	-	-	-	0	60
<10> 16-Behind	-	-	-	-	-	-	-	-
	19.978	14.937	5.490	3.786	7.539	6.752	16.186	221.006

5.0 Interne Wärme- und Kältequellen (DIN V 18599-2)

Zone	A_B m²	$q_{l,p}$ kWh/d	$q_{l,fac}$ kWh/d	$q_{l,g}$ kWh/d	q_l kWh/d
------	-------------	--------------------	----------------------	--------------------	----------------

<1> 18-Aufzug/ Schacht	11	-	-	0,0	0,0
<2> 19-TRH/ Flur	797	-	-	0,0	0,0
<3> 08-Klassenzimmer/ DIF.	868	86,8	17,4	0,0	104,2
<4> 16-Sanitär	98	-	-	0,0	0,0
<5> 20-Lager/ Technik	80	-	-	0,0	0,0
<6> 14-Lehrküche	67	3,8	121,3	0,0	125,1
<7> 08-Werkraum	40	4,0	0,8	0,0	4,8
<8> 08-Werkraum belüftet	83	8,3	1,7	0,0	10,0
<9> 20-Lager/Technik belüfte	53	-	-	0,0	0,0
<10> 16-Behind.-WC	7	-	-	0,0	0,0

⇒ WE-Betrieb ...

<1> 18-Aufzug/ Schacht	-	-	0,0	0,0
<2> 19-TRH/ Flur	-	-	0,0	0,0
<3> 08-Klassenzimmer/ DIF.	-	-	0,0	0,0
<4> 16-Sanitär	-	-	0,0	0,0
<5> 20-Lager/ Technik	-	-	0,0	0,0
<6> 14-Lehrküche	-	-	0,0	0,0
<7> 08-Werkraum	-	-	0,0	0,0
<8> 08-Werkraum belüftet	-	-	0,0	0,0
<9> 20-Lager/Technik belüfte	-	-	0,0	0,0
<10> 16-Behind.-WC	-	-	0,0	0,0

ungeregelte Wärmeeinträge im Januar

Zone	Leuchtenabluft m³/hW	Q _{I,L} kWh/d	Q _{I,h} kWh/d	Q _{I,w} kWh/d	Q _{I,rV} kWh/d
<1> 18-Aufzug/ Schacht	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0
<2> 19-TRH/ Flur	0,0	7,8	6,3	0,0	0,0
<3> 08-Klassenzimmer/ DIF.	0,0	24,8	6,8	0,0	0,0
<4> 16-Sanitär	0,0	4,6	0,8	0,0	0,0
<5> 20-Lager/ Technik	0,0	0,3	0,6	0,0	0,0
<6> 14-Lehrküche	0,0	14,5	0,5	0,2	0,0
<7> 08-Werkraum	0,0	0,8	0,3	0,0	0,0
<8> 08-Werkraum belüftet	0,0	1,7	0,7	0,2	0,0
<9> 20-Lager/Technik belüftet	0,0	0,3	0,4	0,0	0,0
<10> 16-Behind.-WC	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

A_B = Bezugsfläche für die internen Wärmequellen / -senken

q_{I,p} = durchschnittliche, tägliche Wärmeabgabe von Personen (Gl.125)

q_{I,fac} = durchschnittliche, tägliche Wärmeabgabe von Geräten und Maschinen

Q_{I,g} = Q_{I,goods} = täglicher Wärmeeintrag durch Stofftransporte

Q_I = Summe der internen Wärmequellen / -senken, Tageswert

Leuchtenabluft = Volumenstrom des Leuchten-Abluftsystems (0 = ohne Abluft)

Q_{I,L} = Wärmeeinträge durch künstliche Beleuchtung, berücksichtigt vorhandene Abluftsysteme

Q_{I,h} = unregelmäßige Wärmeeinträge der Heizungsanlage, siehe Heizsysteme

Q_{I,w} = unregelmäßige Wärmeeinträge der Warmwasserversorgung, siehe Warmwassersysteme

Q_{I,rV} = unregelmäßige Wärmeeinträge durch die Lüftungsanlage

6.0 Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (DIN V 18599-2)

Betrachtungsmonat Januar

Q_{source} im WE-Betrieb mit anteiligen Wärmeeinträgen aus dem Heizsystem nach Abs.6.5.6

Zone	Σ H _T W/K	Σ H _V W/K	Σ H _{V,mech} W/K	Q _{sink} kWh/d	Q _{source} kWh/d	γ kWh/d
<1> 18-Aufzug/ Schacht	46	11	0	21	0	0,007
<2> 19-TRH/ Flur	1498	227	0	816	223	0,273
<3> 08-Klassenzimmer/ DIF.	718	159	1024	541	159	0,295
<4> 16-Sanitär	79	16	272	78	8	0,107
<5> 20-Lager/ Technik	99	19	0	57	5	0,084
<6> 14-Lehrküche	67	15	1287	191	143	0,748
<7> 08-Werkraum	36	47	0	39	7	0,188
<8> 08-Werkraum belüftet	98	20	98	67	15	0,229
<9> 20-Lager/Technik belüfte	11	9	0	11	1	0,072

<10> 16-Behind.-WC 1 21 0 10 0 0,007

Zone	C _{wirk} Wh/ (m²K)	H W/K	τ h	a -	η -	η _{WE}
<1> 18-Aufzug/ Schacht	50	58	9,56	1,60	1,000	1,000
<2> 19-TRH/ Flur	50	1724	23,10	2,44	0,969	0,958
<3> 08-Klassenzimmer/ DIF.	50	1901	22,84	2,43	0,963	1,000
<4> 16-Sanitär	50	367	13,40	1,84	0,985	1,000
<5> 20-Lager/ Technik	50	118	33,72	3,11	1,000	0,999
<6> 14-Lehrküche	50	1368	2,46	1,15	0,612	1,000
<7> 08-Werkraum	50	83	24,46	2,53	0,988	1,000
<8> 08-Werkraum belüftet	50	217	19,19	2,20	0,970	1,000
<9> 20-Lager/Technik belüfte	50	20	133,20	9,32	1,000	1,000
<10> 16-Behind.-WC	50	21	16,42	2,03	1,000	1,000

Σ H_T = H_{T,D} + H_{T,s} + H_{T,iu} = Transmissionswärme-Transferkoeffizienten, H_{T,iz} siehe Q_{sink}

Σ H_V = Lüftungswärme-Transferkoeffizienten aus Infiltration und Fensterlüftung

Σ H_{V,mech} = Transferkoeffizient aus mechanischer Lüftung mit WRG ohne Kühlfunktion

Q_{sink} = Summe der Wärmesenken aus Transmission und Lüftung in der Gebäudezone

Q_{source} = Summe der solaren und internen Wärmequellen in der Gebäudezone

γ = Q_{source} / Q_{sink} = Verhältnis zwischen Wärmequellen und Wärmesenken

C_{wirk} = wirksame Wärmespeicherfähigkeit, Standardwert 50 bis maximal 130 Wh/(m²K) bei schweren Bauweisen mit normalen

Raumhöhen und ohne Innenverkleidungen, bezogen auf einen m² Grundfläche

τ = Zeitkonstante = C_{wirk} / H mit H = Transferkoeffizient der Gebäudezone aus Transmission und Lüftung

a = a₀ + τ / τ₀ = 1 + τ / 16 = numerischer Parameter

η = Ausnutzungsgrad = (1 - γ^a) / (1 - γ^{a+1}), bei γ=1 gilt η = a / (1+a), DIN V 18599 2 Gl. 142 / 143

η_{WE} = Ausnutzungsgrad im Wochenendbetrieb

7.0 Heizwärmebedarf (DIN V 18599-2)

Temperaturrandbedingungen

Außentemperaturen T_e im Monatsmittel für den Standort "4 Potsdam (Deutschland)"

Bilanzinnentemperaturen T_i nach Zonen siehe Nutzungsrandbedingungen

		Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
	d/m	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
T _e	°C	1,0	1,9	4,7	9,2	14,1	16,7	19,0	18,6	14,3	9,5	4,1	0,9

⇒ Zonen ...

T _{i,1}	°C	16,1	16,1	16,3	16,6	16,8	17,0	17,1	17,1	16,8	16,6	16,3	16,1
T _{i,2}	°C	19,9	20,0	20,1	20,4	20,6	20,8	20,9	20,9	20,6	20,4	20,1	19,9
T _{i,3}	°C	19,5	19,6	19,8	20,1	20,5	20,7	20,9	20,8	20,5	20,1	19,7	19,5
T _{i,4}	°C	19,9	19,9	20,1	20,3	20,6	20,8	20,9	20,9	20,6	20,4	20,0	19,9
T _{i,5}	°C	20,0	20,0	20,2	20,4	20,6	20,8	20,9	20,9	20,7	20,4	20,1	20,0
T _{i,6}	°C	20,0	20,1	20,2	20,4	20,7	20,8	20,9	20,9	20,7	20,4	20,2	20,0
T _{i,7}	°C	19,5	19,6	19,8	20,1	20,5	20,7	20,9	20,8	20,5	20,2	19,8	19,5
T _{i,8}	°C	19,5	19,6	19,8	20,1	20,5	20,7	20,8	20,8	20,5	20,1	19,7	19,5
T _{i,9}	°C	20,3	20,3	20,4	20,6	20,8	20,8	20,9	20,9	20,8	20,6	20,4	20,3
T _{i,10}	°C	19,9	19,9	20,1	20,3	20,6	20,8	20,9	20,9	20,6	20,4	20,1	19,9

⇒ WE-Betrieb ...

T _{i,1}	°C	13,8	14,0	14,6	15,5	16,4	16,9	17,4	17,3	16,5	15,5	14,5	13,8
T _{i,2}	°C	17,1	17,3	17,9	18,7	19,7	20,2	20,6	20,5	19,7	18,8	17,7	17,1
T _{i,3}	°C	17,3	17,5	18,0	18,8	19,7	20,2	20,6	20,6	19,8	18,9	17,9	17,3
T _{i,4}	°C	17,3	17,5	18,0	18,8	19,7	20,2	20,6	20,6	19,8	18,9	17,9	17,3
T _{i,5}	°C	17,2	17,4	17,9	18,8	19,7	20,2	20,6	20,5	19,7	18,8	17,8	17,2
T _{i,6}	°C	17,3	17,4	18,0	18,8	19,7	20,2	20,6	20,6	19,7	18,9	17,8	17,2
T _{i,7}	°C	17,3	17,5	18,0	18,8	19,7	20,2	20,6	20,6	19,8	18,9	17,9	17,3
T _{i,8}	°C	17,2	17,4	17,9	18,8	19,7	20,2	20,6	20,5	19,7	18,8	17,8	17,2

$T_{i,9}$ °C 17,9 18,0 18,4 19,1 19,9 20,3 20,7 20,6 19,9 19,2 18,3 17,8
 $T_{i,10}$ °C 18,2 18,3 18,7 19,4 20,0 20,4 20,7 20,7 20,1 19,4 18,6 18,2

7.1 Zone <1> 18-Aufzug/ Schacht

Ausnutzungsgrade für Wärmequellen η_{source} siehe Abs.6.0

Monatliche Heizzeiten t_h nach DIN V 18599-2, D.2, bei mehreren Zonen im Heizbereich die maximale Heizzeit, siehe "Heizsysteme".

Der Übertrag gespeicherter Wärme zwischen Regel- und WE-Betrieb $\Delta Q_{C,b,WE}$ wird berücksichtigt

Regelbetrieb (68,5%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 16,1$ °C und $Q_I = 0,0$ kWh/d
 Wochenendbetrieb (31,5%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 13,8$ °C und $Q_I = 0,0$ kWh/d

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,993	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	0,801
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,996	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000		0,801
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	3	7	9	10	10	9	10	68
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	8.064
$Q_{h,b,RE}$	kWh	72	213	355	455	452	385	347	2.569
$Q_{h,b,WE}$	kWh	25	74	127	166	164	139	123	916
Q_T	kWh	81	232	386	497	494	421	380	2.822
Q_V	kWh	20	57	96	123	123	105	94	701
Q_S^*	kWh	3	1	-	-	0	-	1	27
Q_I^*	kWh	1	2	3	4	4	3	3	24

$\eta_{\text{source}} / \eta_{\text{source,WE}}$ = Ausnutzungsgrade für solare und interne Wärmegewinne im Regel- / WE-Betrieb

$\Delta Q_{C,b,WE}$ = Übertrag gespeicherter Wärme zwischen Regel- und WE-Betrieb ($t_{\text{nutz}} < 365$)

monatliche Heizzeit t_h nach Anhang D, Transmissionsverluste Q_T und Lüftungsverluste Q_V

solare Wärmegewinne $Q_S^* = Q_S \cdot \eta$ und interne Wärmegewinne $Q_I^* = Q_I \cdot \eta$

Heizwärmebedarf $Q_{h,b} = Q_T + Q_V - Q_S^* - Q_I^*$ mit dem Ausnutzungsgrad η

7.2 Zone <2> 19-TRH/ Flur

Regelbetrieb (68,5%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,9$ °C und $Q_I = 0,0$ kWh/d
 Wochenendbetrieb (31,5%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,1$ °C und $Q_I = 0,0$ kWh/d

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,576	0,773	0,980	0,993	0,969	0,974	0,857	0,657
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,410	0,702	0,973	0,991	0,958	0,964	0,808	0,588
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	1.911	706	683	706	706	637	706	13.387
t_h	h	493	744	720	744	744	672	744	5.797
$Q_{h,b,RE}$	kWh	1.295	3.704	11.229	15.053	12.812	11.343	6.787	66.533
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	363	3.355	4.881	3.864	3.417	1.442	17.323
Q_T	kWh	6.517	11.559	16.439	20.204	20.103	17.340	16.384	135.566
Q_V	kWh	987	1.750	2.489	3.059	3.044	2.625	2.481	20.526
Q_S^*	kWh	7.869	9.125	4.155	3.071	6.231	4.997	10.445	79.214
Q_I^*	kWh	77	145	301	406	347	285	194	1.977

7.3 Zone <3> 08-Klassenzimmer/ DIF.

Regelbetrieb (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,5$ °C und $Q_I = 104,2$ kWh/d
 Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,3$ °C und $Q_I = 0,0$ kWh/d

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
-------	--	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------

η_{source}		0,714	0,852	0,947	0,966	0,963	0,953	0,905	0,697
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,836	0,995	1,000	1,000	1,000	1,000	0,996	0,753
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	1.471	769	744	769	769	695	769	8.725
t_h	h	219	744	720	744	744	672	744	5.253
$Q_{h,b,RE}$	kWh	663	2.416	4.991	6.805	6.629	5.444	4.151	32.726
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	1.195	2.812	3.829	3.691	2.956	2.031	16.564
Q_T	kWh	3.033	5.379	7.650	9.402	9.355	8.070	7.624	63.087
Q_V	kWh	431	1.713	3.007	3.966	3.875	3.291	2.855	18.796
Q_S^*	kWh	2.443	1.630	772	434	681	1.001	2.288	21.258
Q_I^*	kWh	1.469	1.875	2.165	2.406	2.317	2.019	2.013	18.510

7.4 Zone <4> 16-Sanitär

Regelbetrieb (68,5%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,9$ °C und $Q_I = 0,0$ kWh/d
 Wochenendbetrieb (31,5%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,3$ °C und $Q_I = 0,0$ kWh/d

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,744	0,930	0,979	0,987	0,985	0,979	0,945	0,782
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,796	0,996	1,000	1,000	1,000	1,000	0,994	0,734
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	108	87	84	87	87	79	87	994
t_h	h	193	744	720	744	744	672	744	5.054
$Q_{h,b,RE}$	kWh	89	594	1.146	1.528	1.489	1.238	984	7.543
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	55	185	263	251	196	116	1.067
Q_T	kWh	346	613	872	1.072	1.067	920	869	7.192
Q_V	kWh	16	332	656	893	868	731	610	3.484
Q_S^*	kWh	298	208	97	54	85	125	286	2.951
Q_I^*	kWh	63	91	111	133	120	100	92	939

7.5 Zone <5> 20-Lager/ Technik

Regelbetrieb (68,5%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 20,0$ °C und $Q_I = 0,0$ kWh/d
 Wochenendbetrieb (31,5%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,2$ °C und $Q_I = 0,0$ kWh/d

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,895	0,987	0,999	1,000	1,000	0,998	0,985	0,768
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,787	0,978	0,999	1,000	0,999	0,998	0,975	0,714
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	132	71	68	71	71	64	71	1.006
t_h	h	493	744	720	744	744	672	744	5.878
$Q_{h,b,RE}$	kWh	175	519	898	1.150	1.116	917	717	5.969
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	97	256	355	340	268	170	1.486
Q_T	kWh	432	766	1.090	1.339	1.332	1.149	1.086	8.985
Q_V	kWh	84	149	211	260	258	223	211	1.743
Q_S^*	kWh	451	291	133	74	116	172	395	3.673
Q_I^*	kWh	5	10	21	29	26	22	15	143

7.6 Zone <6> 14-Lehrküche

Regelbetrieb (82,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 20,0$ °C und $Q_I = 125,1$ kWh/d
 Wochenendbetrieb (17,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,3$ °C und $Q_I = 0,0$ kWh/d

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,111	0,366	0,548	0,618	0,612	0,593	0,516	0,334

$\eta_{\text{source,WE}}$		0,881	0,991	1,000	1,000	1,000	1,000	0,992	0,772
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	48	60	58	60	60	54	60	537
t_h	h	-	447	720	744	744	672	744	4.398
$Q_{h,b,RE}$	kWh	-	576	1.762	2.726	2.632	2.138	1.536	11.839
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	12	73	109	104	80	44	422
Q_T	kWh	299	531	755	927	923	796	752	6.222
Q_V	kWh	-103	1.436	3.026	4.163	4.048	3.395	2.789	14.705
Q_S^*	kWh	73	80	47	29	45	65	136	956
Q_I^*	kWh	380	1.299	1.899	2.228	2.191	1.908	1.826	13.954

7.7 Zone <7> 08-Werkraum

Regelbetrieb (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,5$ °C und $Q_I = 4,8$ kWh/d
 Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,3$ °C und $Q_I = 0,0$ kWh/d

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,849	0,946	0,982	0,989	0,988	0,984	0,964	0,802
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,816	0,992	1,000	1,000	1,000	1,000	0,993	0,796
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	76	36	35	36	36	32	36	401
t_h	h	395	744	720	744	744	672	744	5.981
$Q_{h,b,RE}$	kWh	124	254	425	543	538	452	383	3.009
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	64	147	200	193	155	107	873
Q_T	kWh	151	268	382	469	467	403	380	3.148
Q_V	kWh	132	233	332	408	406	350	331	2.737
Q_S^*	kWh	141	93	43	24	37	55	127	1.369
Q_I^*	kWh	76	91	100	110	105	92	93	929

7.8 Zone <8> 08-Werkraum belüftet

Regelbetrieb (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,5$ °C und $Q_I = 10,0$ kWh/d
 Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,2$ °C und $Q_I = 0,0$ kWh/d

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,648	0,877	0,956	0,972	0,970	0,961	0,918	0,733
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,826	0,989	1,000	1,000	1,000	0,999	0,990	0,777
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	45	74	71	74	74	67	74	830
t_h	h	483	744	720	744	744	672	744	5.824
$Q_{h,b,RE}$	kWh	54	358	682	908	888	737	583	4.531
$Q_{h,b,WE}$	kWh	21	200	411	546	529	431	318	2.521
Q_T	kWh	414	734	1.044	1.283	1.277	1.102	1.041	8.612
Q_V	kWh	63	202	342	446	437	372	327	2.242
Q_S^*	kWh	282	203	94	53	83	122	281	2.828
Q_I^*	kWh	121	176	202	227	216	186	185	1.774

7.9 Zone <9> 20-Lager/Technik belüftet

Regelbetrieb (68,5%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 20,3$ °C und $Q_I = 0,0$ kWh/d
 Wochenendbetrieb (31,5%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,9$ °C und $Q_I = 0,0$ kWh/d

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$\eta_{\text{source,WE}}$		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	24	42	45	47	47	42	47	398

t _h	h	493	744	720	744	744	672	744	7.366
Q _{h,b,RE}	kWh	79	148	195	230	229	199	194	1.570
Q _{h,b,WE}	kWh	-	3	19	32	32	25	16	128
Q _T	kWh	50	89	127	156	155	134	126	1.044
Q _V	kWh	39	68	97	119	119	103	97	802
Q _S *	kWh	3	-	-	-	-	-	0	60
Q _I *	kWh	6	9	15	20	19	16	12	129

7.10 Zone <10> 16-Behind.-WC

Regelbetrieb (68,5%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,9$ °C und $Q_I = 0,0$ kWh/d
 Wochenendbetrieb (31,5%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 18,2$ °C und $Q_I = 0,0$ kWh/d

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$\eta_{source,WE}$		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	2	4	6	6	6	6	6	47
t _h	h	493	510	493	744	744	460	510	6.469
Q _{h,b,RE}	kWh	69	122	173	211	210	182	173	1.427
Q _{h,b,WE}	kWh	-	-	-	1	1	-	-	2
Q _T	kWh	3	5	8	9	9	8	8	62
Q _V	kWh	66	117	167	205	204	176	166	1.375
Q _S *	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Q _I *	kWh	-	0	1	2	2	1	1	7

7.11 Summe Heizwärmebedarf

	Q _T kWh/a	Q _V kWh/a	Q _S *	Q _I *	Q _{h,b} kWh/a	Q _{h,b} kWh/(m²a)
<1> 18-Aufzug/ Scha	2.822	701	27	24	3.485	316,0
<2> 19-TRH/ Flur	135.566	20.526	79.214	1.977	83.856	105,3
<3> 08-Klassenzimme	63.087	18.796	21.258	18.510	49.291	56,8
<4> 16-Sanitär	7.192	3.485	2.951	939	8.610	87,5
<5> 20-Lager/ Techn	8.985	1.743	3.673	143	7.454	93,5
<6> 14-Lehrküche	6.222	14.705	956	13.954	12.261	182,0
<7> 08-Werkraum	3.148	2.737	1.369	929	3.882	96,0
<8> 08-Werkraum bel	8.612	2.243	2.828	1.774	7.052	84,8
<9> 20-Lager/Techni	1.044	802	60	129	1.698	32,1
<10> 16-Behind.-WC	62	1.375	-	7	1.430	203,7
	236.741	67.112	112.336	38.385	179.018	85,0

9.0 RLT-Systeme (DIN V 18599-3)

9.1 Gewählte RLT-Anlagen

Betrachtungsmonat Januar, $\theta_e = 1,0$ °C

Zone	Feuchteanf.	No Anlage	Komponenten	$\theta_{SUP,Jan}$ °C
<3> 08-Klassenzimmer/ DIF.	mT	202 RLT-Anlage	VE rec60	15,2
<4> 16-Sanitär	-	202 RLT-Anlage	VE rec60	15,2
<6> 14-Lehrküche	mT	202 RLT-Anlage	VE rec60	15,2
<8> 08-Werkraum belüftet	mT	202 RLT-Anlage	VE rec60	15,2
<9> 20-Lager/Technik belüft	-	000 RLT-Anlage	VE	2,9
<10> 16-Behind.-WC	-	000 RLT-Anlage	VE	2,9

