

Müller-BBM Building Solutions GmbH
Standort Gelsenkirchen
Fritz-Schupp-Straße 4
45899 Gelsenkirchen

Telefon +49(209)389396 0
Telefax +49(89)999507 62

www.mbbm-bso.com

M.Sc. Charlotte Hegerfeld
Telefon +49(209)389396 15
Charlotte.Hegerfeld@mbbm-bso.com

01. Dezember 2023
B152948/08 Version 1 HGR/GLK

Neubau der Grundschule an der Ruhr, Mintarder Weg 43 in Essen-Kettwig

**Nachweis des Standards BEG 40 / KFN
auf Basis des Gebäudeenergiegesetzes**

Bericht Nr. B152948/08

Bauherr:	Stadt Essen Der Oberbürgermeister Immobilienwirtschaft, Projektmanagement Lindenallee 59-67 45127 Essen
Generalplaner:	SSP AG Lise-Meitner-Allee 30 44801 Bochum
Bearbeitet von:	M.Sc. Charlotte Hegerfeld Dr. Wolfgang Drescher
Berichtsumfang:	Insgesamt 105 Seiten, davon 16 Seiten Textteil, 15 Seiten Anhang A und 35 Seiten Anhang B 34 Seiten Anhang C und 5 Seiten Anhang D

Müller-BBM Building Solutions GmbH
Standort Gelsenkirchen
HRB München 278753
USt-IdNr. DE355267779

Geschäftsführer:
Stefan Schierer, Elmar Schröder

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	3
2	Grundlagen	4
3	Angaben zum Objekt	5
3.1	Bauliche Situation	5
3.2	Definition der thermischen Gebäudehülle	5
3.3	Gebäudekennndaten	6
4	Anforderungen an den energiesparenden Wärmeschutz	6
4.1	Anforderungen gemäß GEG (Gebäudeenergiegesetz)	6
4.2	Anforderungen gemäß BEG (Bundesförderung für effiziente Gebäude)	8
5	Bauphysikalisches Konzept	9
5.1	Zonierung des Gebäudes	9
5.2	Bauphysikalische Berechnungsgrundlagen	9
5.3	Angaben zur wärmschutztechnischen Qualität der Außenbauteile	10
6	Haustechnisches Planungskonzept	10
6.2	Photovoltaik	13
7	Nachweise	13
7.1	Nachweis des Mindestwärmeschutzes nach DIN 41082 und DIN 4108-3	13
7.2	Jahres-Primärenergiebedarf Q_p	13
7.3	Nachweis der Thermischen Hülle	13
7.4	Ergänzende Kennwerte	Fehler! Textmarke nicht definiert.
7.5	Einhaltung des Anteils Erneuerbarer Energien	14
7.6	Einhaltung der EE-Klasse	Fehler! Textmarke nicht definiert.
7.7	Nachweis sommerlicher Wärmeschutz nach DIN 4108-2	14
Anhang A	Bauteilaufbauten	
Anhang B	Bilanzierung nach DIN V 18599	
Anhang C	Bilanzierung nach DIN V 18599 – Referenzgebäude	
Anhang D	Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes	

1 Zusammenfassung

Im folgenden Bericht wird für den Neubau der Grundschule an der Ruhr in Essen-Kettwig der Nachweis zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien gemäß dem Gebäudeenergiegesetz (GEG) dokumentiert und stellt damit die sog. „Erfüllungserklärung“ nach § 92 GEG dar. Die Ergebnisse können wie folgt zusammengefasst werden:

Tabelle 1. Zusammenfassung Ergebnisse und Standards.