Zone <3> RLT-Anlage (202) mit $V_{SUP/ETA} = 8030 / 8030$ m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, rec60

Zone <4> RLT-Anlage (202) mit $V_{SUP}/ETA = 1477 / 1477 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, rec60
 Zone <6> RLT-Anlage (202) mit $V_{SUP}/ETA = 6063 / 6063 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, rec60
 Zone <8> RLT-Anlage (202) mit $V_{SUP}/ETA = 769 / 769 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, rec60
 Zone <9> RLT Anlage (000) mit $V_{SUP}/ETA = 0 / 8 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig
 Zone <10> RLT-Anlage (000) mit $V_{SUP}/ETA = 0 / 105 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig

Feuchteanforderung $mT / oT = \text{mit} / \text{ohne Toleranz (Nutzungsrandbedingung)}$
 RLT-Anlagen nach DIN V 18599-3, Tabellen A.2 bis A.13 mit den Anlagenkomponenten
 VE = Ventilator, LH = Luftheizer, LK = Luftkühler, LBv / LBd = Verdunstungsbeefeuchter /
 Dampfbeefeuchter
 rec..% = Anlage mit ..% Wärmerückgewinnung, rec+ = Rückgewinnung Wärme + Feuchte
 θ_{SUP} mittlere Zulufttemperatur im Betrachtungsmonat nach Tab. 5/6

9.2 Strombedarf der Ventilatoren

	$V_{mech,m}$ m^3/h	$tv \cdot dy$ h/m	$P_{V,SUP}$ kW	$P_{V,ETA}$ kW	$W_{V,Jan}$ kWh
<3> 08-Klassenzimmer/ DIF.	8030	153	3,35	2,23	853
<4> 16-Sanitär	1477	276	0,62	0,41	283
<6> 14-Lehrküche	6063	382	2,53	1,68	1.609
<8> 08-Werkraum belüftet	769	153	0,32	0,21	82
<9> 20-Lager/Technik belüft	8	276	0,00	0,00	1
<10> 16-Behind.-WC	105	276	0,00	0,03	8

monatliche Werte	W_y [kWh]							
	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
<3> 08-Klassenz	825	853	825	853	853	770	853	10.039
<4> 16-Sanitär	274	283	274	283	283	256	283	3.331
<6> 14-Lehrküch	1.557	1.609	1.557	1.609	1.609	1.453	1.609	18.946
<8> 08-Werkraum	79	82	79	82	82	74	82	963
<9> 20-Lager/Te	1	1	1	1	1	0	1	6
<10> 16-Behind.	8	8	8	8	8	7	8	94
	2.743	2.835	2.743	2.835	2.835	2.561	2.835	33.379

$V_{mech,m}$ = Zuluft- / Abluft-Volumenstrom, Regelwert = Luftwechselzahl * Luftvolumen
 $tv \cdot dy$ = monatliche Betriebsstunden der RLT-Anlage = $\text{h/Tag} \cdot \text{Tage} \cdot \text{Nutzungsanteil im}$
 Regelbetrieb
 $P_{V,SUP} / P_{V,ETA}$ = elektrische Leistungsaufnahme [kW] der Zuluft- und Abluft-Ventilatoren
 W_y = Endenergiebedarf für die Luftförderung im Betrachtungsmonat (Hilfsenergie)

9.3 Zuluftkonditionierung (DIN V 18599-3)

eine Luftkonditionierung ist nicht vorgesehen

9.4 Energiebedarf für Zuluftvorwärmung

nicht vorgesehen

9.5 Energiebedarf für Zuluftkühlung

nicht vorgesehen

9.6 Energiebedarf für Dampfbefeuchtung

nicht vorgesehen

10.0 Beleuchtungssysteme (DIN V 18599-4)

10.1 Tageslichtbereiche

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden (38), mit Dachoberlichtern (0)
 Bezüge siehe DIN V 18599-4
 Der Verbauungsindex wird nach GEG '20, §25 vereinfacht mit $I_v = 0.9$ angenommen

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden

Tageslichtbereich	Zone	E_m lx	A_{TL} m^2	A_{RB} m^2	Tageslicht	CTL %
-------------------	------	----------------------	--------------------------	--------------------------	------------	------------

1	A	0201	FAW	N-W	N-W	5	100	13,9	23,5	gut	99
2	A	0211	FAW	N-W	N-W	5	100	12,9	9,5	gut	98
3	A	0310	FAW	N-W	N-W	6	500	64,5	32,7	gut	85
4	A	0401	FAW	N-W	N-W	3	300	44,4	32,9	gut	97
5	A	0419	FAW	N-W	N-W	3	300	92,5	56,4	gut	96
6	A	0508	FAW	N-W	N-W	8	300	87,9	42,0	gut	94
7	A	0608	FAW	N-W	N-W	3	300	28,5	13,9	gut	94
8	A	0902	FAW	S-O	S-O	2	100	113,6	112,5	gut	93
9	W	0903	FAW	N-O	N-O	2	100	4,6	1,9	gut	95
10	W	1001	FAW	S-W	S-W	2	100	4,6	1,9	gut	91
11	A	1002	FAW	S-O	S-O	2	100	114,3	117,2	gut	93
12	A	1108	FAW	N-W	N-W	3	300	43,4	23,3	gut	95
13	A	1201	FAW	N-W	N-W	3	300	43,4	23,3	gut	95
14	A	1320	FAW	N-W	N-W	3	300	135,3	75,1	gut	96
15	A	1404	FAW	N-W	N-W	5	100	8,3	7,2	gut	98
16	A	1504	FAW	N-W	N-W	4	200	43,8	25,0	gut	96
17	A	1601	FAW	S-W	S-W	2	100	43,3	28,7	gut	92
18	A	1603	FAW	N-O	N-O	2	100	43,3	28,7	gut	97
19	A	1701	FAW	S-W	S-W	2	100	27,6	28,7	gut	93
20	A	1703	FAW	N-O	N-O	2	100	27,6	28,7	gut	99
21	A	1802	FAW	S-O	S-O	2	100	113,6	85,5	gut	93
22	W	1803	FAW	N-O	N-O	2	100	4,6	4,0	gut	98
23	W	1901	FAW	S-W	S-W	2	100	4,6	4,0	gut	93
24	A	1902	FAW	S-O	S-O	2	100	114,3	89,1	gut	93
25	A	2008	FAW	N-W	N-W	3	300	43,4	23,3	gut	95
26	A	2101	FAW	N-W	N-W	3	300	43,4	23,3	gut	95
27	A	2220	FAW	N-W	N-W	3	300	135,3	75,1	gut	96
28	A	2304	FAW	N-W	N-W	5	100	12,5	14,3	gut	99
29	A	2404	FAW	N-W	N-W	4	200	31,3	17,9	gut	96
30	A	2501	FAW	S-W	S-W	2	100	43,3	28,7	gut	92
31	A	2503	FAW	N-O	N-O	2	100	43,3	28,7	gut	97
32	A	2601	FAW	S-W	S-W	2	100	27,6	28,7	gut	93
33	A	2603	FAW	N-O	N-O	2	100	27,6	28,7	gut	99
34	A	2702	FAW	S-O	S-O	2	100	113,6	85,5	gut	93
35	W	2703	FAW	N-O	N-O	2	100	4,6	3,3	gut	98
36	W	2801	FAW	S-W	S-W	2	100	4,6	3,3	gut	93
37	A	2802	FAW	S-O	S-O	2	100	114,3	89,1	gut	93
38	A	3002	FAW	N-W	N-W	7	300	38,5	18,8	gut	94

tageslichtversorgte Flächen nach Zonen

Zone	ANGF [m²]	ATL [m²]	AKTL [m²]
<1> 18-Aufzug/ Schacht	11	-	11
<2> 19-TRH/ Flur	797	995	-198
<3> 08-Klassenzimmer/ DI	868	609	259
<4> 16-Sanitär	98	75	23
<5> 20-Lager/ Technik	80	48	32
<6> 14-Lehrküche	67	64	3
<7> 08-Werkraum	40	39	2
<8> 08-Werkraum belüftet	83	88	-5
<9> 20-Lager/Technik bel	53	-	53
<10> 16-Behind.-WC	7	-	7

A_{TL} = tageslichtversorgte Fläche = $\alpha_{TL} \cdot b_{TL}$, bei Dachoberlichtern manueller Ansatz

mit α_{TL} = Tiefe des Tageslichtbereichs = $2.5 \cdot (h_{st} - h_{Ne})$, max. Raumtiefe, h_{st} = Sturzhöhe der Rohbauöffnungen, h_{Ne} = Höhe der Nutzebene über dem Fußboden, und b_{TL} = Breite des Tageslichtbereichs

A_{RB} = Fensterfläche (Rohbaumaße), E_m = Wartungswert der Beleuchtungsstärke (Zonenrandbedingung)
Tageslichtquotient $D_{RB} = \max[(4.13 + 20 \cdot I_{Tr} \cdot 1.36 \cdot I_{Rt}) \cdot I_V; 0]$ (Gl.30), bei

Dachoberlichtern $D_j = D_a \cdot \tau_{D65} \cdot k \cdot A_{RB} / A_{TL} \cdot \eta_R$ (Gl. 35), mit D_a = Außentageslichtquotient nach Tab.17, η_R = Raumwirkungsgrad nach Tab. 18 / 19

c_{TL} = Tageslichtversorgungsfaktor = $c_{TL,Vers,SNA} \cdot (1 - \tau_{rel,TL,SA}) + c_{TL,Vers,SA} \cdot \tau_{rel,TL,SA}$ (Gl.31)

c_{TL} bei Dachoberlichtern nach Tab.23/24, abhängig von der Dachneigung und Flächenorientierung

10.2 Teilbetriebsfaktoren Tageslicht

Bereich					CTL	CTL,kon	FTL	Jan %	Feb %	Mrz %	Apr %	Mai %	Jun %
1	A	0201	FAW	N-W	5	99	60	50	42	37	34	31	31
2	A	0211	FAW	N-W	5	98	60	50	43	38	34	32	31
3	A	0310	FAW	N-W	6	85	57	59	53	49	46	44	43
4	A	0401	FAW	N-W	3	97	73	40	31	25	21	18	17
5	A	0419	FAW	N-W	3	96	73	40	32	26	21	19	18
6	A	0508	FAW	N-W	8	94	73	42	33	27	23	20	20
7	A	0608	FAW	N-W	3	94	73	41	33	27	23	20	19
8	A	0902	FAW	S-O	2	93	60	53	46	41	38	35	35
9	W	0903	FAW	N-O	2	95	60	51	45	39	36	34	33
10	W	1001	FAW	S-W	2	91	60	53	47	42	39	37	36
11	A	1002	FAW	S-O	2	93	60	53	46	41	38	35	35
12	A	1108	FAW	N-W	3	95	73	41	33	26	22	19	19
13	A	1201	FAW	N-W	3	95	73	41	33	26	22	19	19
14	A	1320	FAW	N-W	3	96	73	41	32	26	22	19	18
15	A	1404	FAW	N-W	5	98	60	50	43	38	34	32	31
16	A	1504	FAW	N-W	4	96	60	51	44	39	36	33	33
17	A	1601	FAW	S-W	2	92	60	53	46	41	38	36	35
18	A	1603	FAW	N-O	2	97	60	50	43	38	35	32	32
19	A	1701	FAW	S-W	2	93	60	53	46	41	38	35	35
20	A	1703	FAW	N-O	2	99	60	50	43	37	34	31	31
21	A	1802	FAW	S-O	2	93	60	53	46	41	38	36	35
22	W	1803	FAW	N-O	2	98	60	50	43	38	34	32	31
23	W	1901	FAW	S-W	2	93	60	53	46	41	38	35	35
24	A	1902	FAW	S-O	2	93	60	53	46	41	38	36	35
25	A	2008	FAW	N-W	3	95	73	41	33	26	22	19	19
26	A	2101	FAW	N-W	3	95	73	41	33	26	22	19	19
27	A	2220	FAW	N-W	3	96	73	41	32	26	22	19	18
28	A	2304	FAW	N-W	5	99	60	50	43	37	34	31	31
29	A	2404	FAW	N-W	4	96	60	51	44	39	36	33	33
30	A	2501	FAW	S-W	2	92	60	53	46	41	38	36	35
31	A	2503	FAW	N-O	2	97	60	50	43	38	35	32	32
32	A	2601	FAW	S-W	2	93	60	53	46	41	38	35	35
33	A	2603	FAW	N-O	2	99	60	50	43	37	34	31	31
34	A	2702	FAW	S-O	2	93	60	53	46	41	38	36	35
35	W	2703	FAW	N-O	2	98	60	50	43	38	34	32	31
36	W	2801	FAW	S-W	2	93	60	53	46	41	38	36	35
37	A	2802	FAW	S-O	2	93	60	53	46	41	38	36	35
38	A	3002	FAW	N-W	7	94	73	41	33	27	23	20	19

Kontrollsystem(e): manuell (REF), autark nicht ausschaltend

CTL,kon = Korrekturfaktor zur Berücksichtigung des tageslichtabhängigen Kontrollsystems
interpoliert nach Tab.25

FTL = Teilbetriebsfaktoren Tageslicht (Betriebszeitanteil Kunstlicht) nach Gl.39

FTL = $\max[1 - v_{\text{Monat}} * \text{CTL} * \text{CTL,kon}; 0]$, Verteilungsschlüssel v_{Monat} nach Tab.26 / 27

10.3 Kunstlichtversorgung

elektrische Anschlussleistung für Kunstlichtbereiche (9)
Tabellenverfahren, monatlich berechnet (Januar)

Bereich	Zone	Em lx	Lampen	pj W/m²	fPrä	tT,TL h/m	tT,KTL h/a	tN	Ql,b h/a	kWh/m
1 <1> 18-Aufzug/ Sc	1	100	1-1-2	3,6	0,14	0	369	30	1	
2 <2> 19-TRH/ Flur	2	100	1-1-2	5,3	0,24	27	610	50	164	
3 <3> 08-Klassenzim	3	300	1-1-2	9,3	0,88	38	1225	0	469	
4 <4> 16-Sanitär	4	200	1-1-2	10,6	0,55	61	1399	114	97	
5 <5> 20-Lager/ Tec	5	100	1-1-2	7,2	0,07	7	175	14	7	

6 <6> 14-Lehrküche	6	500	1-1-2	23,0	1,00	109	2411	1489	371
7 <7> 08-Werkraum	7	300	1-1-2	9,3	0,88	38	1225	0	16
8 <8> 08-Werkraum b	8	300	1-1-2	9,3	0,88	39	1225	0	32
9 <9> 20-Lager/Tech	9	100	1-1-2	7,2	0,07	0	175	14	6

1163

1-1-2 (1): stabförmige Leuchtstofflampen, Vorschaltgerät EVG elektronisch, direkt / indirekt, AKL = 2.308 m²

Präsenzmelder: Zonen 1/2/4/, Konstantlichtregelung: Zonen 3/6/7/8/

10.4 Endenergiebedarf für Beleuchtung Q_{l,f}

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh
<1> 18-Aufzug/	1	1	1	1	1	1	1	16
<2> 19-TRH/ Fl	133	151	167	194	164	134	134	1.670
<3> 08-Klassen	343	388	417	484	422	342	350	4.337
<4> 16-Sanitär	84	93	96	108	97	82	86	1.049
<5> 20-Lager/	6	6	7	7	7	6	6	73
<6> 14-Lehrküc	335	360	364	395	371	320	343	4.123
<7> 08-Werkrau	10	12	14	18	14	11	10	130
<8> 08-Werkrau	19	24	29	38	29	21	19	253
<9> 20-Lager/T	6	6	6	6	6	6	6	72
<10> 16-Behind	-	-	-	-	-	-	-	-
	937	1.041	1.102	1.252	1.111	921	955	11.722

p_j = elektrische Bewertungsleistung = $p_{j,lx} \cdot E_m \cdot k_{WF} \cdot k_A \cdot k_L \cdot k_{VB}$ W/m² (Gl.11)

mit k_{WF} / k_A / k_L / k_{VB} = Anpassungsfaktoren für Wartungszyklen / Sehaufgabe / Lampenart /

Beleuchtung vert. Flächen

$t_{T,TL}$ / $t_{T,KTL}$ = Betriebszeit der Beleuchtung mit / ohne Tageslichtversorgung zur Tagzeit

t_N = Betriebszeit der Beleuchtung zur Nachtzeit, t_{Nacht} / t_{Tag} siehe DIN V 18599 10

$Q_{l,b}$ = Nutzenergiebedarf für Beleuchtung = $p_j \cdot [A_{TL} \cdot (t_{Tag,TL} + t_{Nacht}) + A_{KTL} \cdot (t_{Tag,KTL} + t_{eff,Nacht})]$ (Gl.2)

$Q_{l,f} = \sum F_{t,n} \cdot \sum Q_{l,b} = Q_{i,L,elektr}$ = Endenergiebedarf für Beleuchtung nach Zonen (Gl.1)

11.0 Klimakältesysteme (DIN V 18599-7)

11.1 Kühlenergiebedarf

Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (Kühlbilanz)

Betrachtungsmonat Juli

Zone	Q _{sink}	Q _{source}	γ	c_{wirk}	τ	η
<1> 18-Aufzug/ Schacht	4	0	0,077	50,000	9,56	0,985
<2> 19-TRH/ Flur	124	637	5,129	50,000	23,10	0,192
<3> 08-Klassenzimmer/ DIF.	63	323	5,111	50,000	22,84	0,193
<4> 16-Sanitär	7	28	4,141	50,000	13,40	0,228
<5> 20-Lager/ Technik	9	33	3,893	50,000	33,72	0,254
<6> 14-Lehrküche	6	156	26,570	50,000	2,46	0,037
<7> 08-Werkraum	6	16	2,662	50,000	24,46	0,355
<8> 08-Werkraum belüftet	9	35	4,081	50,000	19,19	0,237
<9> 20-Lager/Technik belüfte	1	1	0,483	50,000	133,20	0,999
<10> 16-Behind.-WC	2	0	0,000	50,000	16,42	1,000

Kühlenergiebedarf

Zone	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Apr kWh	Mai kWh	Jun kWh	Jahr kWh
⇒ Q _{c,b} (Raumklima)								
<1> 18-Aufzug/	-	-	-	-	-	-	0	0
<2> 19-TRH/ Fl	12	115	77	1.097	5.864	8.197	10.079	53.008

<3> 08-Klassen	67	75	95	289	1.291	3.177	4.616	21.766
<4> 16-Sanitär	1	2	3	14	106	360	620	2.656
<5> 20-Lager/	-	-	0	4	82	291	476	1.793
<6> 14-Lehrküc	1.293	1.309	1.251	1.708	2.459	4.012	5.025	35.955
<7> 08-Werkrau	1	1	1	5	26	78	134	588
<8> 08-Werkrau	5	6	8	25	117	298	453	2.075
<9> 20-Lager/T	-	-	-	-	-	-	-	-
<10> 16-Behind	-	-	-	-	-	-	-	-

Kühlenergiebedarf der Raumklimasysteme $Q_{C,b}$

$Q_{C,b} = (1 - \eta) * Q_{source}$ mit $Q_{source} = (Q_T + Q_V + Q_S + Q_I)_{source}$ (T2, Gl.2, nur Regelbetrieb)
berechnet mit $\theta_{i,c} = \theta_{i,c,soll} - 2K$ (T2 Gl.39), c_{wirk} und Zeitkonstante τ siehe Abschnitt 6.0

11.2 Maximal erforderliche Kälteleistung $Q_{C,max}$

$Q_{C,max}$ nach DIN V 18599-2, Anhang C

Zone	$t_{c,op,d}$ h/d	$Q_{C,max,Jul}$ kW	$Q_{C,max,Sept}$ kW	techn. kW	gekühlt
<1> 18-Aufzug/ Schacht	13	0,0	-0,2	nein	
<2> 19-TRH/ Flur	13	140,5	141,6	nein	
<3> 08-Klassenzimmer/ DIF.	9	63,0	35,6	nein	
<4> 16-Sanitär	13	6,4	2,7	nein	
<5> 20-Lager/ Technik	13	7,6	4,1	nein	
<6> 14-Lehrküche	15	14,7	8,5	nein	
<7> 08-Werkraum	9	3,5	2,2	nein	
<8> 08-Werkraum belüftet	9	7,5	4,3	nein	
<9> 20-Lager/Technik belüft	13	0,0	-0,1	nein	
<10> 16-Behind.-WC	13	-0,1	-0,2	nein	
		243,1	198,5		

$Q_{C,max} = 0.8 * (Q_{source} - Q_{sink}) * (1 + 0.3 * \exp(-\tau/120) - c_{wirk}/60 * (\Delta\theta - 2) + c_{wirk}/40 * (12 / t_{c,op,d} - 1))$ (T2, C.1)

mit $t_{c,op,d}$ = tägliche Betriebsdauer der Kühlanlage und $\Delta\theta$ = zul. Temperaturschwankung, Regelwert = 2K

Für die Referenzberechnung werden in den Zonen nur 50% des Primärenergiebedarfs angerechnet (GEG A2)

Monat	Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jahr
-------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------

12.0 Warmwassersysteme (DIN V 18599-8)

12.1 Nutzenergiebedarf Warmwasser

Zone	Nutzung	$q_{w,b}$ kWh/d	je	Menge	$Q_{w,b,Jan}$ kWh/M
<1> 18-Aufzug/ Schac	nicht relevant				-
<2> 19-TRH/ Flur	nicht relevant				-
<3> 08-Klassenzimmer	nicht relevant				-
<4> 16-Sanitär	nicht relevant				-
<5> 20-Lager/ Techni	nicht relevant				-
<6> 14-Lehrküche	Schule ohne Dus	0,130	m² Klassenräu	67	223 c
<7> 08-Werkraum	nicht relevant				-
<8> 08-Werkraum belü	Schule ohne Dus	0,130	m² Klassenräu	83	184 c
<9> 20-Lager/Technik	nicht relevant				-
<10> 16-Behind.-WC	nicht relevant				-

$Q_{w,b} = q_{w,b} * d_{mth} * d_{nutz}/365 * Menge$ [kWh/Monat] (DIN V 18599-10)

c) Flächenbezug ist die Nettogrundfläche A_{NGF}

12.2 Eingesetzte Warmwassersysteme

Versorgungsbereich	Zonen (n)	f_{Zapf}	$Q_{w,b}$ kWh/Jahr
1 dezentrale WW-Versorgung 2	100% 6/8/	1,00	4.790

12.3 Verteilungsnetze

(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 6/8

Verteilungssystem: dezentral mit Erzeugern

Wärmedurchgangskoeffizient U_i , gedämmte Leitungen nach 1995 (REF)

mittlere Temperatur des Rohrabschnitts $\theta_{w,av}$ ohne Zirkulation

Umgebungstemperatur in der thermischen Hülle = Bilanzinnentemperatur

	Verteilung (V)	Stränge (S)	Stichltg. (St)
--	----------------	-------------	----------------

(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 6/8

Leitungslängen l_i 0 m 0 m 11 m

Wärmedurchgangskoeffizient U_i 0,255 W/(mK)

Warmwassertemperatur $\theta_{w,av}$ 26,3 °C

Umgebungstemperatur $\theta_{i,Jan}$ 20,0 °C

Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
-------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------

(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 6/8

$Q_{w,b}$ kWh	394	407	394	407	407	367	407	4.790
---------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-------

$Q_{w,d,St}$ kWh	10	10	10	11	11	10	11	121
------------------	----	----	----	----	----	----	----	-----

$Q_{w,d}$ kWh	10	10	10	11	11	10	11	121
---------------	----	----	----	----	----	----	----	-----

$Q_{I,w,d}$ kWh	10	10	10	11	11	10	11	121
-----------------	----	----	----	----	----	----	----	-----

Aufteilung $Q_{I,w,d}$: nach Grundflächenanteilen

$Q_{w,d}$ = Wärmeverluste des Rohrnetzes der Warmwasserverteilung nach DIN V 18599-8, Abs. 6.2

Leitungslängen der Verteilung (V), der Stränge (S) und der Stichleitungen (St) nach Tab.10 oder manuell

$Q_{I,w,d}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge durch die WW-Verteilung, siehe "interne Wärmegewinne"

$W_{w,d}$ = Hilfsenergiebedarf der Zirkulationspumpe

12.4 Warmwasserspeicher

(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 6/8

nicht vorhanden

12.5 Solaranlage zur Trinkwassererwärmung

nicht vorgesehen

12.6 Nutzwärmebedarf der Warmwassererzeugung

Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
-------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------

(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 6/8

$Q_{w,outg}$ kWh	403	417	404	418	418	377	418	4.911
------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-------

12.7 Wärmepumpen zur Trinkwassererwärmung

nicht vorgesehen

12.8 Wärmeerzeugung

(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 6/8
 Wärmeerzeuger 20 hydraulisch gesteuerter Elektro-Durchlauferhitzer 2,0 kW (Strom-Mix)
 Wirkungsgrad bei Nennwärmeleistung $\eta_{k,Pn} = 99,0 \%$, Bereitschaftswärmeverlust $q_{P0,70} = 0,0000$ kW

Nutzwärmeabgabe für Trinkwarmwasserbereitung $Q_{w,outg} = Q_{w,b} + Q_{w,d} + Q_{w,s}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 6/8									
$Q_{w,outg}$	kWh	403	417	404	418	418	377	418	4.911
$Q_{w,f}$	kWh	407	421	408	422	422	381	422	4.960

mit $Q_{w,outg}$ = Nutzwärmebedarf der Erzeugung, $Q_{w,f} = Q_{w,outg} + Q_{w,g}$ = Endenergiebedarf

12.9 Endenergie Warmwasserbereitung

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{w,outg}$	kWh	403	417	404	418	418	377	418	4.911
$Q_{w,f}$	kWh	407	421	408	422	422	381	422	4.960
$W_{w,f}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Strom-Mix	kWh	407	421	408	422	422	381	422	4.960
$Q_{I,w,<6>}$	kWh/d	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	
$Q_{I,w,<8>}$	kWh/d	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	

$Q_{w,outg} / Q_{w,f}$ = Nutz- / Endenergiebedarf für Warmwasserbereitung

$W_{w,f}$ = Hilfsenergiebedarf, $Q_{I,w}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge durch Leitungs /

Speicherverluste

Unregelmäßige Wärmeeinträge Q_I werden bei Bedarf flächengewichtet auf die Zonen aufgeteilt

13.0 Heizsysteme (DIN V 18599-5)

13.1 Maximal erforderliche Heizleistung $Q_{h,max}$

nach T2, Anhang B, Bemessungsmonat = Januar mit $\theta_{i,h,min}$ zonenbezogen und $\theta_{e,min} = -12^\circ\text{C}$

Zone	$Q_{T,max}$ kW	$Q_{V,max}$ kW	V_{mech} m³/h	$Q_{V,mech}$ kW	$\Phi_{h,max}$ kW
<1> 18-Aufzug/ Schacht	1,5	0,2	0	0,0	1,7
<2> 19-TRH/ Flur	47,9	3,6	0	0,0	51,6
<3> 08-Klassenzimmer/ DIF.	23,0	2,5	8037	35,0	60,5
<4> 16-Sanitär	2,5	0,3	1475	6,4	9,2
<5> 20-Lager/ Technik	3,2	0,3	0	0,0	3,5
<6> 14-Lehrküche	2,1	0,2	6055	26,4	28,7
<7> 08-Werkraum	1,1	0,7	0	0,0	1,9
<8> 08-Werkraum belüftet	3,1	0,3	768	3,3	6,8
<9> 20-Lager/Technik belüftet	0,4	0,1	0	0,0	0,5
<10> 16-Behind.-WC	0,0	0,3	0	0,0	0,4

$Q_{T,max}$ = Heizleistung zur Deckung der Transmissionswärmeverluste inklusive Wärmebrücken.

Wärmetransfer zu benachbarten

Zonen $Q_{T,iz}$ temperaturgewichtet mit $T_{i,min,H}$.

$Q_{V,max}$ = Heizleistung zur Deckung der Lüftungswärmeverluste aus Infiltration und Fensterlüftung

$V_{mech} = \eta_{mech,ZUL} * V$ = Mindestvolumenstrom der mechanischen Lüftungsanlage

$Q_{V,mech} = 0.34 * V_{mech} * (\theta_{i,h,min} - \theta_v)$ = Heizleistung für die Nacherwärmung der Zuluft (RLT mit WRG)

$\Phi_{h,max} = Q_{T,max} + Q_{V,max}$ = Heizleistung (T2 Gl.B.1)

13.2 Eingesetzte Heizsysteme

Anlage	Versorgungsbereich	Zone(n)	Q _{h,b} kWh/Jahr	Φ _{h,max} kW	Q _{N,h} kW
1 statische Zentralheizung (REF 2	100% *		179.018	164,7	181,1
* = 1/2/3/4/5/6/7/8/9/10/					

<1> hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, n<=10, 2-Rohr 55/45 °C, Heizkörper vor Außenwand, Raumtemperaturregelung P-Regler nicht zertifiziert, intermittierender Heizbetrieb nein, Einzelraumregelsystem ohne

Heizwärmebedarf nach Heizbereichen

Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Q _{h,b,<1>} kWh	2.664	10.966	29.241	39.992	36.165	30.702	20.224	179.018

Nutz-Heizwärmebedarf Q_{h,b} nach T2, maximale Heizleistung Φ_{h,max} (T2, Anhang B) und Kesselnennleistung Q_{N,h} nach T5, 5.4

13.3 Heizzeiten

(1) Bereich "statische Zentralheizung (REF '20)", Leitzzone <1> 18-Aufzug/ Schacht									
Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
t _{h,<1>}	h/m	720	744	720	744	744	672	744	8.064
t _{h,rL,d<1>}	h/d	13	13	16	18	17	17	16	
d _{h,rB<1>}	d/m	21	23	24	26	26	23	25	257
t _{h,rL<1>}	h/m	270	308	389	462	460	400	391	3.823

t_h = t_{h,Nutz} + t_{h,WE} = monatliche Heizzeiten nach DIN V 18599-2, D.2

t_{h,rL,day} = 24 - f_{L,NA} * (24 - t_{h,op,day}) (T5 Gl.24) mit

t_{h,op,day} = tägliche Heizzeit (Nutzungsrandbedingung) und f_{L,NA} = Laufzeitfaktor

d_{h,rB} = monatliche, rechnerische Betriebstage der Heizung (T5 Gl.28)

t_{h,rL} = t_{h,rL,day} * d_{h,rB} = monatliche, rechnerische Laufzeit

13.4 Heizwärmeübergabe

(1) statische Zentralheizung (REF '20)

hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, n<=10, 2-Rohr 55/45 °C, Heizkörper vor Außenwand, Raumtemperaturregelung P-Regler nicht zertifiziert, intermittierender Heizbetrieb nein, Einzelraumregelsystem ohne

Summe der Temperaturschwankungen Δθ_{ce} = (0,5+0,3)/2+1,2+0+0,2+0 = 1,80°K (T5 Gl.35)

Q_{h,ce} = Q_{h,b} * Δθ_{ce} / (T_{i,h} - T_e) (Gl.34) (15,7%)

Hilfsenergie der Wärmeübertragungsprozesse:

Nutzwärmebedarf, Verluste und Hilfsenergie der Wärmeübergabe

Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) statische Zentralheizung (REF '20)								
Q _{h,b} kWh	2.664	10.966	29.241	39.992	36.165	30.702	20.224	179.018
Q _{h,ce} kWh	1.884	2.792	4.328	4.743	4.316	3.883	3.140	28.151
ΣQ _{h,b+ce} kWh	4.548	13.758	33.569	44.735	40.481	34.585	23.364	207.169

Nutz-Heizwärmebedarf Q_{h,b} (nach T2), Regel- und WE-Betrieb

Verluste der Wärmeübergabe Q_{h,ce} = Q_{h,b} * Δθ_{ce} / (T_{i,h} - T_e) (monatlich, Gl.34)

Summe der Temperaturschwankungen $\Delta\theta_{ce}$ (Tab.9 ff) für hydraulischen Abgleich, Übergabesystem, Raumtemperaturregelung, Übertemperatur, spezifische Wärmeverluste der Außenbauteile, Strahlungswirkung, intermittierenden Heizbetrieb und Gebäudeautomation

13.5 Heizwärmeverteilung

Leitungslängen der Verteilung (V), der Stränge (S) und der Anbindeleitungen (A) nach Abs. 6.3

Hilfsenergiebedarf $W_{h,d}$ der Heizungspumpe

(1) statische Zentralheizung (REF '20)

System: (DIN V 18599-5:2018) Nutzungstyp "2 Schulen, Veranstaltungshallen", Netztyp 2 Etagenverteiltertyp, Leitungslängen nach Abs.6.3 mit $A_{Nutz,Heizbereich} = 2073,8 \text{ m}^2$, Geschosshöhe i.M. = 3,82 m, 3 Geschosse. manuell

Vor- / Rücklauftemperatur (Auslegung) $\theta_{VA} = 55 \text{ °C}$ / $\theta_{RA} = 45 \text{ °C}$, $T_{i,Soll,<1>} = 17,0 \text{ °C}$

Wärmedurchgangszahlen U_i nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 26 kPa (aus Rohrleitung, Erzeuger, Wärmemengenzähler, Strangarmaturen)

Korrekturfaktoren $f_{hydr. Abgleich} = 1,00$, $f_{Netzform} = 1,00$, $f_{d,Pumpenmanagement} = 1,00$

Heizungspumpe Δp konstant, bedarfsgerecht, P_{Pumpe} unbekannt

	Verteilung (V)	Stränge (S)	Anbindung (A)
(1) statische Zentralheizung (REF '20)			
Leitungslängen l_i	139,3 m	42,0 m	352,5 m
Wärmedurchgangszahlen U_i	0,200 W/(mK)	0,255 W/(mK)	0,255 W/(mK)
Umgebungstemperaturen $\theta_{i,i}$	13,0 °C	20,0 °C	20,0 °C

Mittlere Heizkreistemperaturen $\theta_{VL,av}$ (Vorlauf) und $\theta_{RL,av}$ (Rücklauf), Verluste der Verteilung

$Q_{h,d}$, daraus resultierende, unregelmäßige Wärmeeinträge $Q_{l,h,d}$ und Hilfsenergiebedarf $Q_{h,d,aux}$

Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) statische Zentralheizung (REF '20)								
$\beta_{h,d}$	0,04	0,11	0,28	0,37	0,33	0,31	0,19	
$\theta_{VL,av}$ °C	20,1	24,1	31,4	34,5	33,2	32,5	27,6	
$\theta_{RL,av}$ °C	19,3	22,2	27,6	29,9	29,0	28,5	24,8	
$Q_{h,d}$ kWh	41	184	550	815	746	617	389	3.459
$W_{h,d}$ kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
$Q_{l,h,d}$ kWh	-9	97	372	568	514	422	245	2.066

Leitungsverluste $Q_{h,d} = 1,7 \%$, unregelmäßige Wärmeeinträge $Q_{l,h,d} = 1,0 \%$

Aufteilung $Q_{l,h,d}$: nach Grundflächenanteilen

Mittlere Vorlauf-, Rücklauf- und Heizkreistemperaturen ($\theta_{VL,av}$, $\theta_{RL,av}$, $\theta_{HK,av}$) nach T5 Abs. 5.3

Belastungsgrad der Wärmeverteilung $\beta_{h,d}$ nach Gl.9

$Q_{h,d}$ = Wärmeverluste des Rohrnetzes = $\sum l_i \cdot U_i (\theta_{HK,m} - \theta_{I,i}) \cdot t_{h,rL,i}/1000$ [kWh] (Gl.52)

$Q_{l,h,d} = Q_{h,d}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge in Zonen mit innen liegenden Leitungen

$W_{h,d} = W_{h,d,hydr} \cdot e_{h,d,aux}$ = Hilfsenergiebedarf der Heizungspumpe (Gl.55)

mit $W_{h,d,hydr}$ = hydraulischer Energiebedarf (Gl.56) und $e_{h,d,aux}$ = Pumpen-Aufwandszahl (Gl.61)

13.6 Nutzwärmebedarf der Erzeugung

(1) statische Zentralheizung (REF '20)

Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
-------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------

Q_{h,out} kWh 4.590 13.942 34.120 45.550 41.226 35.202 23.753 210.628

Q_{h,out} = Q_{h,b} + Q_{h,ce} + Q_{h,d} in [kWh]

13.7 Heizwärmepufferspeicher
nicht vorgesehen

13.8 solare Heizungsunterstützung
nicht vorgesehen

13.9 Heizungswärmepumpen
nicht vorgesehen

13.10 Konventionelle Heizwärmeerzeuger

Heizbereiche (1)

(1) "statische Zentralheizung (REF '20)", Zonen 1/2/3/4/5/6/7/8/9/10 (A_{NGF} = 2.105 m²)
Heizung mit einem konventionellen Wärmeerzeuger

1. Brennwärtekessel, verbessert ab 1999 (283), P_n = 181,1 kW (Erdgas)
Umgebungstemperatur am Aufstellort θ_i = 13 °C, außerhalb der thermischen Hülle
Tageslaufzeit zur TW-Erwärmung t_{w,100,Jan} = 0,00 h/d
Kesselwirkungsgrade, Prüfstand η_{k,Pn} = 0,963 (Nennlast), η_{k,Pint} = 1,053 (Teillast)
Bereitschaftswärmeverlust q_{P0,70} = 0,0050 kW, monatliche Belastungsgrade β_h siehe Tabelle
Verlustleistungen im Januar P_{gen,Pn} = 12,12 kW, P_{gen,Pint} = 2,84 kW, P_{gen,P0} = 0,38 kW (Gl.183 ff)
elektrische Leistungsaufnahme P_{aux,Pn} = 0,546 kW, P_{aux,Pint} = 0,182 kW, P_{aux,P0} = 0,015 kW

P_{d,in} = Q_{h,outg} / Betriebszeit = durchschnittliche Wärmeabgabeleistung [kW], Gl.181 (d_{h,rB} > 1)

β_h = P_{d,in} / P_n = Belastungsgrade der Heizkessel, monatlich, Gl.154

Q_{h,gen} = ΣQ_{h,gen,ls,day,i} * d_{h,rB} = Gesamtverlust der Heizwärmeerzeugung [kWh/m], Gl.178

Q_{h,f} = Q_{h,outg} + Q_{h,gen} = Endenergiebedarf der Wärmeerzeugung

W_{h,gen} = Hilfsenergiebedarf nach Gl.192

Q_{l,h,gen} = unregelmäßige Wärmeeinträge durch Wärmeerzeuger in der thermischen Hülle, Gl.191

(1) statische Zentralheizung (REF '20)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Q _{h,outg}	kWh	4.590	13.942	34.120	45.550	41.226	35.202	23.753	210.628
β _{h,1}		0,09	0,25	0,48	0,54	0,49	0,49	0,34	
Q _{h,gen,1}	kWh	178	553	1.953	2.906	2.495	2.082	1.093	11.639
Q _{h,f}	kWh	4.768	14.495	36.072	48.456	43.722	37.284	24.846	222.267
W _{h,gen}	kWh	25	54	113	147	135	115	84	765

13.11 Endenergie Heizwärme

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Q _{h,f}	kWh	4.768	14.495	36.072	48.456	43.722	37.284	24.846	222.267
W _h	kWh	25	54	113	147	135	116	84	765
Erdgas	kWh	4.772	14.480	36.072	48.456	43.722	37.284	24.871	222.291
Q _{l,h,<1>}	kWh/d	-	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	
Q _{l,h,<2>}	kWh/d	-	1,2	4,7	6,9	6,3	5,7	3,0	
Q _{l,h,<3>}	kWh/d	-	1,3	5,1	7,5	6,8	6,2	3,3	
Q _{l,h,<4>}	kWh/d	-	0,1	0,6	0,9	0,8	0,7	0,4	
Q _{l,h,<5>}	kWh/d	-	0,1	0,5	0,7	0,6	0,6	0,3	
Q _{l,h,<6>}	kWh/d	-	0,1	0,4	0,6	0,5	0,5	0,3	
Q _{l,h,<7>}	kWh/d	-	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	
Q _{l,h,<8>}	kWh/d	-	0,1	0,5	0,7	0,7	0,6	0,3	
Q _{l,h,<9>}	kWh/d	-	0,1	0,3	0,5	0,4	0,4	0,2	

$Q_{I,h,<10>}$ kWh/d - 0,0 0,0 0,1 0,0 0,0 0,0

$Q_{h,f}$ = Endenergiebedarf Heizung = $Q_{h,b} + Q_{h,ce} + Q_{h,d} + Q_{h,s} + Q_{h,g} - Q_{h,sol}$ (Gl.4)

W_h = Hilfsenergiebedarf = $W_{h,ce} + W_{h,d} + W_{h,s} + W_{h,gen}$ (Gl.6)

$Q_{I,h}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge = $Q_{I,h,d} + Q_{I,h,s} + Q_{I,h,g}$ (Gl.7)

Die Energieanteile nach Energieträgern werden bei Bedarf nach anteiliger Kesselbelastung aufgeteilt

Unregelmäßige Wärmeeinträge werden bei Bedarf flächengewichtet auf die Zonen aufgeteilt

14.0 Energiebedarf (DIN V 18599-1)

14.1 Stromerzeugende Systeme

Eine BHKW-Anlage ist nicht vorgesehen

Strom aus erneuerbaren Energiequellen steht nicht zur Verfügung

14.2 Energiebedarf nach Energieträgern

Energieträger	Prozessbereich	Zonen	Endenergie kWh/a	f_P	$f_{Hs/Hi}$	Q_P kWh/a
Strom-Mix	Warmwasser	6/8/	4.960	1,80	1,00	8.928
Erdgas	Heizwärme	*	222.291	1,10	1,11	220.288
Strom-Mix	Beleuchtung	**	11.722	1,80	1,00	21.099
Strom-Mix	Hilfsenergie		34.144	1,80	1,00	61.459
Σ [kWh/Jahr]			273.116			311.774

* = 1/2/3/4/5/6/7/8/9/10/

** = 1/2/3/4/5/6/7/8/9/10/

$Q_P = \Sigma Q_{f,i} \cdot f_{P,i} / f_{Hs/Hi,i}$ (DIN V 18599-1, Gl.22)

Jahres-Primärenergiebedarf $q_P = 311.774 / 2.105 = 148,1$ kWh/(m²a) ($\Sigma_{ANGF} = 2.105$ m²)

Endenergie brennwertbezogen = 273.116 kWh/a = Jahressummen aus den Prozessbereichen

Endenergie heizwertbezogen = $4960,1 + 200261,8 + 11721,5 + 34144,1 = 251088$ kWh/a

f_P = Primärenergiefaktoren energieträgerbezogen nach DIN V 18599-1, Tab.A.1

Endenergiebedarf: Hilfsenergie 16,2 kWh/(m²a), Strom-Mix 7,9 kWh/(m²a), Erdgas 105,6 kWh/(m²a)

Treibhausgasemissionen (CO2)

Energieträger	Endenergie kWh/a	Emissionsfaktor g CO2/kWh	Emissionen kg/a	kg/(m²a)
Strom-Mix	4.960	560	2.778	
Erdgas	200.262	240	48.063	
Strom-Mix	11.722	560	6.564	
Strom-Mix	34.144	560	19.121	
	251.088		76.525	36,4

Emissionsfaktoren nach GEG 2020, Anlage 9, Endenergiebedarf heizwertbezogen
Gutschrift für PV-Strom aus Verrechnung nach DIN V 18599-9:2018

14.3 Endenergiebedarf nach Zonen

Zone	RLT 9	Beleucht. 10	Klima 11	Warmwasser 12	Heizung 13	Summe
siehe Abschnitt	m²	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a
<1> 18-Aufzug/ Sc	11	-	16	-	4.346	4.362
<2> 19-TRH/ Flur	797	-	1.670	-	104.108	105.779
<3> 08-Klassenzim	868	-	4.337	-	61.187	65.524
<4> 16-Sanitär	98	-	1.049	-	10.695	11.745

<5> 20-Lager/ Tec	80	-	73	-	-	9.249	9.322
<6> 14-Lehrküche	67	-	4.122	-	2.720	15.221	22.062
<7> 08-Werkraum	40	-	130	-	-	4.827	4.957
<8> 08-Werkraum b	83	-	252	-	2.238	8.752	11.242
<9> 20-Lager/Tech	53	-	72	-	-	2.110	2.181
<10> 16-Behind.-W	7	-	-	-	-	1.783	1.783
Gebäude	2.105	-	11.721	-	4.960	222.264	238.947

Endenergie = Jahressummen aus den Prozessbereichen ohne Hilfsenergie

Die Aufteilung der Endenergieanteile aus Prozessbereichen mit mehreren Zonen erfolgt lastabhängig.

14.4 Aufteilung des Energiebedarfs für den Energieausweis

	RLT kWh/m²a	Beleucht. kWh/m²a	Klima kWh/m²a	Warmwasser kWh/m²a	Heizung kWh/m²a	Summe kWh/m²a
Nutzenergiebedarf	15,9	5,6	0,0	2,3	85,0	108,8
Endenergiebedarf	15,9	5,6	0,0	2,4	106,0	129,8
Primärenergiebedarf	28,5	10,0	0,0	4,2	105,3	148,1

Energiebedarf für den Energieausweis mit Hilfsenergie (Ventilator-, Pumpenstrom, ...)