Kennwert	Eichenplatzgrundschule
Gebäudestandard	KfW 40
Endenergiebedarf	31,3 kWh/(m ² · a)
CO2 Emissionen	60 t/a

Der angestrebte Standard gemäß GEG sowie der erhöhte Standard gemäß BEG-Effizienzgebäude 40 werden mit dem Planstand vom 01.06.2023 eingehalten. Dabei müssen ergänzend nachfolgende Punkte berücksichtigt werden:

- Für das Gebäude ist eine Luftdichtheitsprüfung („Blower-Door-Test“) erforderlich (förderrelevant).
- Für das Gebäude wird ein Gleichwertigkeitsnachweis der Kategorie B mit $\Delta U_{WB} \leq 0,03 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ notwendig.

Die Beantragung einer Förderung nach BEG ist geplant.

2 Grundlagen

Dem vorliegenden Bericht liegen zugrunde:

- [1] Planfreeze zur LPH4 (Grundrisse, Ansichten, Schnitt) von SSP AG, erhalten am 14.09.2023
- [2] Grundlagen Abstimmung Haustechnikplanung
- [3] Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz - GEG) in der Fassung vom 08. August 2020
- [4] Mitgeltende Normen zum GEG, insbesondere DIN V 18599: Energetische Bewertung von Gebäuden. Teile 1 – 11, Ausgabe 2018-09
- [5] DIN 4108-2: Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden - Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz. 2013-02
- [6] DIN 4108-3: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz - Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung. 2018-10
- [7] Müller-BBM Bericht Nr. M152948/04 vom 31.08.2023:
„Neubau Schule an der Ruhr in Essen-Kettwig – Entwurfsplanung Wärmeschutz“
- [8] Müller-BBM Bericht Nr. M152948/02 vom 06.01.2022:
„Neubau Schule an der Ruhr in Essen-Kettwig – Wärmeschutztechnisches Planungskonzept“
- [9] Software Dämmwerk 2023, Fa. KERN Ingenieurkonzepte, Version 2023-230911
- [10] Müller-BBM Präsentation vom 13.11.2023: Schule an der Ruhr, BNB-Zertifizierung zum thermischen Komfort, Kriterium 3.1.1

3 Angaben zum Objekt

3.1 Bauliche Situation

Der geplante Neubau der Schule an der Ruhr besteht aus zwei Gebäudeabschnitten mit Unterrichtsräumen und einer Einfach-Sporthalle. Die Gebäudeteile sind über ein Eingangs- und Erschließungsgebäude mit Forum verbunden.

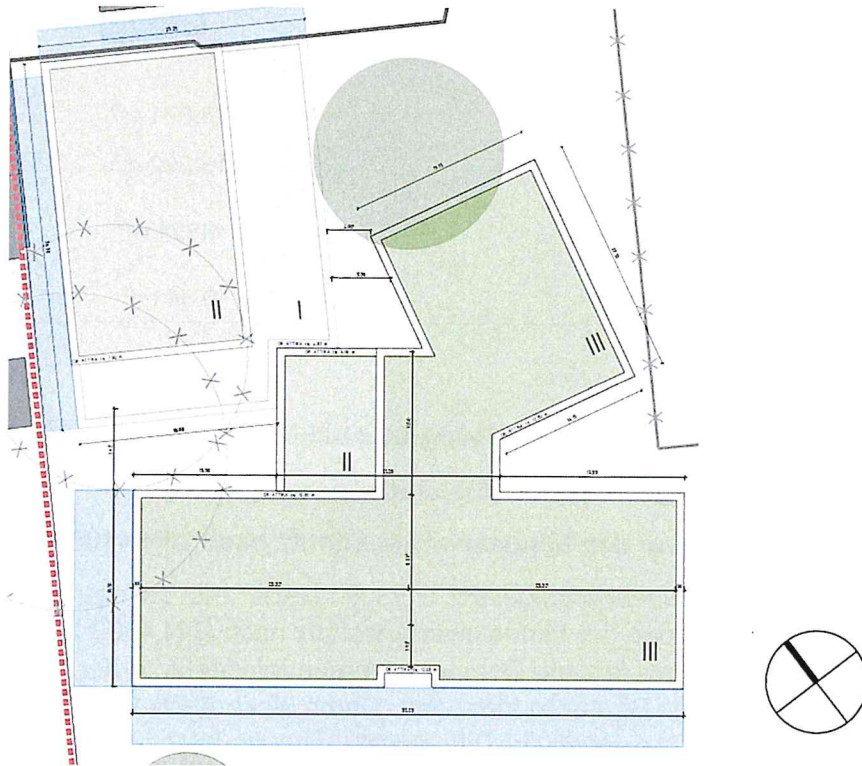


Abbildung 1. BV Schule an der Ruhr.

Das Gebäude weist ein EG sowie ein bis zwei Obergeschosse auf. Ein Untergeschoss ist nicht vorhanden.

Das Gebäude wird als Massivbau mit Stahlbetondecken und Warmdachkonstruktionen geplant. Die Außenfassaden werden in Stahlbetonbauweise mit hinterlüfteter Fassade errichtet.

3.2 Definition der thermischen Gebäudehülle

Für die Definition der thermischen Gebäudehülle wird Folgendes vorgeschlagen:

- Sämtliche Gebäudebereiche werden als auf normale Temperaturen ($\theta \geq 19 \text{ }^{\circ}\text{C}$) beheizte Gebäudeteile angesehen.

Unter Berücksichtigung dieser Festlegung sind sämtliche Bauteile von beheizten bzw. temperierten Gebäudezonen angrenzend an das Erdreich sowie an die Außenluft mit einer entsprechend dimensionierten Wärmedämmung auszustatten.

3.3 Gebäudekenndaten

Für das vorliegende Bauvorhaben wurden folgende relevante Bezugsgrößen ermittelt:

Tabelle 2. Bezugsgrößen Gebäude.

Kennwert	Grundschule an der Ruhr
Wärmeübertragende Umfassungsfläche A	8.184 m ²
Bruttovolumen V _e	23.971 m ³
Nettovolumen V	15.992 m ³
Nettogrundfläche A _{NGF} gemäß GEG	4.821 m ²
A/V _e -Verhältnis	0,34 m ⁻¹

4 Anforderungen an den energiesparenden Wärmeschutz

4.1 Anforderungen gemäß GEG (Gebäudeenergiegesetz)

4.1.1 Anforderungen an den Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2 und DIN 4108-3

Nach dem Gebäudeenergiegesetz GEG § 11 Abs. 1 ist bei neu zu errichtenden Nichtwohngebäuden der Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2 in Verbindung mit DIN 4108-3 sicherzustellen. Demnach werden Mindestanforderungen an den Wärmeschutz von Bauteilen formuliert. Durch diese Anforderungen soll die Baukonstruktion dauerhaft vor Diffusionsfeuchteschäden im Bauteilinneren sowie auf der Bauteiloberfläche geschützt werden. Zusätzlich soll die Wärmeübertragung durch die Bauteile verringert sowie ein hygienisches Raumklima für den Nutzer geschaffen werden.

Ein Nachweis des Mindestwärmeschutzes ist erforderlich für Außenbauteile von Aufenthaltsräumen in Hochbauten, die auf eine Innentemperatur von $\theta_i \geq 12 \text{ °C}$ beheizt werden. Für diese Bauteile werden in DIN 4108-2 Mindestwerte für die Wärmedurchlasswiderstände festgelegt.

Außen liegende Fenster und Fenstertüren von beheizten Räumen sind mindestens mit Isolier- oder Doppelverglasung auszuführen.

4.1.2 Anforderungen sommerlicher Wärmeschutz

Nach dem Gebäudeenergiegesetz GEG § 14 ist bei Nichtwohngebäuden unabhängig von einer ggf. vorhandenen Kühlung der sommerliche Wärmeschutz nach DIN 4108-2 (standardisiertes Berechnungsverfahren) zu prüfen und einzuhalten.