15.0 Primärenergie-Referenzwert

vorh $q_p = 148,1 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

F. Längen, Flächen, Volumen und Faltmodelle

Flächenberechnung

1.UG-Unterfahrt

Grundflächen

1 F 0100 FG	$47,29 = 47,29$
2 F 0101 Fbw S-W	$8,07 \cdot 2,32 = 18,72$
3 F 0102 Fbw S-O	$5,86 \cdot 2,32 = 13,60$
4 F 0103 Fbw N-O	$8,07 \cdot 2,32 = 18,72$
5 F 0104 Fbw N-W	$5,86 \cdot 2,32 = 13,60$

EG-Lager/Technik

Außenwände

6 F 0201 FAW N-W	$6,25 \cdot 4,42 - [A\ 0201] = 4,13$
7 F 0210 FAW N-O	$4,76 \cdot 4,42 = 21,04$
8 F 0211 FAW N-W	$3,04 \cdot 4,42 - [A\ 0211] = 3,93$

Öffnungen / Fenster

9 A 0201 FF N-W	$6,25 \cdot 3,76 = 23,50$
10 A 0211 FF N-W	$2,53 \cdot 3,76 = 9,51$

Grundflächen

11 F 0200 FG	$26,25 = 26,25$
--------------	-----------------

EG-Lehrküche

Außenwände

12 F 0310 FAW N-W	$8,71 \cdot 4,42 - [A\ 0310] = 5,75$
-------------------	--------------------------------------

Öffnungen / Fenster

13 A 0310 FF N-W	$8,71 \cdot 3,76 = 32,75$
------------------	---------------------------

Grundflächen

14 F 0300 FG	$72,18 = 72,18$
--------------	-----------------

EG-Musik

Außenwände

15 F 0401 FAW N-W	$8,75 \cdot 4,42 - [A\ 0401] = 5,78$
16 F 0419 FAW N-W	$15,00 \cdot 4,42 - [A\ 0419] = 9,90$

Öffnungen / Fenster

17 A 0401 FF N-W	$8,75 \cdot 3,76 = 32,90$
18 A 0419 FF N-W	$15,00 \cdot 3,76 = 56,40$

Grundflächen

19 F 0400 FG	$213,71 = 213,71$
--------------	-------------------

EG-Werkmaschinenraum1

Außenwände

20 F 0501 FAW S-W	$7,91 \cdot 4,42 = 34,96$
21 F 0508 FAW N-W	$11,66 \cdot 4,42 - [A\ 0508] = 9,58$

Öffnungen / Fenster

22 A 0508 FF N-W	$11,16 \cdot 3,76 = 41,96$
------------------	----------------------------

Grundflächen

23 F 0500 FG	$93,70 = 93,70$
--------------	-----------------

EG-Speiseraum

Außenwände

24 F 0608 FAW N-W	$3,70 \cdot 4,42 - [A\ 0608] = 2,44$
-------------------	--------------------------------------

Öffnungen / Fenster

25 A 0608 FF N-W	$3,70 \cdot 3,76 = 13,91$
------------------	---------------------------

Grundflächen

26 F 0600 FG	$31,25 = 31,25$
--------------	-----------------

EG-WC

Grundflächen

27 F 0700 FG	$3,52 = 3,52$
--------------	---------------

Aufzug

EG-Flur 1

Außenwände

28 F 0902 FAW S-O	$30,94 \times 4,42 - [A\ 0902] = 24,29$
29 F 0903 FAW N-O	$4,24 \times 4,42 - [T\ 0903] - [W\ 0903] = 10,61$
Öffnungen / Fenster	
30 A 0902 FF S-O	$29,91 \times 3,76 = 112,46$
31 W 0903 FF N-O	$1,3 \times 1,5 = 1,95$
32 T 0903 FAW N-O , Tür	$2,7 \times 2,29 = 6,18$
Grundflächen	
33 F 0900 FG	$112,44 = 112,44$

EG-Flur 2

Außenwände	
34 F 1001 FAW S-W	$4,24 \times 4,42 - [T\ 1001] - [W\ 1001] = 10,61$
35 F 1002 FAW S-O	$31,13 \times 4,42 - [A\ 1002] = 20,43$
Öffnungen / Fenster	
36 A 1002 FF S-O	$31,16 \times 3,76 = 117,16$
37 W 1001 FF S-W	$1,3 \times 1,5 = 1,95$
38 T 1001 FAW S-W , Tür	$2,7 \times 2,29 = 6,18$
Grundflächen	
39 F 1000 FG	$94,55 = 94,55$

1.OG-Kursraum

Außenwände	
40 F 1107 FAW N-O	$7,91 \times 3,52 = 27,84$
41 F 1108 FAW N-W	$8,66 \times 3,52 - [A\ 1108] = 7,14$
Öffnungen / Fenster	
42 A 1108 FF N-W	$8,16 \times 2,86 = 23,34$

1.OG-digitales Labor

Außenwände	
43 F 1201 FAW N-W	$8,66 \times 3,52 - [A\ 1201] = 7,14$
44 F 1202 FAW S-W	$7,91 \times 3,52 = 27,84$
Öffnungen / Fenster	
45 A 1201 FF N-W	$8,16 \times 2,86 = 23,34$

1.OG-Kursraum

Außenwände	
46 F 1320 FAW N-W	$26,27 \times 3,52 - [A\ 1320] = 17,34$
Öffnungen / Fenster	
47 A 1320 FF N-W	$26,27 \times 2,86 = 75,13$

1.OG-Lager/Technik

Außenwände	
48 F 1404 FAW N-W	$2,50 \times 3,52 - [A\ 1404] = 1,65$
Öffnungen / Fenster	
49 A 1404 FF N-W	$2,50 \times 2,86 = 7,15$

1.OG-WC

Außenwände	
50 F 1504 FAW N-W	$8,75 \times 3,52 - [A\ 1504] = 5,78$
Öffnungen / Fenster	
51 A 1504 FF N-W	$8,75 \times 2,86 = 25,02$

1.OG-Brücke 1

Deckflächen	
52 F 1600 FD	$53,72 = 53,72$
Außenwände	
53 F 1601 FAW S-W	$12,70 \times 3,52 - [A\ 1601] = 15,96$
54 F 1603 FAW N-O	$12,70 \times 3,52 - [A\ 1603] = 15,96$
Öffnungen / Fenster	
55 A 1601 FF S-W	$10,05 \times 2,86 = 28,74$
56 A 1603 FF N-O	$10,05 \times 2,86 = 28,74$

1.OG-Brücke 2

Deckflächen	
57 F 1700 FD	$37,85 = 37,85$
Außenwände	
58 F 1701 FAW S-W	$12,70 \times 3,52 - [A\ 1701] = 15,96$

59 F 1703 FAW N-O	$12,70 \times 3,52 - [A\ 1703] = 15,96$
Öffnungen / Fenster	
60 A 1701 FF S-W	$10,05 \times 2,86 = 28,74$
61 A 1703 FF N-O	$10,05 \times 2,86 = 28,74$
1.OG-Flur 1	
Außenwände	
62 F 1802 FAW S-O	$30,94 \times 3,52 - [A\ 1802] = 23,37$
63 F 1803 FAW N-O	$4,24 \times 3,52 - [W\ 1803] = 10,94$
Öffnungen / Fenster	
64 A 1802 FF S-O	$29,91 \times 2,86 = 85,54$
65 W 1803 FF N-O	$1,3 \times 1,24 + 1,3 \times 1,82 = 3,98$
1.OG-Flur 2	
Außenwände	
66 F 1901 FAW S-W	$4,24 \times 3,52 - [W\ 1901] = 10,94$
67 F 1902 FAW S-O	$31,13 \times 3,52 - [A\ 1902] = 20,46$
Öffnungen / Fenster	
68 A 1902 FF S-O	$31,16 \times 2,86 = 89,12$
69 W 1901 FF S-W	$1,3 \times 1,24 + 1,3 \times 1,82 = 3,98$
2.OG-Kursraum	
Deckflächen	
70 F 2009 FD	$67,44 = 67,44$
Außenwände	
71 F 2007 FAW N-O	$7,91 \times 3,58 = 28,32$
72 F 2008 FAW N-W	$8,66 \times 3,58 - [A\ 2008] = 7,66$
Öffnungen / Fenster	
73 A 2008 FF N-W	$8,16 \times 2,86 = 23,34$
2.OG-DIF.	
Deckflächen	
74 F 2109 FD	$67,44 = 67,44$
Außenwände	
75 F 2101 FAW N-W	$8,66 \times 3,58 - [A\ 2101] = 7,66$
76 F 2102 FAW S-W	$7,91 \times 3,58 = 28,32$
Öffnungen / Fenster	
77 A 2101 FF N-W	$8,16 \times 2,86 = 23,34$
2.OG-Kursraum	
Deckflächen	
78 F 2221 FD	$227,20 = 227,20$
Außenwände	
79 F 2220 FAW N-W	$26,27 \times 3,58 - [A\ 2220] = 18,92$
Öffnungen / Fenster	
80 A 2220 FF N-W	$26,27 \times 2,86 = 75,13$
2.OG-Lager/Technik	
Deckflächen	
81 F 2305 FD	$14,95 = 14,95$
Außenwände	
82 F 2304 FAW N-W	$5,00 \times 3,58 - [A\ 2304] = 3,60$
Öffnungen / Fenster	
83 A 2304 FF N-W	$5,00 \times 2,86 = 14,30$
2.OG-WC	
Deckflächen	
84 F 2405 FD	$54,94 = 54,94$
Außenwände	
85 F 2404 FAW N-W	$6,25 \times 3,58 - [A\ 2404] = 4,50$
Öffnungen / Fenster	
86 A 2404 FF N-W	$6,25 \times 2,86 = 17,88$
2.OG-Brücke 1	
Deckflächen	
87 F 2505 FD	$53,72 = 53,72$
Außenwände	

88 F 2501 FAW S-W	$12,70 \times 3,58 - [A\ 2501] = 16,73$
89 F 2503 FAW N-O	$12,70 \times 3,58 - [A\ 2503] = 16,73$
Öffnungen / Fenster	
90 A 2501 FF S-W	$10,05 \times 2,86 = 28,74$
91 A 2503 FF N-O	$10,05 \times 2,86 = 28,74$
2.OG-Brücke	
Deckflächen	
92 F 2605 FD	$37,85 = 37,85$
Außenwände	
93 F 2601 FAW S-W	$12,70 \times 3,58 - [A\ 2601] = 16,73$
94 F 2603 FAW N-O	$12,70 \times 3,58 - [A\ 2603] = 16,73$
Öffnungen / Fenster	
95 A 2601 FF S-W	$10,05 \times 2,86 = 28,74$
96 A 2603 FF N-O	$10,05 \times 2,86 = 28,74$
2.OG-Flur 1	
Deckflächen	
97 F 2723 FD	$149,08 = 149,08$
Außenwände	
98 F 2702 FAW S-O	$30,94 \times 3,58 - [A\ 2702] = 25,23$
99 F 2703 FAW N-O	$4,24 \times 3,58 - [W\ 2703] = 11,84$
Öffnungen / Fenster	
100 A 2702 FF S-O	$29,91 \times 2,86 = 85,54$
101 W 2703 FF N-O	$1,3 \times 1,03 + 1,3 \times 1,54 = 3,34$
2.OG-Flur 2	
Deckflächen	
102 F 2814 FD	$134,03 = 134,03$
Außenwände	
103 F 2801 FAW S-W	$4,24 \times 3,58 - [W\ 2801] = 11,84$
104 F 2802 FAW S-O	$31,13 \times 3,58 - [A\ 2802] = 22,33$
Öffnungen / Fenster	
105 A 2802 FF S-O	$31,16 \times 2,86 = 89,12$
106 W 2801 FF S-W	$1,3 \times 1,03 + 1,3 \times 1,54 = 3,34$
3.OG-Ueberfahrt	
Deckflächen	
107 F 2905 FD	$7,31 = 7,31$
Außenwände	
108 F 2901 FAW S-W	$2,76 \times 0,88 = 2,43$
109 F 2902 FAW S-O	$2,65 \times 0,88 = 2,33$
110 F 2903 FAW N-O	$2,76 \times 0,88 = 2,43$
111 F 2904 FAW N-W	$2,65 \times 0,88 = 2,33$
EG-Werkmaschinenraum 2	
Außenwände	
112 F 3002 FAW N-W	$5,00 \times 4,42 - [A\ 3002] = 3,30$
Öffnungen / Fenster	
113 A 3002 FF N-W	$5,00 \times 3,76 = 18,80$
Grundflächen	
114 F 3000 FG	$30,82 = 30,82$
EG-Lager/Technik belüftet	
Außenwände	
115 F 3103 FAW N-O	$3,15 \times 4,42 = 13,92$
EG-Lager/Technik belüftet	
Grundflächen	
116 F 3200 FG	$2,92 = 2,92$
1.OG-Lager/Technik belüftet	
2.OG-Lager/Technik belüftet	
Deckflächen	
117 F 3407 FD	$23,70 = 23,70$
Grundflächen	

[Grundflächen]

[AGf 01] 1.UG-Unterfahrt <1> [F 0100] = 47,29
 [AGf 02] EG-Lager/Technik <5> [F 0200] = 26,25
 [AGf 03] EG-Lehrküche <6> [F 0300] = 72,18
 [AGf 04] EG-Musik <3> [F 0400] = 213,71
 [AGf 05] EG-Werkmaschinenraum1 <8> [F 0500] = 93,70
 [AGf 06] EG-Speiseraum <3> [F 0600] = 31,25
 [AGf 07] EG-WC <10> [F 0700] = 3,52
 [AGf 09] EG-Flur 1 <2> [F 0900] = 112,44
 [AGf 10] EG-Flur 2 <2> [F 1000] = 94,55
 [AGf 30] EG-Werkmaschinenraum 2 <7> [F 3000] = 30,82
 [AGf 32] EG-Lager/Technik belüftet <9> [F 3200] = 2,92

[Grundflächenumfang]

[UGf 01] 1.UG-Unterfahrt <1> $8,07+5,86+8,07+5,86 = 27,86$
 [UGf 02] EG-Lager/Technik <5> $6,25 = 6,25$
 [UGf 03] EG-Lehrküche <6> $8,71 = 8,71$
 [UGf 04] EG-Musik <3> $8,75+15,00 = 23,75$
 [UGf 05] EG-Werkmaschinenraum1 <8> $7,91+11,66 = 19,57$
 [UGf 06] EG-Speiseraum <3> $3,70 = 3,70$
 [UGf 09] EG-Flur 1 <2> $30,94+4,24 = 35,18$
 [UGf 10] EG-Flur 2 <2> $4,24+31,13 = 35,37$
 [UGf 30] EG-Werkmaschinenraum 2 <7> $5,00 = 5,00$

[Bodenplattenmaße]

[AGf B'(25)] [AGf 01] = 47,29
 [UGf B'(25)] [UGf 01] = 27,86
 [Bodenplattenmaß B'(25)] $2 * [AGf B'(25)] / [UGf B'(25)] = 3,39$
 [Bodenplattenmaß B'(26)] $2 * ([AGf 02] + [AGf 03] + [AGf 04] + [AGf 05] + [AGf 06] + [AGf 07] + [AGf 09] + [AGf 10] + [AGf 30] + [AGf 32]) / ([UGf 02] + [UGf 03] + [UGf 04] + [UGf 05] + [UGf 06] + [UGf 09] + [UGf 10] + [UGf 30]) = 9,91$

[Bruttogeschoßflächen]

[BGf 01] 1.UG-Unterfahrt <1> 47,29 = 47,29
 [BGf 02] EG-Lager/Technik <5> 40,25 = 40,25
 [BGf 03] EG-Lehrküche <6> 72,18 = 72,18
 [BGf 04] EG-Musik <3> 213,71 = 213,71
 [BGf 05] EG-Werkmaschinenraum1 <8> 93,70 = 93,70
 [BGf 06] EG-Speiseraum <3> 31,25 = 31,25
 [BGf 07] EG-WC <10> 7,02 = 7,02
 [BGf 08] Aufzug <1> 4,95 = 4,95
 [BGf 09] EG-Flur 1 <2> 112,44 = 112,44
 [BGf 10] EG-Flur 2 <2> 110,55 = 110,55
 [BGf 11] 1.OG-Kursraum <3> 67,44 = 67,44
 [BGf 12] 1.OG-digitales Labor <3> 67,44 = 67,44
 [BGf 13] 1.OG-Kursraum <3> 227,20 = 227,20
 [BGf 14] 1.OG-Lager/Technik <5> 9,43 = 9,43
 [BGf 15] 1.OG-WC <4> 76,91 = 76,91
 [BGf 16] 1.OG-Brücke 1 <2> 53,72 = 53,72
 [BGf 17] 1.OG-Brücke 2 <2> 37,85 = 37,85
 [BGf 18] 1.OG-Flur 1 <2> 149,08 = 149,08
 [BGf 19] 1.OG-Flur 2 <2> 134,03 = 134,03
 [BGf 20] 2.OG-Kursraum <3> 67,44 = 67,44
 [BGf 21] 2.OG-DIF. <3> 67,44 = 67,44
 [BGf 22] 2.OG-Kursraum <3> 227,20 = 227,20
 [BGf 23] 2.OG-Lager/Technik <5> 14,95 = 14,95
 [BGf 24] 2.OG-WC <4> 54,94 = 54,94
 [BGf 25] 2.OG-Brücke 1 <2> 53,72 = 53,72
 [BGf 26] 2.OG-Brücke <2> 37,85 = 37,85
 [BGf 27] 2.OG-Flur 1 <2> 149,08 = 149,08
 [BGf 28] 2.OG-Flur 2 <2> 134,03 = 134,03
 [BGf 29] 3.OG-Ueberfahrt <1> 7,31 = 7,31
 [BGf 30] EG-Werkmaschinenraum 2 <7> 44,82 = 44,82
 [BGf 31] EG-Lager/Technik belüftet <9> 9,58 = 9,58

[BGf 32] EG-Lager/Technik belüftet <9> 16,92 = 16,92
 [BGf 33] 1.OG-Lager/Technik belüftet <9> 7,20 = 7,20
 [BGf 34] 2.OG-Lager/Technik belüftet <9> 23,70 = 23,70
 [Summe BGf] [BGf 01] + [BGf 02] + [BGf 03] + [BGf 04] + [BGf 05] + [BGf 06] + [BGf 07] +
 [BGf 08] + [BGf 09] + [BGf 10] + [BGf 11] + [BGf 12] + [BGf 13] + [BGf 14] + [BGf 15] +
 [BGf 16] + [BGf 17] + [BGf 18] + [BGf 19] + [BGf 20] + [BGf 21] + [BGf 22] + [BGf 23] + [BGf 24] +
 [BGf 25] + [BGf 26] + [BGf 27] + [BGf 28] + [BGf 29] + [BGf 30] + [BGf 31] + [BGf 32] +
 [BGf 33] + [BGf 34] = 2472,62

[Umbaute Räume]

[Vol 01] 1.UG-Unterfahrt <1> 2,32*[BGf 01] = 109,71
 [Vol 02] EG-Lager/Technik <5> 4,42*[BGf 02] = 177,91
 [Vol 03] EG-Lehrküche <6> 4,42*[BGf 03] = 319,04
 [Vol 04] EG-Musik <3> 4,42*[BGf 04] = 944,60
 [Vol 05] EG-Werkmaschinenraum1 <8> 4,42*[BGf 05] = 414,15
 [Vol 06] EG-Speiseraum <3> 4,42*[BGf 06] = 138,13
 [Vol 07] EG-WC <10> 4,42*[BGf 07] = 31,03
 [Vol 08] Aufzug <1> 12,09*[BGf 08] = 59,85
 [Vol 09] EG-Flur 1 <2> 4,42*[BGf 09] = 496,98
 [Vol 10] EG-Flur 2 <2> 4,42*[BGf 10] = 488,63
 [Vol 11] 1.OG-Kursraum <3> 3,52*[BGf 11] = 237,39
 [Vol 12] 1.OG-digitales Labor <3> 3,52*[BGf 12] = 237,39
 [Vol 13] 1.OG-Kursraum <3> 3,52*[BGf 13] = 799,74
 [Vol 14] 1.OG-Lager/Technik <5> 3,52*[BGf 14] = 33,19
 [Vol 15] 1.OG-WC <4> 3,52*[BGf 15] = 270,72
 [Vol 16] 1.OG-Brücke 1 <2> 3,52*[BGf 16] = 189,09
 [Vol 17] 1.OG-Brücke 2 <2> 3,52*[BGf 17] = 133,23
 [Vol 18] 1.OG-Flur 1 <2> 3,52*[BGf 18] = 524,76
 [Vol 19] 1.OG-Flur 2 <2> 3,52*[BGf 19] = 471,79
 [Vol 20] 2.OG-Kursraum <3> 3,58*[BGf 20] = 241,44
 [Vol 21] 2.OG-DIF. <3> 3,58*[BGf 21] = 241,44
 [Vol 22] 2.OG-Kursraum <3> 3,58*[BGf 22] = 813,38
 [Vol 23] 2.OG-Lager/Technik <5> 3,58*[BGf 23] = 53,52
 [Vol 24] 2.OG-WC <4> 3,58*[BGf 24] = 196,69
 [Vol 25] 2.OG-Brücke 1 <2> 3,58*[BGf 25] = 192,32
 [Vol 26] 2.OG-Brücke <2> 3,58*[BGf 26] = 135,50
 [Vol 27] 2.OG-Flur 1 <2> 3,58*[BGf 27] = 533,71
 [Vol 28] 2.OG-Flur 2 <2> 3,58*[BGf 28] = 479,83
 [Vol 29] 3.OG-Ueberfahrt <1> 0,88*[BGf 29] = 6,43
 [Vol 30] EG-Werkmaschinenraum 2 <7> 4,42*[BGf 30] = 198,10
 [Vol 31] EG-Lager/Technik belüftet <9> 4,42*[BGf 31] = 42,34
 [Vol 32] EG-Lager/Technik belüftet <9> 4,42*[BGf 32] = 74,79
 [Vol 33] 1.OG-Lager/Technik belüftet <9> 3,52*[BGf 33] = 25,34
 [Vol 34] 2.OG-Lager/Technik belüftet <9> 3,58*[BGf 34] = 84,85
 [Gebäudevolumen] Ve [Vol 01] + [Vol 02] + [Vol 03] + [Vol 04] + [Vol 05] + [Vol 06] + [Vol 07] + [Vol 08] + [Vol 09] + [Vol 10] + [Vol 11] + [Vol 12] + [Vol 13] + [Vol 14] + [Vol 15] +
 [Vol 16] + [Vol 17] + [Vol 18] + [Vol 19] + [Vol 20] + [Vol 21] + [Vol 22] + [Vol 23] + [Vol 24] + [Vol 25] + [Vol 26] + [Vol 27] + [Vol 28] + [Vol 29] + [Vol 30] + [Vol 31] + [Vol 32] +
 [Vol 33] + [Vol 34] = 9397,01
 [0.32 * Ve] (= AN Wohngebäude) 0.32 * [Gebäudevolumen] = 3007,04

.für Berechnungen nach DIN V 18599

[Nettogrundflächen]

[dW01] Bauteildicke "29-AUßENWAND-UNTERFAHRT(29)" 0,59 = 0,59
 [dW02] Bauteildicke "22-AUßENWAND-PRF(22)" 0,24 = 0,24
 [dW03] Bauteildicke "21-AUßENWAND-WDVS(21)" 0,51 = 0,51
 [dW04] Bauteildicke "23-AUßENWAND-PRF(23)" 0,24 = 0,24
 [dW05] Bauteildicke "28-AUßENWAND-UEBERFAHRT(28)" 0,47 = 0,47

[GfAbzug 07] EG-WC <10>

[GfAbzug 08] Aufzug <1>

[NGf 01] 1.UG-Unterfahrt <1> 3,04 = 3,04

[NGf 02] EG-Lager/Technik <5> 21,74+9,52 = 31,26

[NGf 03] EG-Lehrküche <6> 67,38 = 67,38

[NGf 04] EG-Musik <3> 123,59+71,13 = 194,72

[NGf 05] EG-Werkmaschinenraum1 <8> 83,15 = 83,15

[NGf 06] EG-Speiseraum <3> 28,06 = 28,06

[NGf 07] EG-WC <10> [BGf 07] - [GfAbzug 07] = 7,02

[NGf 08] Aufzug <1> [BGf 08] - [GfAbzug 08] = 4,95

[NGf 09] EG-Flur 1 <2> 62,04+30,87 = 92,91

[NGf 10] EG-Flur 2 <2> 54,25+30,87 = 85,12

[NGf 11] 1.OG-Kursraum <3> 58,32 = 58,32

[NGf 12] 1.OG-digitales Labor <3> 58,32 = 58,32

[NGf 13] 1.OG-Kursraum <3> 68,07+68,07+69,91 = 206,05

[NGf 14] 1.OG-Lager/Technik <5> 7,68+6,54 = 14,22

[NGf 15] 1.OG-WC <4> 23,63+22,66+8,54+9,25 = 64,08

[NGf 16] 1.OG-Brücke 1 <2> 54,75 = 54,75

[NGf 17] 1.OG-Brücke 2 <2> 35,3 = 35,30

[NGf 18] 1.OG-Flur 1 <2> 35,92+29,47+54,34 = 119,73

[NGf 19] 1.OG-Flur 2 <2> 29,47+70,03 = 99,50

[NGf 20] 2.OG-Kursraum <3> 58,32 = 58,32

[NGf 21] 2.OG-DIF. <3> 58,32 = 58,32

[NGf 22] 2.OG-Kursraum <3> 68,07+68,07+69,91 = 206,05

[NGf 23] 2.OG-Lager/Technik <5> 12,11+22,13 = 34,24

[NGf 24] 2.OG-WC <4> 25,82+8,54 = 34,36

[NGf 25] 2.OG-Brücke 1 <2> 54,75 = 54,75

[NGf 26] 2.OG-Brücke <2> 35,3 = 35,30

[NGf 27] 2.OG-Flur 1 <2> 35,92+29,47+54,34 = 119,73

[NGf 28] 2.OG-Flur 2 <2> 29,47+70,03 = 99,50

[NGf 29] 3.OG-Ueberfahrt <1> 3,04 = 3,04

[NGf 30] EG-Werkmaschinenraum 2 <7> 40,43 = 40,43

[NGf 31] EG-Lager/Technik belüftet <9> 5,02 = 5,02

[NGf 32] EG-Lager/Technik belüftet <9> 9,58+7,36 = 16,94

[NGf 33] 1.OG-Lager/Technik belüftet <9> 8,5 = 8,50

[NGf 34] 2.OG-Lager/Technik belüftet <9> 22,5 = 22,50

[NGf Summe] [NGf 01] + [NGf 02] + [NGf 03] + [NGf 04] + [NGf 05] + [NGf 06] + [NGf 07] +

[NGf 08] + [NGf 09] + [NGf 10] + [NGf 11] + [NGf 12] + [NGf 13] + [NGf 14] + [NGf 15] + [NGf

16] + [NGf 17] + [NGf 18] + [NGf 19] + [NGf 20] + [NGf 21] + [NGf 22] + [NGf 23] + [NGf 24] +

[NGf 25] + [NGf 26] + [NGf 27] + [NGf 28] + [NGf 29] + [NGf 30] + [NGf 31] + [NGf 32] + [NGf

33] + [NGf 34] = 2104,88

[Nettonutzflächen] ANGf nach Gebäudezonen

[ANGf 01] Zone <1> 18-Aufzug/ Schacht + [NGf 01] + [NGf 08] + [NGf 29] = 11,03

[ANGf 02] Zone <2> 19-TRH/ Flur + [NGf 09] + [NGf 10] + [NGf 16] + [NGf 17] + [NGf 18] +

[NGf 19] + [NGf 25] + [NGf 26] + [NGf 27] + [NGf 28] = 796,59

[ANGf 03] Zone <3> 08-Klassenzimmer/ DIF. + [NGf 04] + [NGf 06] + [NGf 11] + [NGf 12] +

[NGf 13] + [NGf 20] + [NGf 21] + [NGf 22] = 868,16

[ANGf 04] Zone <4> 16-Sanitär + [NGf 15] + [NGf 24] = 98,44

[ANGf 05] Zone <5> 20-Lager/ Technik + [NGf 02] + [NGf 14] + [NGf 23] = 79,72

[ANGf 06] Zone <6> 14-Lehrküche + [NGf 03] = 67,38

[ANGf 07] Zone <7> 08-Werkraum + [NGf 30] = 40,43

[ANGf 08] Zone <8> 08-Werkraum belüftet + [NGf 05] = 83,15

[ANGf 09] Zone <9> 20-Lager/Technik belüftet + [NGf 31] + [NGf 32] + [NGf 33] + [NGf 34]

= 52,96

[ANGf 10] Zone <10> 16-Behind.-WC + [NGf 07] = 7,02

[Bruttoraumvolumen] Ve nach Gebäudezonen

[Ve 01] 18-Aufzug/ Schacht + [Vol 01] + [Vol 08] + [Vol 29] = 175,99
 [Ve 02] 19-TRH/ Flur + [Vol 09] + [Vol 10] + [Vol 16] + [Vol 17] + [Vol 18] +
 [Vol 19] +
 [Vol 25] + [Vol 26] + [Vol 27] + [Vol 28] = 3645,84
 [Ve 03] 08-Klassenzimmer/ DIF. + [Vol 04] + [Vol 06] + [Vol 11] + [Vol 12] + [Vol 13]
 +
 [Vol 20] + [Vol 21] + [Vol 22] = 3653,51
 [Ve 04] 16-Sanitär + [Vol 15] + [Vol 24] = 467,41
 [Ve 05] 20-Lager/ Technik + [Vol 02] + [Vol 14] + [Vol 23] = 264,62
 [Ve 06] 14-Lehrküche + [Vol 03] = 319,04
 [Ve 07] 08-Werkraum + [Vol 30] = 198,10
 [Ve 08] 08-Werkraum belüftet + [Vol 05] = 414,15
 [Ve 09] 20-Lager/Technik belüftet + [Vol 31] + [Vol 32] + [Vol 33] + [Vol 34] =
 227,32
 [Ve 10] 16-Behind.-WC + [Vol 07] = 31,03
 [Summe Ve] + [Ve 01] + [Ve 02] + [Ve 03] + [Ve 04] + [Ve 05] + [Ve
 06] + [Ve 07] + [Ve
 08] + [Ve 09] + [Ve 10] = 9397,01

[Nettoraumvolumen] Vi nach Gebäudezonen

[Vi 01] Zone <1> 18-Aufzug/ Schacht + [NGf 01]*(2,32 - 0,24) + [NGf 08]*(12,09 -
 0,24) + [NGf 29]*(0,88 - 0,24) = 66,93
 [Vi 02] Zone <2> 19-TRH/ Flur + [NGf 09]*(4,42 - 0,24) + [NGf 10]*(4,42 - 0,24) +
 [NGf 16]*(3,52 - 0,24) + [NGf 17]*(3,52 - 0,24) + [NGf 18]*(3,52 - 0,24) + [NGf
 19]*(3,52 - 0,24) + [NGf 25]*(3,58 - 0,24) + [NGf 26]*(3,58 - 0,24) + [NGf 27]*(3,58 -
 0,24) + [NGf 28]*(3,58 - 0,24) = 2791,60
 [Vi 03] Zone <3> 08-Klassenzimmer/ DIF. + [NGf 04]*(4,42 - 0,24) + [NGf 06]*(4,42
 - 0,24) + [NGf 11]*(3,52 - 0,24) + [NGf 12]*(3,52 - 0,24) + [NGf 13]*(3,52 - 0,24) +
 [NGf 20]*(3,58 - 0,24) + [NGf 21]*(3,58 - 0,24) + [NGf 22]*(3,58 - 0,24) = 3067,43
 [Vi 04] Zone <4> 16-Sanitär + [NGf 15]*(3,52 - 0,24) + [NGf 24]*(3,58 - 0,24) =
 324,94
 [Vi 05] Zone <5> 20-Lager/ Technik + [NGf 02]*(4,42 - 0,24) + [NGf 14]*(3,52 -
 0,24) + [NGf 23]*(3,58 - 0,24) = 291,67
 [Vi 06] Zone <6> 14-Lehrküche + [NGf 03]*(4,42 - 0,24) = 281,65
 [Vi 07] Zone <7> 08-Werkraum + [NGf 30]*(4,42 - 0,24) = 169,00
 [Vi 08] Zone <8> 08-Werkraum belüftet + [NGf 05]*(4,42 - 0,24) = 347,57
 [Vi 09] Zone <9> 20-Lager/Technik belüftet + [NGf 31]*(4,42 - 0,24) + [NGf 32]*(4,42
 - 0,24) + [NGf 33]*(3,52 - 0,24) + [NGf 34]*(3,58 - 0,24) = 194,82
 [Vi 10] Zone <10> 16-Behind.-WC + [NGf 07]*(4,42 - 0,24) = 29,34
 [Summe Vi] + [Vi 01] + [Vi 02] + [Vi 03] + [Vi 04] + [Vi 05] + [Vi
 06] + [Vi 07] + [Vi 08] + [Vi 09] + [Vi 10] = 7564,95

.zur Kontrolle / alternativ: Vi = Ve * 0.8

.Vi <1> 18-Aufzug/ Schacht [Ve 01] * 0.8 = 140,79
 .Vi <2> 19-TRH/ Flur [Ve 02] * 0.8 = 2916,67
 .Vi <3> 08-Klassenzimmer/ DIF. [Ve 03] * 0.8 = 2922,81
 .Vi <4> 16-Sanitär [Ve 04] * 0.8 = 373,93
 .Vi <5> 20-Lager/ Technik [Ve 05] * 0.8 = 211,70
 .Vi <6> 14-Lehrküche [Ve 06] * 0.8 = 255,23
 .Vi <7> 08-Werkraum [Ve 07] * 0.8 = 158,48
 .Vi <8> 08-Werkraum belüftet [Ve 08] * 0.8 = 331,32
 .Vi <9> 20-Lager/Technik belüftet [Ve 09] * 0.8 = 181,86
 .Vi <10> 16-Behind.-WC [Ve 10] * 0.8 = 24,82

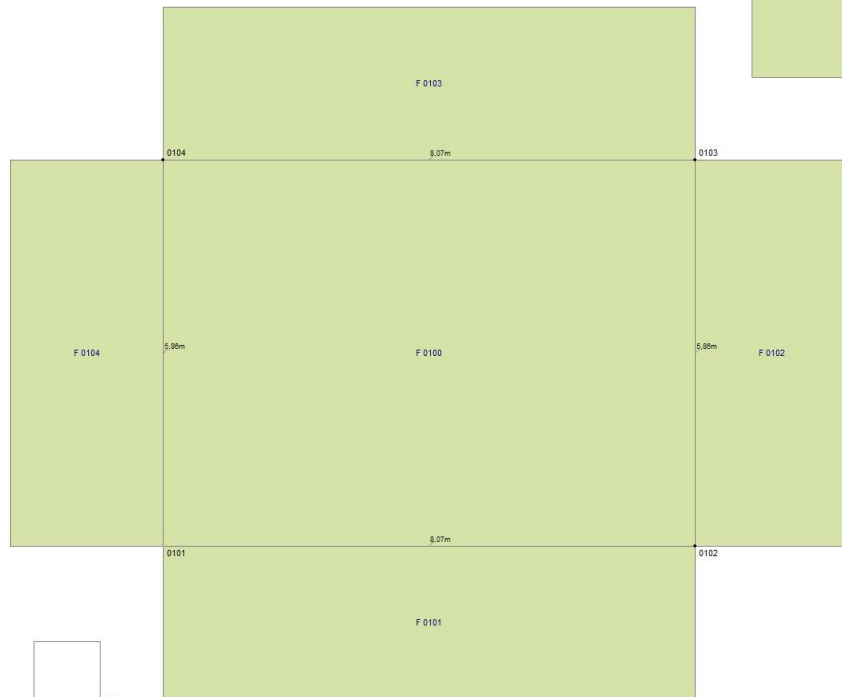
.zur Kontrolle / alternativ: Vi = Ve * 0.76 (WG bis 3 VG)

.Vi <1> 18-Aufzug/ Schacht [Ve 01] * 0.76 = 133,75
 .Vi <2> 19-TRH/ Flur [Ve 02] * 0.76 = 2770,84
 .Vi <3> 08-Klassenzimmer/ DIF. [Ve 03] * 0.76 = 2776,67
 .Vi <4> 16-Sanitär [Ve 04] * 0.76 = 355,23
 .Vi <5> 20-Lager/ Technik [Ve 05] * 0.76 = 201,11
 .Vi <6> 14-Lehrküche [Ve 06] * 0.76 = 242,47
 .Vi <7> 08-Werkraum [Ve 07] * 0.76 = 150,56
 .Vi <8> 08-Werkraum belüftet [Ve 08] * 0.76 = 314,75
 .Vi <9> 20-Lager/Technik belüftet [Ve 09] * 0.76 = 172,76
 .Vi <10> 16-Behind.-WC [Ve 10] * 0.76 = 23,58

Faltmodelle

1. 1 UG-Unterfahrt

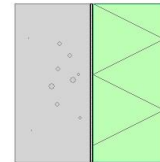
Grundriss, Zone <1>18-Aufzug/ Schacht



Hüllflächen	111,9 m²	Öffnungen	Bauteil
0100 FG	47,3		12-Bodenplatte-Unterfahrt(12)
0101 Fbw S-W	18,7		29-Außenwand-Unterfahrt(29)
0102 0102 Fbw S-O	13,6		29-Außenwand-Unterfahrt(29)
0103 0103 Fbw N-O	18,7		29-Außenwand-Unterfahrt(29)
0104 0104 Fbw N-W	13,6		29-Außenwand-Unterfahrt(29)
0105			

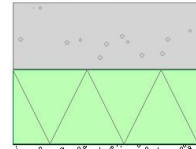
h = 2,32 m, hSt = 2,40 m, V = 110 m³, AN = 35 m², NGF = 3,0 m²

29-Außenwand-Unterfahrt(29) (FAW)



(FF)

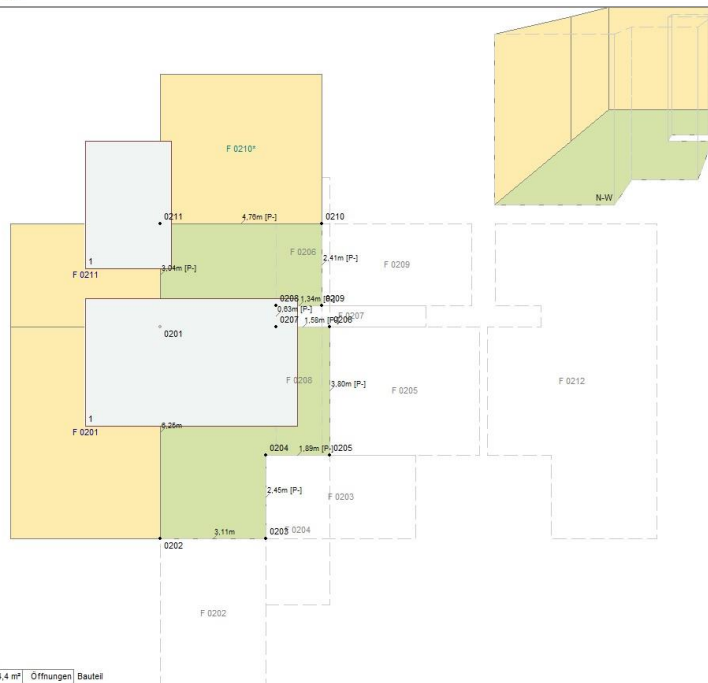
12-Bodenplatte-Unterfahrt(12) (FG)



12-Unterfahrt UG (12)
U = 0,14 W/(m²K)

2. EG-Lager/Technik

Grundriss, Zone <5>20-Lager/ Technik



Hüllflächen	164,4 m²	Öffnungen	Bauteil
0200 FG	26,3		11-Bodenplatte(11)
0201 FAIW N-W	27,6	23,5	22-Außenwand-PRF(22)
0202	13,7		
0203	10,8		
0204	8,4		
0205	16,8		
0206	7,9		
0207	2,9		
0208	5,9		
0209	10,7		
0210 0210 FAW N-O	21,0		21-Außenwand-WDVS(21)
0211 0211 FAW N-W	13,4	9,5	22-Außenwand-PRF(22)
0212			

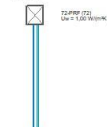
h = 4,42 m, hSt = 3,76 m, V = 178 m³, AN = 57 m², NGF = 31,3 m²

(FD)

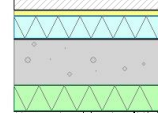
22-Außenwand-PRF(22) (FAW)



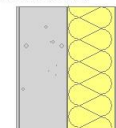
72-PRF(72) (FF)



11-Bodenplatte(11) (FG)

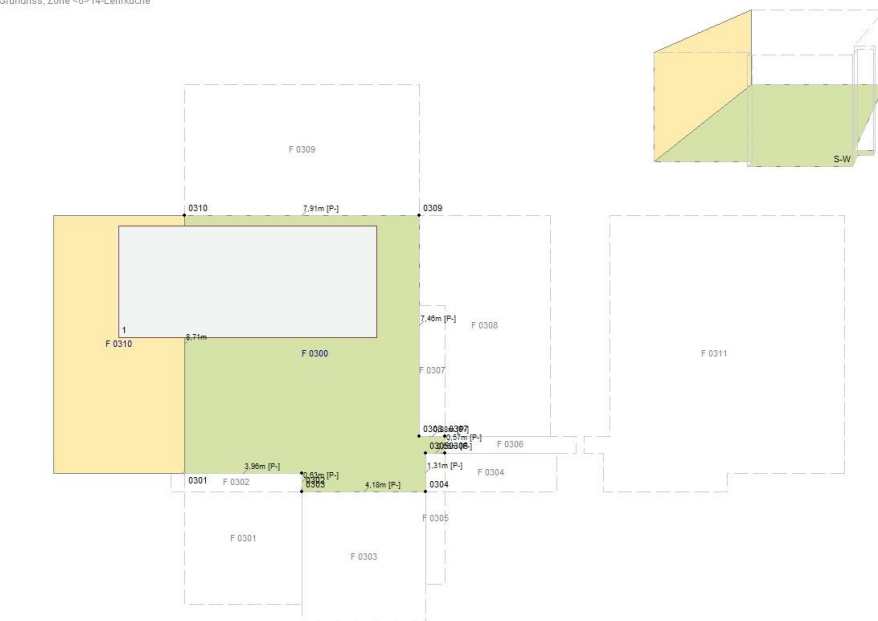


21-Außenwand-WDVS(21)



3. EG-Lehrküche

Grundriss, Zone <6>14-Lehrküche

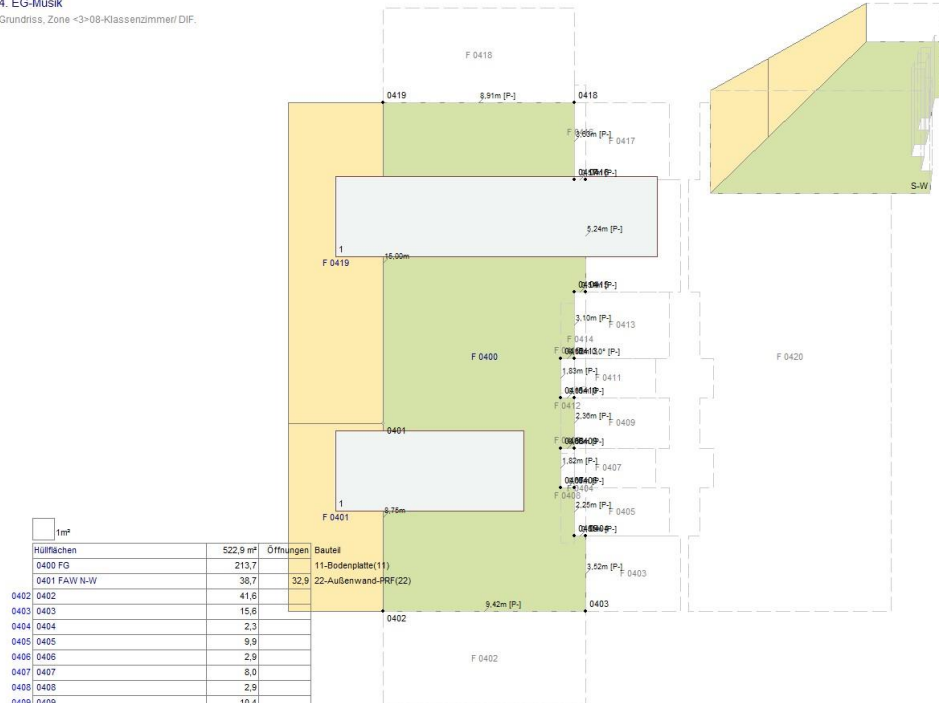


	1m²		
Hüllflächen	232,5 m²	Öffnungen	Bauteil
0300 FG	72,2		11-Bodenplatte(11)
0301	17,5		
0302	2,9		
0303	18,5		
0304	5,8		
0305	2,9		
0306	2,5		
0307	3,9		
0308	33,0		
0309	35,0		
0310 0310 FAW N-W	38,5	32,7	22-Außenwand-PRF(22)
0311			

h = 4,42 m, hSt = 3,78 m, V = 319 m³, AN = 102 m², NGf = 87,4 m²

4. EG-Musik

Grundriss, Zone <3>08-Klassenzimmer/ DIF.

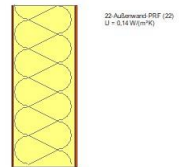


	1m²		
Hüllflächen	522,9 m²	Öffnungen	Bauteil
0400 FG	213,7		11-Bodenplatte(11)
0401 FAW N-W	38,7	32,9	22-Außenwand-PRF(22)
0402	41,6		
0403	15,6		
0404	2,3		
0405	9,9		
0406	2,9		
0407	8,0		
0408	2,9		
0409	10,4		
0410	2,9		
0411	8,1		
0412	2,9		
0413	13,7		
0414	2,3		
0415	23,2		
0416	2,3		
0417	16,0		
0418	39,4		
0419 0419 FAW N-W	66,3	56,4	22-Außenwand-PRF(22)
0420			

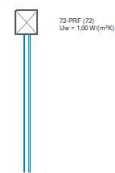
h = 4,42 m, hSt = 3,78 m, V = 945 m³, AN = 302 m², NGf = 194,7 m²

(FD)

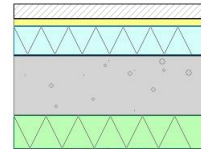
22-Außenwand-PRF(22) (FAW)



72-PRF(72) (FF)



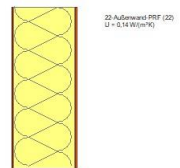
11-Bodenplatte(11) (FG)



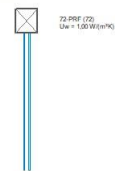
11-Bodenplatte(11)
U = 0,13 W/(m²K)

(FD)

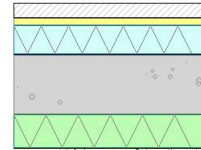
22-Außenwand-PRF(22) (FAW)



72-PRF(72) (FF)



11-Bodenplatte(11) (FG)



11-Bodenplatte(11)
U = 0,13 W/(m²K)

5. EG-Werkmaschinenraum1

Grundriss, Zone <8>08-Werkraum belüftet



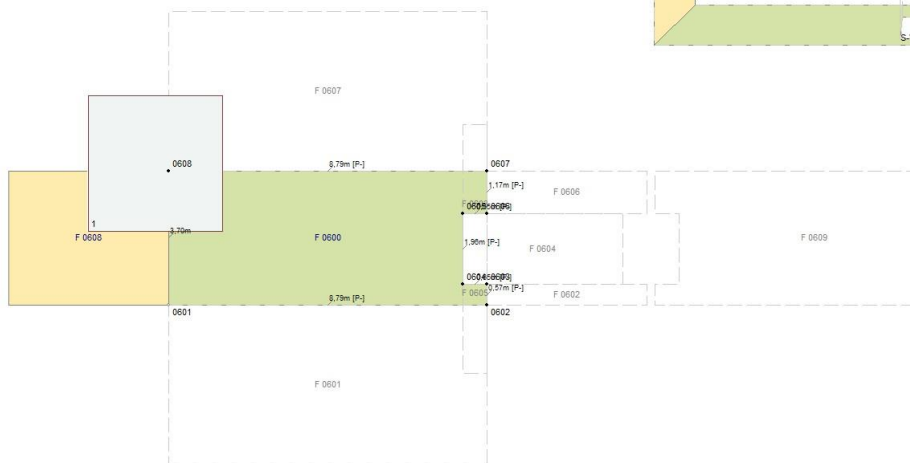
1m²

Hüllflächen	274,5 m²	Öffnungen	Bauteil
0500 FG	93,7		11-Bodenplatte(11)
0501 FAW S-W	35,0		21-Außenwand-WDVS(21)
0502	38,3		
0503	3,9		
0504	5,3		
0505	2,9		
0506	8,0		
0507	36,0		
0508 FAW N-W	51,5	42,0	22-Außenwand-PRF(22)
0509			

h = 4,42 m, hSt = 3,78 m, V = 414 m³, AN = 133 m², NGI = 83,2 m²

6. EG-Speiseraum

Grundriss, Zone <3>08-Klassenzimmer DIF.



1m²

Hüllflächen	147,4 m²	Öffnungen	Bauteil
0600 FG	31,3		11-Bodenplatte(11)
0601	38,9		
0602	2,5		
0603	2,9		
0604	8,7		
0605	2,9		
0606	5,2		
0607	38,9		
0608 FAW N-W	16,4	13,9	22-Außenwand-PRF(22)
0609			

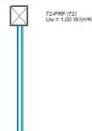
h = 4,42 m, hSt = 3,78 m, V = 138 m³, AN = 44 m², NGI = 26,1 m²

(FD)

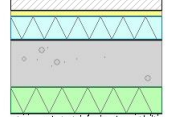
22-Außenwand-PRF(22) (FAW)



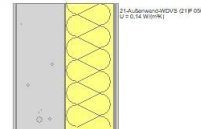
72-PRF(72) (FF)



11-Bodenplatte(11) (FG)

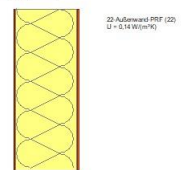


21-Außenwand-WDVS(21)

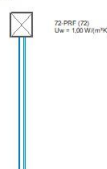


(FD)

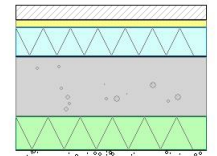
22-Außenwand-PRF(22) (FAW)



72-PRF(72) (FF)



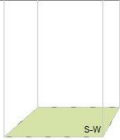
11-Bodenplatte(11) (FG)



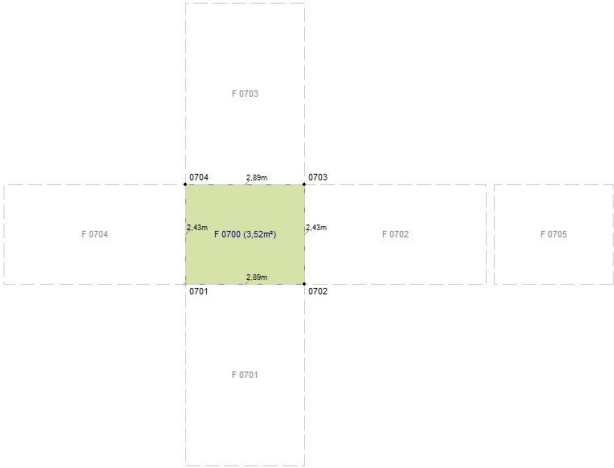
11-Bodenplatte(11)
(U = 0,13 W/(m²K))

7. EG-WC

Grundriss, Zone <10>16-Behind.-WC



S-W



F 0703

F 0704

F 0700 (3,52m²)

F 0702

F 0705

F 0701

0704 2,89m

0703

2,43m

0702

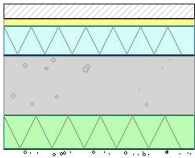
2,89m

0701

1m²

Hüllflächen	50,5 m²	Öffnungen	Bauteil
0700 FG	3,5		11-Bodenplatte(11)
0701	12,8		
0702	10,7		
0703	12,8		
0704	10,7		
0705			

$h = 4,42\text{ m}$, $hSt = 2,40\text{ m}$, $V = 31\text{ m}^3$, $AN = 10\text{ m}^2$




11-Bodenplatte(11) (FG)

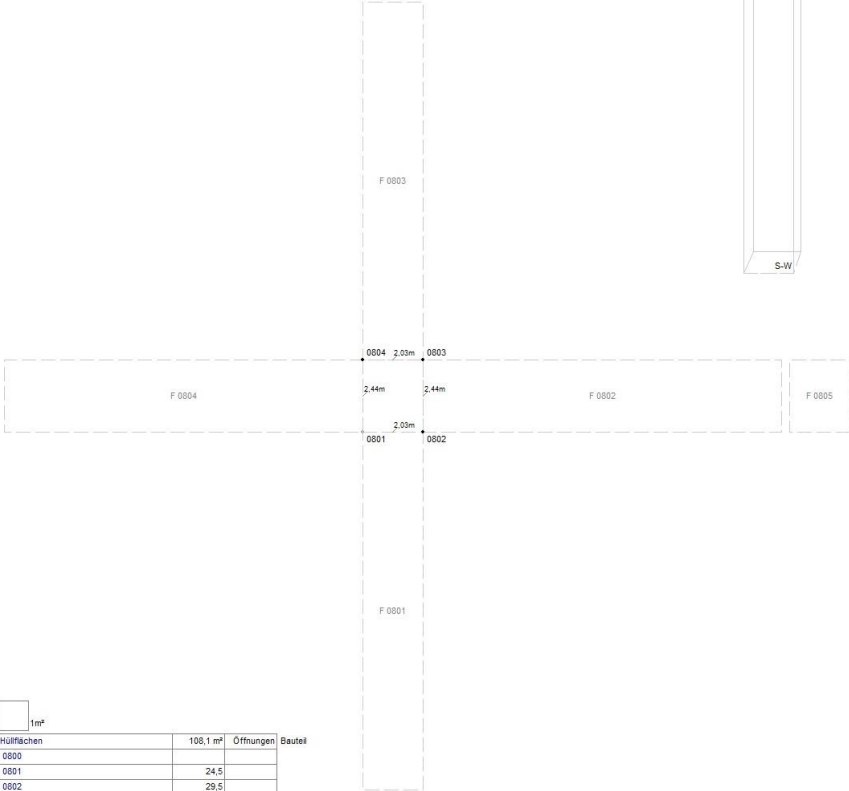
11-Bodenplatte (11)
h = 4,42 m (m)

8. Aufzug

Grundriss, Zone <1>18-Aufzug/Schacht



S-W



F 0803

F 0804

F 0802

F 0805

F 0801

0804 2,03m

0803

2,44m

0802

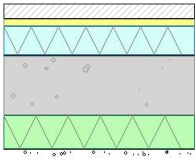
2,03m

0801

1m²

Hüllflächen	108,1 m²	Öffnungen	Bauteil
0800			
0801	24,5		
0802	29,5		
0803	24,5		
0804	29,5		
0805			

$h = 12,09\text{ m}$, $hSt = 2,40\text{ m}$, $V = 80\text{ m}^3$, $AN = 19\text{ m}^2$



11-Bodenplatte(11) (FG)

11-Bodenplatte (11)
h = 4,42 m (m)

Seite 112/125

9. EG-Flur 1

Grundriss, Zone <2>19-TRH/Flur

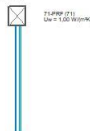


(FD)

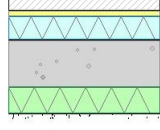
23-Außenwand-PRF(23) (FAW)



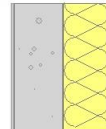
71-PRF(71) (FF)



11-Bodenplatte(11) (FG)

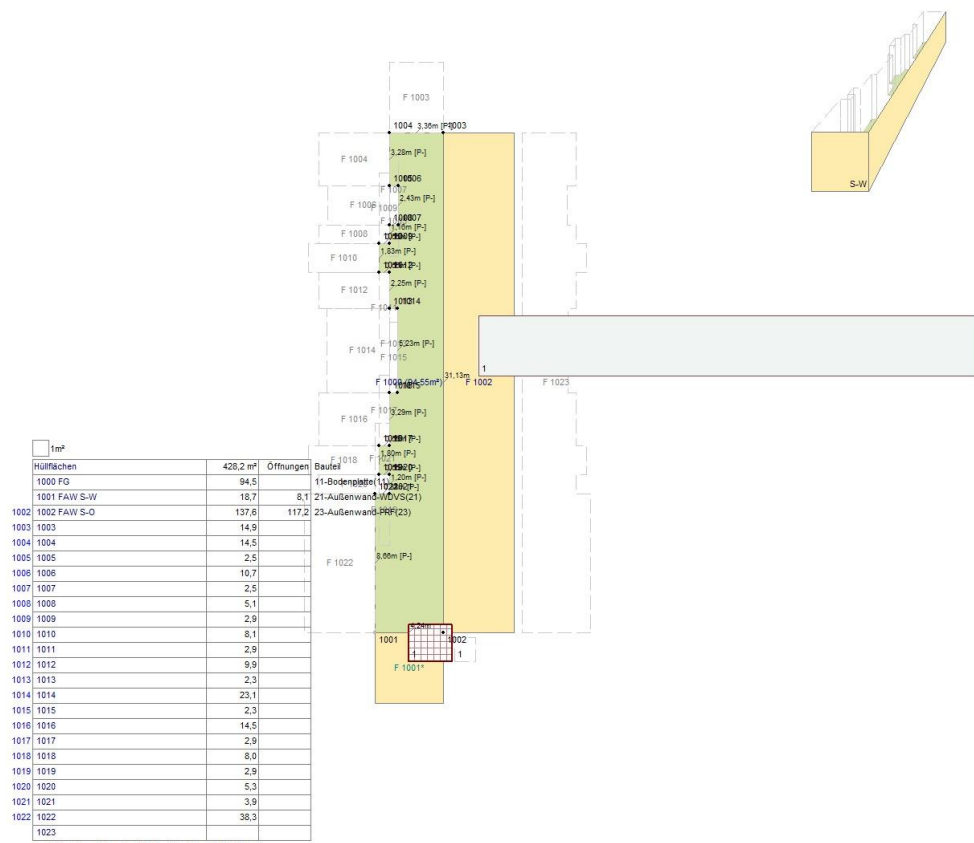


21-Außenwand-WDVS(21)



10. EG-Flur 2

Grundriss, Zone <2>19-TRH/Flur

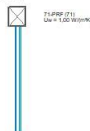


(FD)

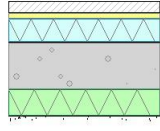
23-Außenwand-PRF(23) (FAW)



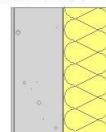
71-PRF(71) (FF)



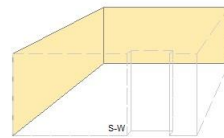
11-Bodenplatte(11) (FG)



21-Außenwand-WDVS(21)

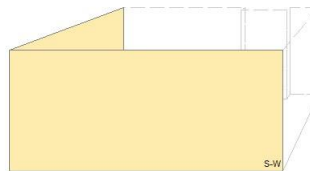


Grundriss, Zone <3>08-Klassenzimmer/ DIF.



1m²			
Hilfflächen	120,7 m²	Öffnungen	Beutel
1100			
1101	17,2		
1102	2,0		
1103	6,4		
1104	2,0		
1105	4,2		
1106	30,5		
1107 FAW N-O	27,8		21-Auf
1108 FAW N-W	30,5	23,3	22-Auf
1109			
h = 3,52 m, hSt = 2,86 m, V = 237 m³, Ah = 78 m², NSG = 58,3 m²			

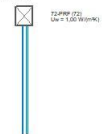
Grundriss, Zone <3>08-Klassenzimmer/ DIF.



1m²			
Hüllflächen		120,7 m²	Öffnungen
1200			23,3
1201 FAW N-W		30,5	21-Außenwand-PWF(22)
2 1202 FAW S-W		27,8	21-Außenwand-WDS(21)
3 1203		30,5	
4 1204		4,2	
5 1205		2,0	
6 1206		6,4	
7 1207		2,0	
8 1208		17,2	
h=9			
h = 3,62 m, HSt = 2,80 m, V = 237 m³, AN = 76 m², NGF = 58,3 m²			



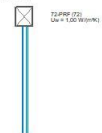
T2-PFP (72)
 $\lambda_{\text{eff}} = 1.00 \text{ W/(m}^2\text{K)}$



21-Außenwand-MDVS (21F 1107
U = 0,14 W/mK)



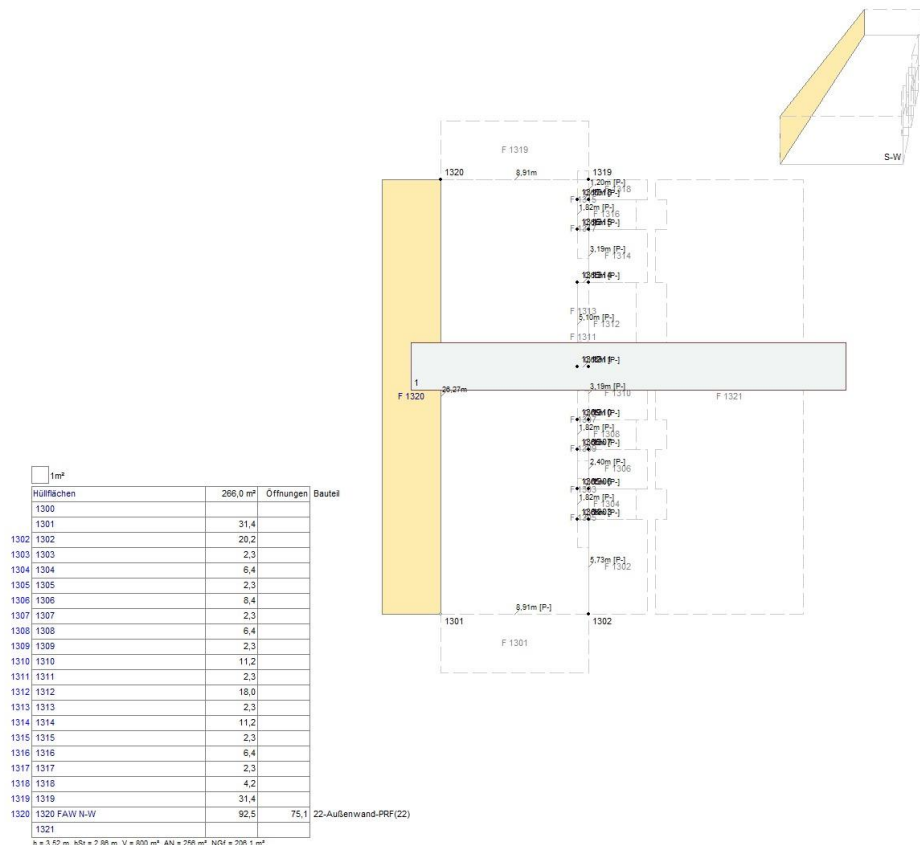
T2 PRF (72)
1300-8-00-00000000



21-Außenwand-WDVS (21F 1202
U = 0,14 W/(m²K))

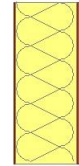
13. 1.OG-Kursraum

Grundriss, Zone <3>08-Klassenzimmer/ DIF;



(FD)

22-Außenwand-PRF(22) (FAW)



22-Außenwand PRF (22)
U = 0,14 W/(m²K)

72-PRF(72) (FF)

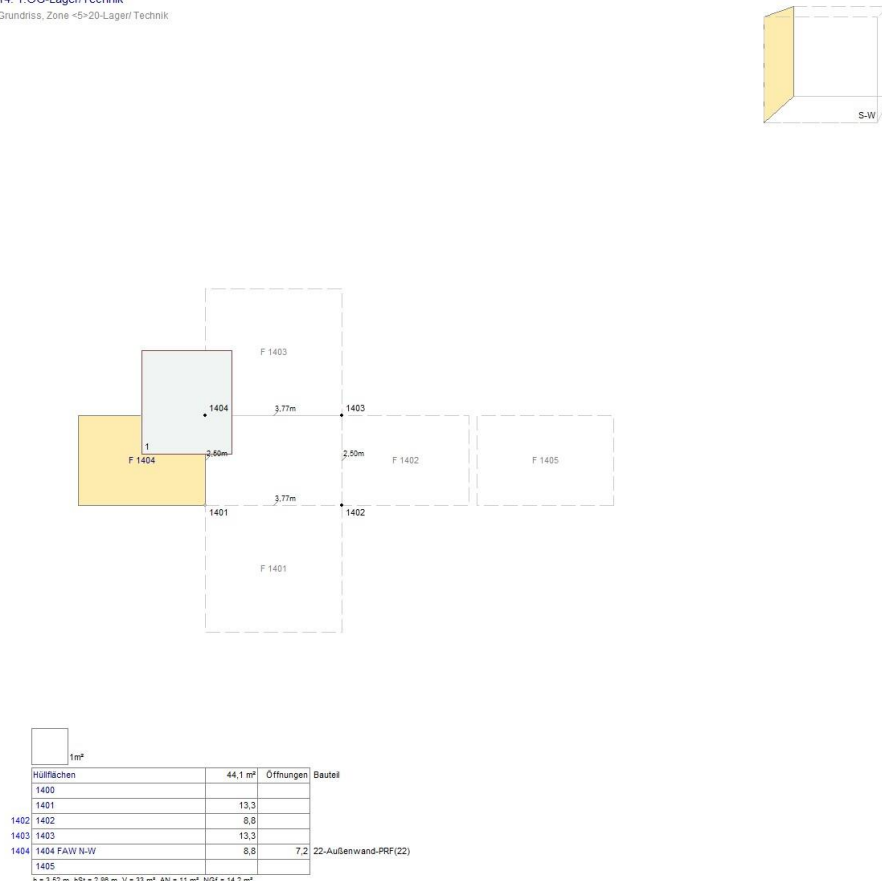


72-PRF (72)
Uw = 1,00 W/(m²K)

(FG)

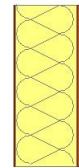
14. 1.OG-Lager/Technik

Grundriss, Zone <5>20-Lager/ Technik



(FD)

22-Außenwand-PRF(22) (FAW)



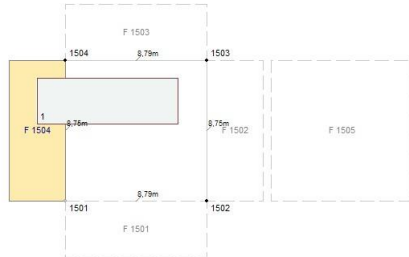
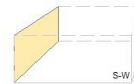
22-Außenwand PRF (22)
U = 0,14 W/(m²K)

72-PRF(72) (FF)



15. 1.OG-WC

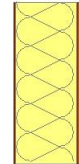
Grundriss, Zone <4>15-Sanitär



	1m²		
Hüllflächen	123,5 m²	Öffnungen	Bauteil
1500			
1501	30,9		
1502	30,8		
1503	30,9		
1504	30,8	25,0	22-Außenwand-PRF(22)
1505			
h = 3,52 m, hSt = 2,86 m, V = 271 m³, AN = 87 m², NGI = 54,1 m²			

(FD)

22-Außenwand-PRF(22) (FAW)



22-Außenwand PRF (22)
U = 0,14 W/(m²K)

72-PRF(72) (FF)

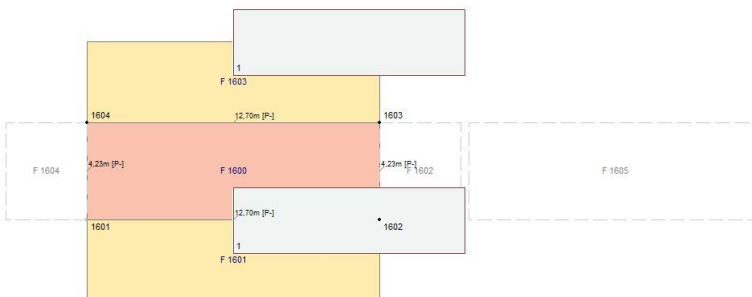


72-PRF (72)
Uw = 1,00 W/(m²K)

(FG)

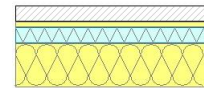
16. 1.OG-Brücke 1

Grundriss, Zone <2>19-TRH/Flur



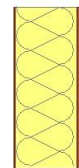
	1m²		
Hüllflächen	172,9 m²	Öffnungen	Bauteil
1600 FD	53,7		42-Deckenachuten(42)
1601 FAW S-W	44,7	28,7	22-Außenwand-PRF(22)
1602	14,9		
1603	44,7	28,7	22-Außenwand-PRF(22)
1604	14,9		
1605			
h = 3,52 m, hSt = 2,86 m, V = 189 m³, AN = 81 m², NGI = 54,8 m²			

42-Deckenachuten(42) (FD)



42-Decken nach unten (42)
U = 0,14 W/(m²K)

22-Außenwand-PRF(22) (FAW)



22-Außenwand PRF (22)
U = 0,14 W/(m²K)

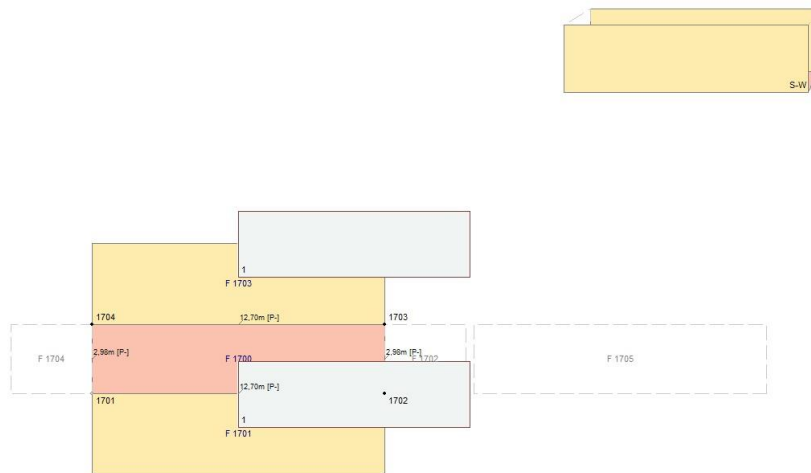
73-PRF(73) (FF)



73-PRF (73)
Uw = 1,00 W/(m²K)

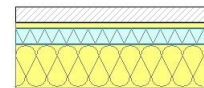
(FG)

17. 1.OG-Brücke 2 Grundriss, Zone <2>19-TRH/ Flur



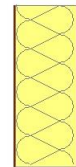
1m²			
Hüllflächen	148,2 m²	Öffnungen	Bauteil
1700 FD	37,9	42-Deckenachuten(42)	
1701 FAW S-W	44,7	22-Außenwand-PRF(22)	
1702 1702		10,5	
1703 1703 FAW N-O	44,7	22-Außenwand-PRF(22)	
1704 1704		10,5	
1705			
h = 3,52 m, hSt = 2,86 m, V = 133 m³, AN = 43 m², NGI = 36,3 m²			

42-Deckenachuten(42) (FD)



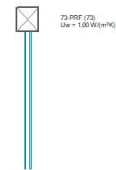
42-Decken nach unten (42)
U = 0,14 W/(m²K)

22-Außenwand-PRF(22) (FAW)



22-Außenwand PRF (22)
U = 0,14 W/(m²K)

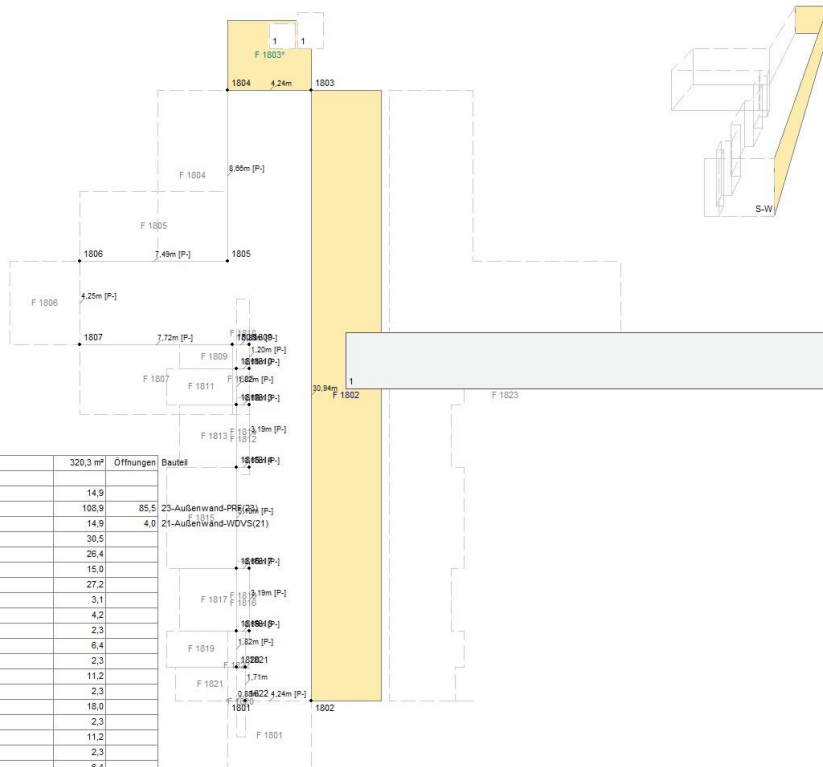
73-PRF(73) (FF)



73-PRF (73)
Uw = 1,00 W/(m²K)

(FG)

18. 1.OG-Flur 1 Grundriss, Zone <2>19-TRH/ Flur



1m²			
Hüllflächen	320,3 m²	Öffnungen	Bauteil
1800			
1801	14,9		
1802 1802 FAW S-O	108,9	85,5	23-Außenwand-PRF(23)
1803 1803 FAW N-O	14,9	4,0	21-Außenwand-WDVS(21)
1804 1804	30,5		
1805 1805	26,4		
1806 1806	15,0		
1807 1807	27,2		
1808 1808	3,1		
1809 1809	4,2		
1810 1810	2,3		
1811 1811	6,4		
1812 1812	2,3		
1813 1813	11,2		
1814 1814	2,3		
1815 1815	18,0		
1816 1816	2,3		
1817 1817	11,2		
1818 1818	2,3		
1819 1819	6,4		
1820 1820	1,5		
1821 1821	6,0		
1822 1822	3,1		
1823			
h = 3,52 m, hSt = 2,86 m, V = 525 m³, AN = 168 m², NGI = 119,7 m²			

(FD)

23-Außenwand-PRF(23) (FAW)



23-Außenwand-PRF (23)
U = 0,14 W/(m²K)

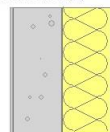
71-PRF(71) (FF)



71-PRF (71)
Uw = 1,00 W/(m²K)

(FG)

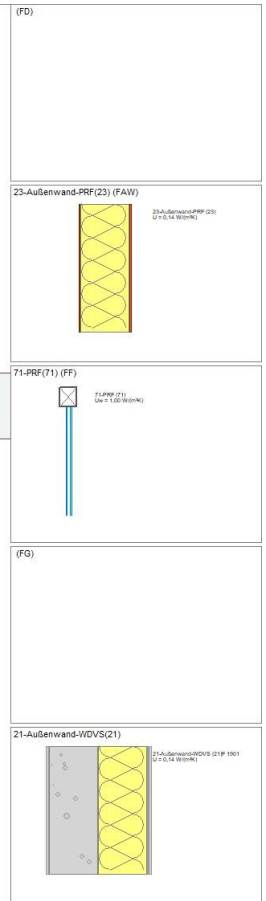
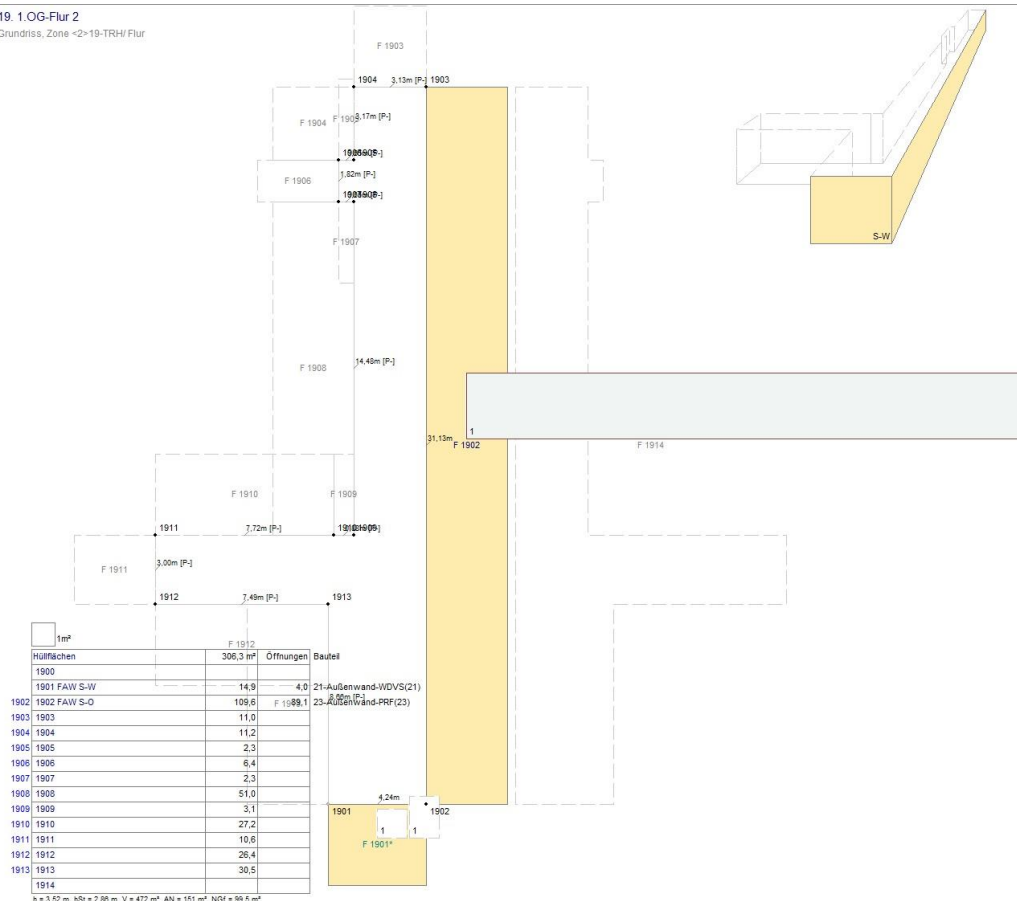
21-Außenwand-WDVS(21)



21-Außenwand-WDVS (21) 1803
U = 0,14 W/(m²K)

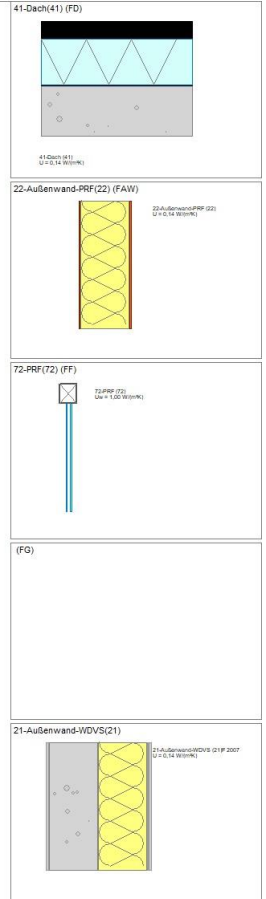
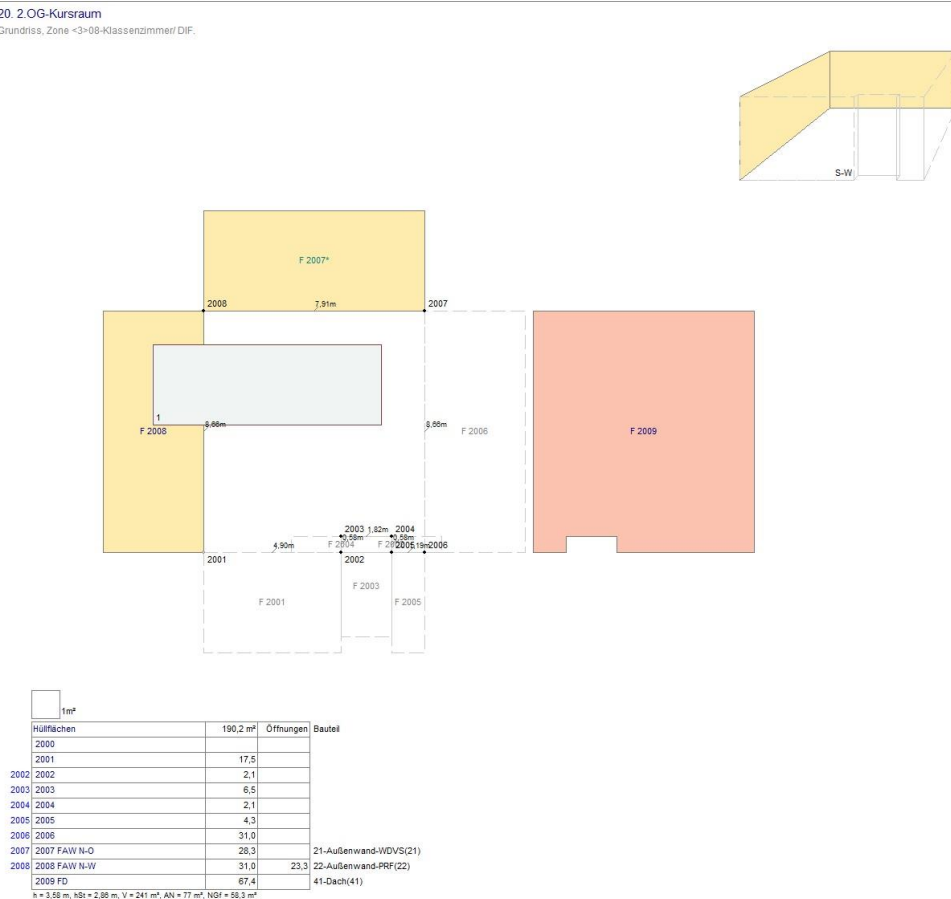
19. 1.OG-Flur 2

Grundriss, Zone <2>19-TRHI-Flur

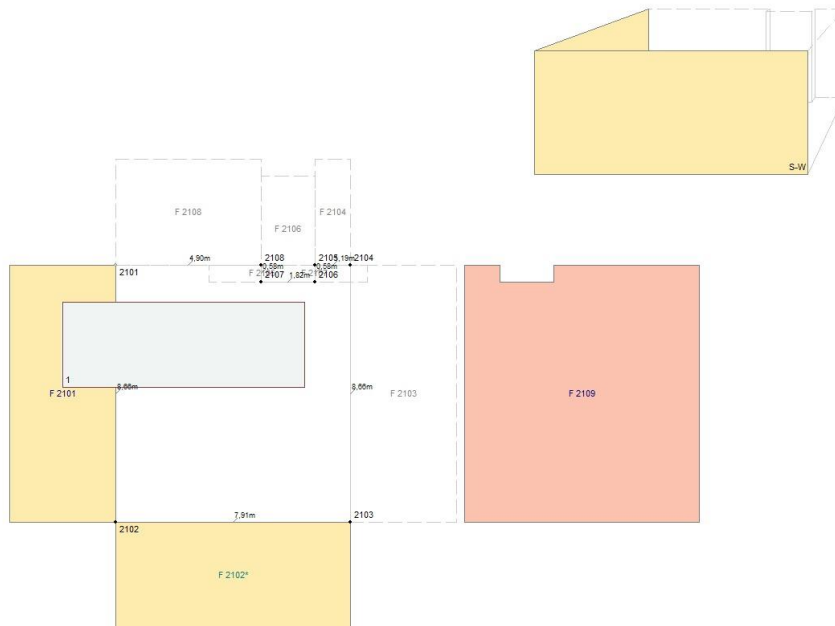


20. 2.OG-Kursraum

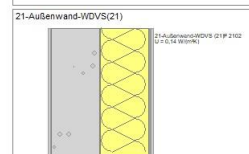
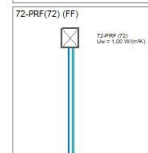
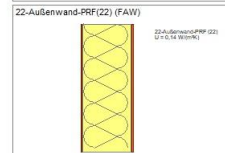
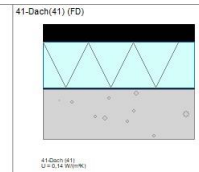
Grundriss, Zone <3>09-Klassenzimmer DIF



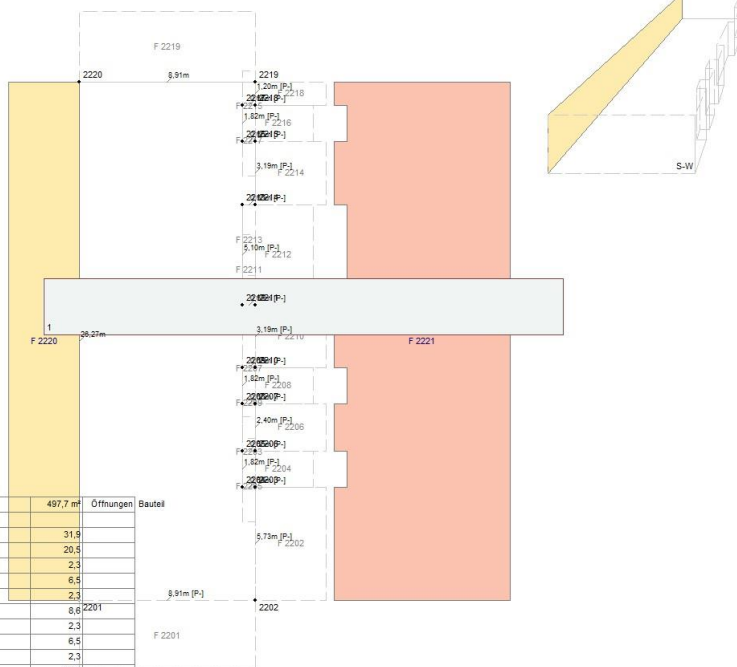
Grundriss, Zone <3>08-Klassenzimmer/ DIF.



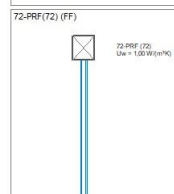
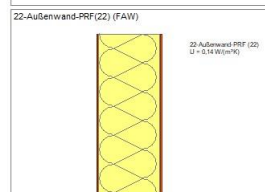
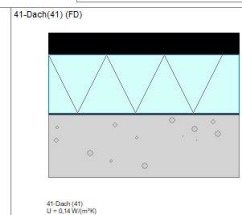
	1m ²	190,2 m ²	Öffnungen	Bauzeit
	Hüllflächen			
	2100			
	2101 FAW N-W	31,0	23,3	22-Außenwand-PRF(22)
2102	2102 FAW S-W	28,3		21-Außenwand-WDVS(21)
2103	2103	31,0		
2104	2104	4,3		
2105	2105	2,1		
2106	2106	6,5		
2107	2107	2,1		
2108	2108	17,5		
	2109 FD	67,4		41-Dach(41)
	$s = 3,58 \text{ m}, h_{St} = 2,88 \text{ m}, V = 241 \text{ m}^3, AN = 77 \text{ m}^2, NGF = 58,3 \text{ m}^2$			



Grundriss, Zone <3>08-Klassenzimmer/ DIF.

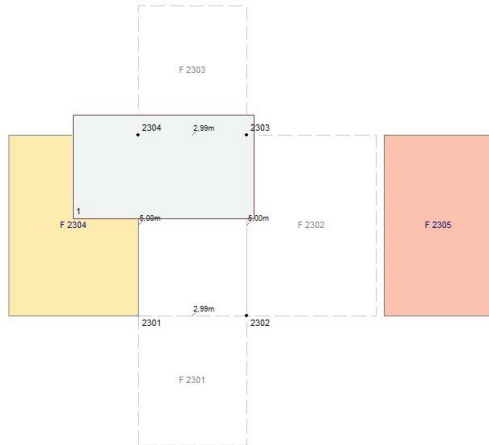
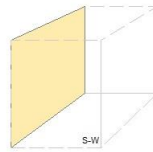


1m²				
Hilfflächen		497,7 m²	Örftungen	Bau teil
2200				
2201		31,9		
2202		20,5		
2203		2,3		
2204		6,5		
2205		2,3		
2206		8,6	2201	
2207		2,3		
2208		6,5		F 2201
2209		2,3		
2210		11,4		
2211		2,3		
2212		18,3		
2213		2,3		
2214		11,4		
2215		20,5		
2216		6,5		
2217		2,3		
2218		4,3		
2219		31,9		
2220	2220 FAW N-W	94,0	75,1	22-Außenwand-PRF (22)
2221	FD	227,2		41-Dach(41)



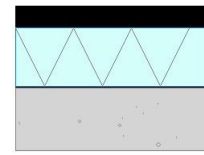
23. 2.OG-Lager/Technik

Grundriss, Zone <5>20-Lager/ Technik



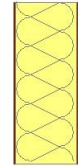
Hüllflächen	72,2 m²	Öffnungen	Bauteil
2300			
2301	10,7		
2302	17,9		
2303	10,7		
2304	17,9	14,3	22-Außenwand-PRF(22)
2305 FD	14,9		41-Dach(41)
h = 3,58 m, hSt = 2,88 m, V = 54 m³, AN = 17 m², NGI = 34,2 m²			

41-Dach(41) (FD)



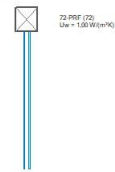
41-Dach(41)
U = 0,14 W/(m²K)

22-Außenwand-PRF(22) (FAW)



22-Außenwand PRF (22)
U = 0,14 W/(m²K)

72-PRF(72) (FF)

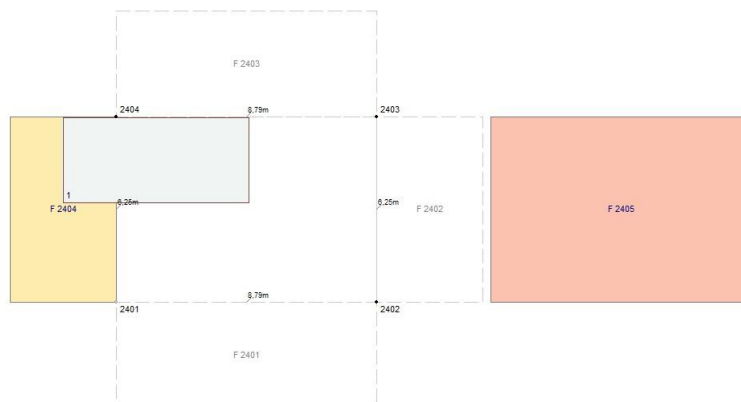
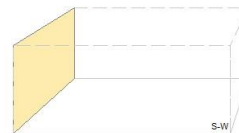


72-PRF (72)
Uw = 1,00 W/(m²K)

(FG)

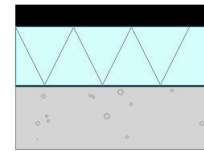
24. 2.OG-WC

Grundriss, Zone <4>16-Sanitär



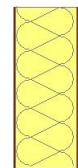
Hüllflächen	162,6 m²	Öffnungen	Bauteil
2400			
2401	31,5		
2402	22,4		
2403	31,5		
2404	22,4	17,9	22-Außenwand-PRF(22)
2405 FD	54,9		41-Dach(41)
h = 3,58 m, hSt = 2,88 m, V = 197 m³, AN = 63 m², NGI = 34,4 m²			

41-Dach(41) (FD)



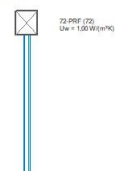
41-Dach(41)
U = 0,14 W/(m²K)

22-Außenwand-PRF(22) (FAW)



22-Außenwand PRF (22)
U = 0,14 W/(m²K)

72-PRF(72) (FF)

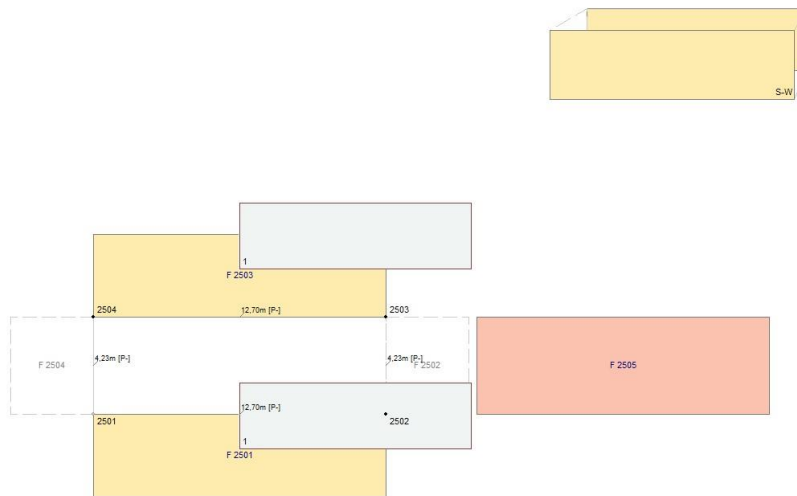


72-PRF (72)
Uw = 1,00 W/(m²K)

(FG)

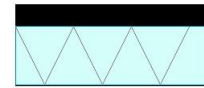
25. 2.OG-Brücke 1

Grundriss, Zone <2>19-TRH/ Flur



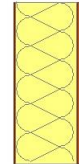
1m²		
Hüllflächen	174,9 m²	Öffnungen Bauteil
2500		
2501 FAW S-W	45,5	28,7
2502	15,1	
2503	45,5	28,7
2504	15,1	
2505 FD	53,7	
h = 3,58 m, hSt = 2,88 m, V = 192 m³, AN = 62 m², NGI = 54,8 m²		

43-Dach(43) (FD)



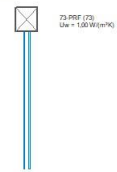
43-Dach-Brücke (43)
U = 0,14 W/(m²K)

22-Außenwand-PRF(22) (FAW)



22-Außenwand-PRF (22)
U = 0,14 W/(m²K)

73-PRF(73) (FF)

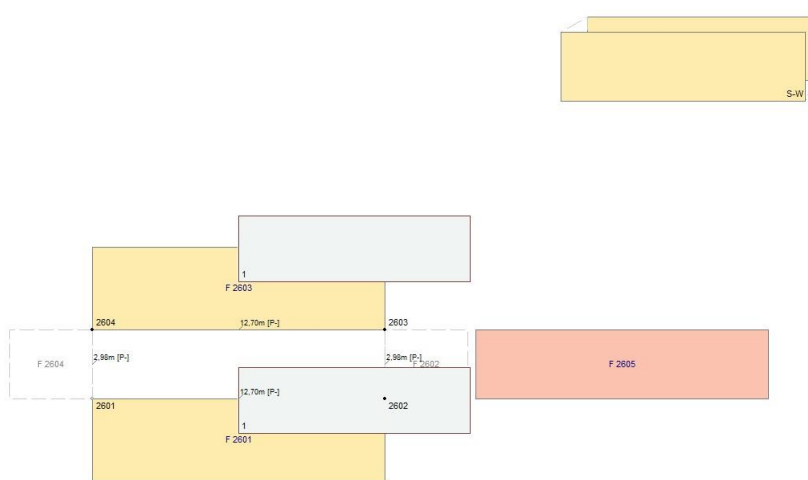


73-PRF (73)
Uw = 1,00 W/(m²K)

(FG)

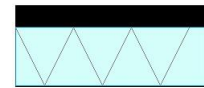
26. 2.OG-Brücke

Grundriss, Zone <2>19-TRH/ Flur



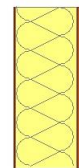
1m²		
Hüllflächen	150,1 m²	Öffnungen Bauteil
2600		
2601 FAW S-W	45,5	28,7
2602	10,7	
2603	45,5	28,7
2604	10,7	
2605 FD	37,9	
h = 3,58 m, hSt = 2,88 m, V = 135 m³, AN = 43 m², NGI = 36,3 m²		

43-Dach(43) (FD)



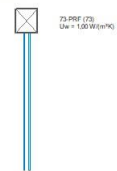
43-Dach-Brücke (43)
U = 0,14 W/(m²K)

22-Außenwand-PRF(22) (FAW)



22-Außenwand-PRF (22)
U = 0,14 W/(m²K)

73-PRF(73) (FF)

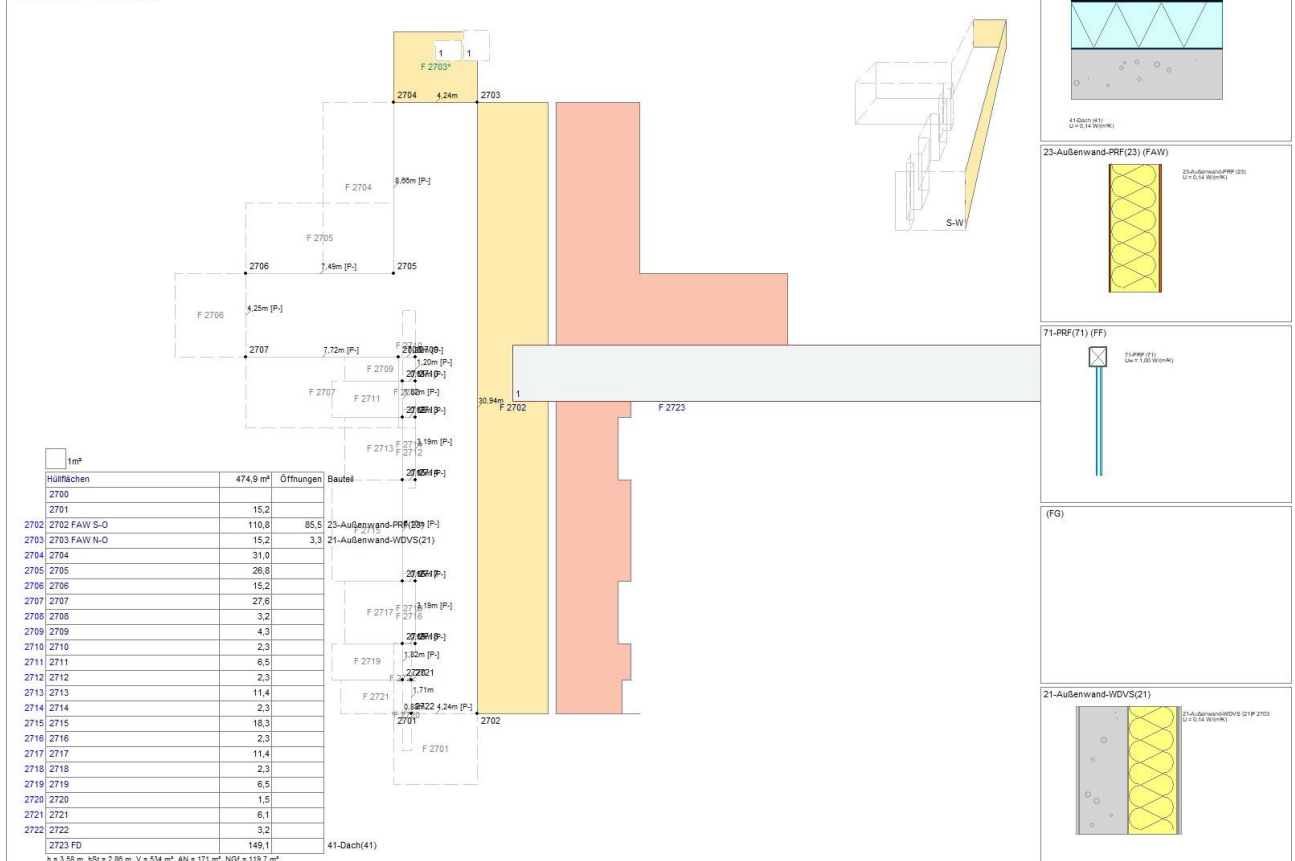


73-PRF (73)
Uw = 1,00 W/(m²K)

(FG)

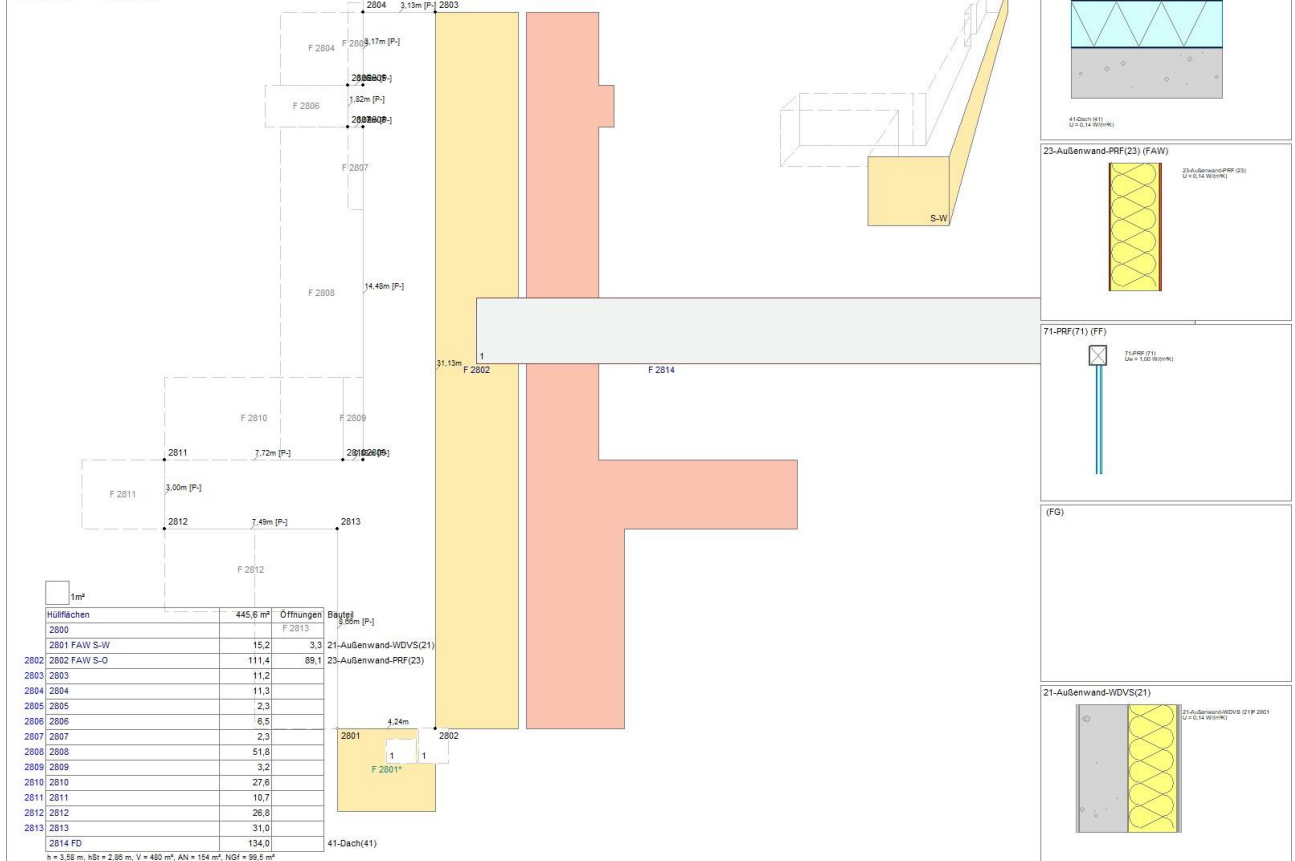
27. 2.OG-Flur 1

Grundriss, Zone <2>19-TRH/Flur



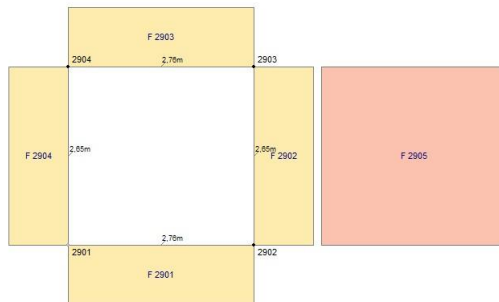
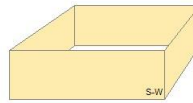
28. 2.OG-Flur 2

Grundriss, Zone <2>19-TRH/Flur



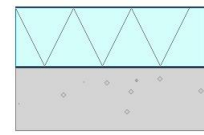
29. 3.OG-Ueberfahrt

Grundriss, Zone <1>-18-Aufzug/ Schacht



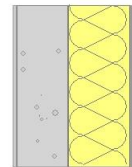
Hüllflächen	16,8 m²	Öffnungen	Bauteil
2900			
2901 FAW S-W	2,4		28-Außenwand-Ueberfahrt(28)
2902 2902 FAW S-O	2,3		28-Außenwand-Ueberfahrt(28)
2903 2903 FAW N-O	2,4		28-Außenwand-Ueberfahrt(28)
2904 2904 FAW N-W	2,3		28-Außenwand-Ueberfahrt(28)
2905 FD	7,3		44-Dach-Ueberfahrt(44)
h = 0,88 m, hSt = 2,40 m, V = 6 m³, AN = 2 m², NGf = 3,0 m²			

44-Dach-Ueberfahrt(44) (FD)



44-Dach-Ueberfahrt(44)
U = 0,14 W/(m²K)

28-Außenwand-Ueberfahrt(28) (FAW)



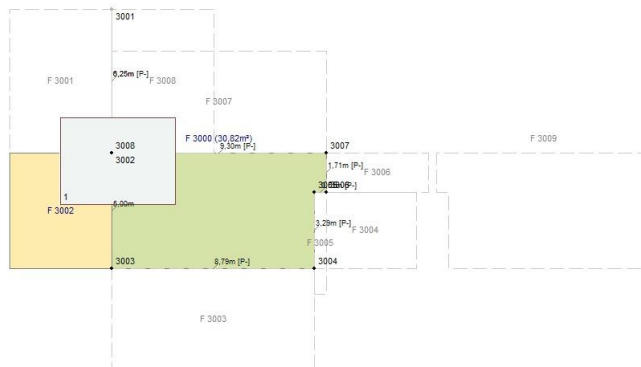
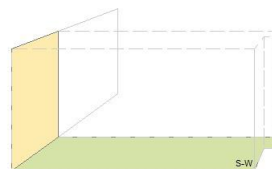
28-Außenwand Ueberfahrt(28)
U = 0,14 W/(m²K)

(FF)

(FG)

30. EG-Werkmaschinenraum 2

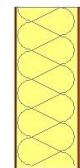
Grundriss, Zone <7>-08-Werkraum



Hüllflächen	212,5 m²	Öffnungen	Bauteil
3000 FG	30,8		11-Bodenplatte(11)
3001	27,6		
3002 3002 FAW N-W	22,1	18,8	22-Außenwand-PRF(22)
3003	38,9		
3004	14,5		
3005	2,3		
3006	7,6		
3007	41,1		
3008	27,6		
3009			
h = 4,42 m, hSt = 3,78 m, V = 198 m³, AN = 63 m², NGf = 40,4 m²			

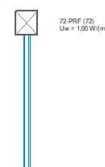
(FD)

22-Außenwand-PRF(22) (FAW)



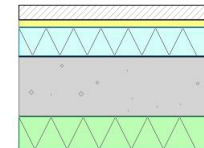
22-Außenwand PRF(22)
U = 0,14 W/(m²K)

72-PRF(72) (FF)



72-PRF(72)
U = 0,02 W/(m²K)

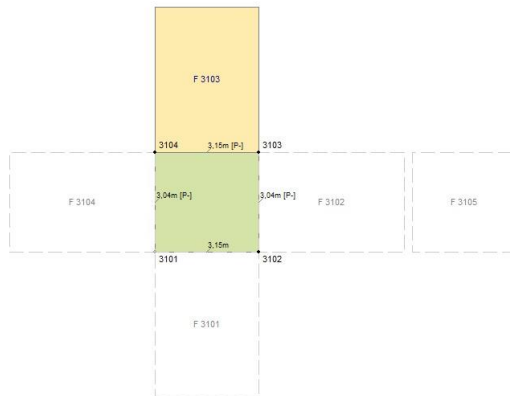
11-Bodenplatte(11) (FG)



11-Bodenplatte(11)
U = 0,13 W/(m²K)

31. EG-Lager/Technik belüftet

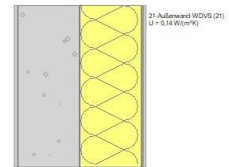
Grundriss, Zone <9>20-Lager/Technik belüftet



	1m²		
Hüllflächen	54,7 m²	Öffnungen	Bauteil
3100 FG			
3101	13,9		
3102 3102	13,4		
3103 3103 FAW N-O	13,9		21-Außenwand-WDVS(21)
3104 3104	13,4		
3105			
h = 4,42 m, hSt = 3,78 m, V = 42 m³, AN = 14 m², NGf = 5,0 m²			

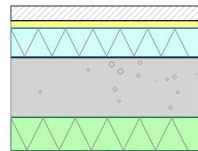
(FD)

21-Außenwand-WDVS(21) (FAW)



(FF)

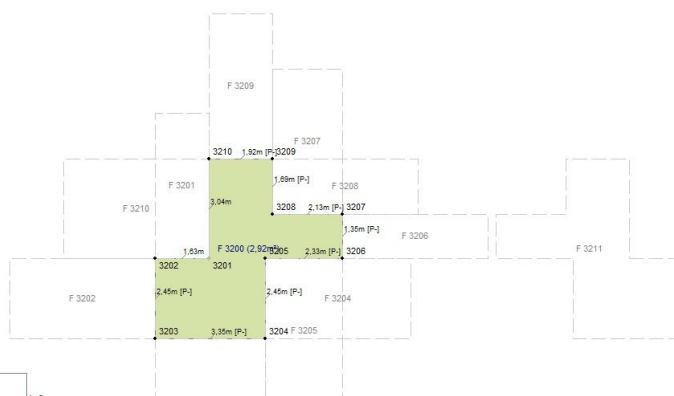
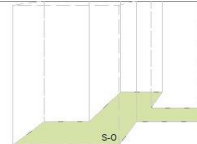
11-Bodenplatte(11) (FG)



11-Bodenplatte (11)
(U = 0,13 W/(m²K))

32. EG-Lager/Technik belüftet

Grundriss, Zone <9>20-Lager/Technik belüftet



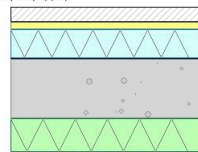
	1m²		
Hüllflächen	101,7 m²	Öffnungen	Bauteil
3200 FG	2,9		11-Bodenplatte(11)
3201	7,2		
3202 3202	10,8		
3203 3203	14,8		
3204 3204	10,8		
3205 3205	10,3		
3206 3206	6,0		
3207 3207	9,4		
3208 3208	7,5		
3209 3209	8,5		
3210 3210	13,4		
3211			
h = 4,42 m, hSt = 3,78 m, V = 75 m³, AN = 24 m², NGf = 16,9 m²			

(FD)

(FAW)

(FF)

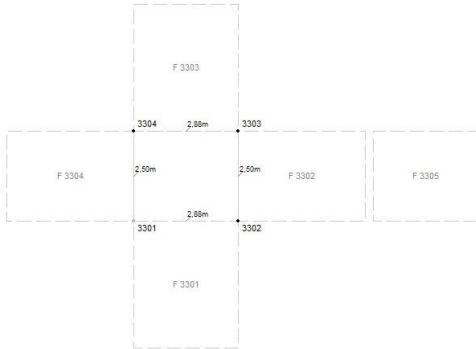
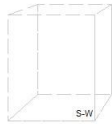
11-Bodenplatte(11) (FG)



11-Bodenplatte (11)
(U = 0,13 W/(m²K))

33. 1.OG-Lager/Technik belüftet

Grundriss, Zone <9>20-Lager/Technik belüftet



	1m²		
Hüllflächen	37,9 m²	Öffnungen	Bauteil
3300			
3301	10,1		
3302	8,8		
3303	10,1		
3304	8,8		
3305			
h = 3,52 m, hSt = 2,88 m, V = 26 m³, AN = 8 m², NGI = 8,5 m²			

(FD)

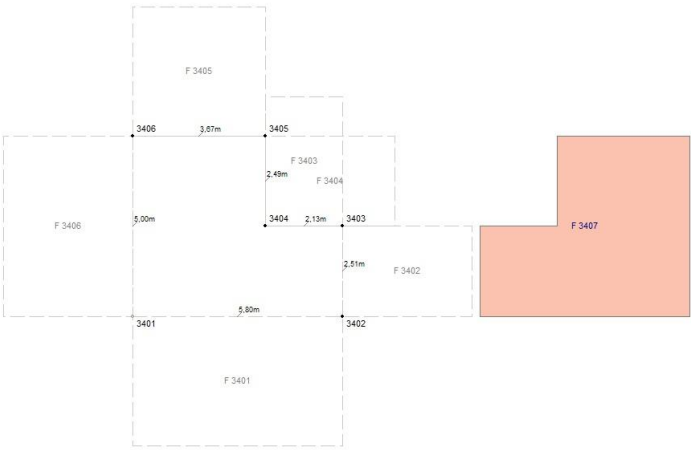
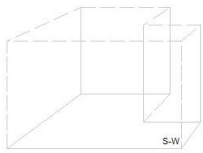
(FAW)

(FF)

(FG)

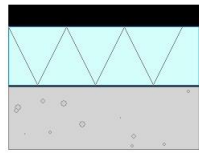
34. 2.OG-Lager/Technik belüftet

Grundriss, Zone <9>20-Lager/Technik belüftet



	1m²		
Hüllflächen	101,0 m²	Öffnungen	Bauteil
3400			
3401	20,8		
3402	9,0		
3403	7,8		
3404	8,9		
3405	13,1		
3406	17,9		
3407 FD	23,7		41-Dach(41)
h = 3,58 m, hSt = 2,88 m, V = 85 m³, AN = 27 m², NGI = 22,5 m²			

41-Dach(41) (FD)



(FAW)

(FF)

(FG)