In diesem Zusammenhang sind folgende Randbedingungen zu berücksichtigen:

- Durch die Anforderungen zum sommerlichen Wärmeschutz soll erreicht werden, dass in Aufenthaltsräumen während einer Folge heißer Sommertage die zumutbaren Raumtemperaturen nicht so oft überschritten werden und möglichst keine Kühlung/Anlagentechnik benötigt wird.
- Anhand des standardisierten Berechnungsverfahrens nach DIN 4108-2 können jedoch keine Aussagen zu den auftretenden Spitzenwerten der sommerlichen Raumtemperaturen sowie zu Häufigkeiten erhöhter Temperaturen getroffen werden. Derartige Aussagen sind ausschließlich anhand von thermischen Raumsimulationen zu ermitteln.
- Die Einhaltung der in DIN 4108-2 genannten Anforderungen sichert im Hinblick auf die sommerlichen Raumklimabedingungen nur einen Mindeststandard. Zum Erreichen höherwertiger sommerlicher Klimaverhältnisse werden neben regelbaren, außen liegenden Sonnenschutzmaßnahmen häufig auch anlagentechnische Maßnahmen notwendig.

4.1.3 Jahres-Primärenergiebedarf und mittlere \bar{U} -Werte

Im Sinne des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) ist das Gebäude als neu zu errichtendes Nichtwohngebäude mit normalen bzw. niedrigen Innentemperaturen ($\theta_i \geq 19^\circ\text{C}$ bzw. $12^\circ\text{C} \leq \theta_i < 19^\circ\text{C}$) einzustufen.

Nach GEG § 18 werden an das Bauobjekt Anforderungen an den Jahres-Primärenergiebedarf Q_P für Heizung, Warmwasserbereitung, Lüftung, Kühlung und eingebaute Beleuchtung gestellt. Der mit dem Faktor 0,55 multiplizierte Wert des Jahres-Primärenergiebedarfs eines Referenzgebäudes gleicher Geometrie, Nettogrundfläche, Ausrichtung und Nutzung einschließlich der Anordnung der Nutzungseinheiten mit der in GEG Anlage 2 angegebenen technischen Ausführung darf hierbei nicht überschritten werden.

Nach GEG § 19 muss das zu errichtende Nichtwohngebäude die Höchstwerte der mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten \bar{U} der wärmeübertragenden Umfassungsfläche nach GEG Anlage 3 einhalten.

Die einzuhaltenden mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten lauten wie folgt:

Tabelle 3. Auszug aus dem GEG, Anlage 3: Zusammenstellung der Anforderungen für die beim vorliegenden Bauvorhaben vorhandenen mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten.

Bauteil	Höchstwerte der Mittelwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten
	Zonen von Nichtwohngebäuden mit Innentemperaturen von $\theta \geq 19^\circ\text{C}$
Opake Außenwände	$\bar{U} \leq 0,28 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
Transparente Außenbauteile	$\bar{U} \leq 1,5 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
Vorhangfassaden	$\bar{U} \leq 1,5 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
Glasdächer, Lichtbänder, Lichtkuppel	$\bar{U} \leq 2,5 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

4.1.4 Vorbildfunktion

Gemäß GEG § 4 kommt einem Gebäude, das sich im Eigentum der öffentlichen Hand befindet und von einer Behörde genutzt wird, eine Vorbildfunktion zu. Dann muss geprüft werden, ob und in welchem Umfang Erträge durch die Errichtung einer im unmittelbaren räumlichen Zusammenhang mit dem Gebäude stehenden Anlage zur Erzeugung von Strom aus solarer Strahlungsenergie oder durch solarthermische Anlagen zur Wärme- und Kälteerzeugung erzielt und genutzt werden können.

4.2 Anforderungen gemäß BEG (Bundesförderung für effiziente Gebäude)

4.2.1 Effizienzgebäude 40 Standard / KFN

Für das vorliegende Gebäude soll eine Bundesförderung für effiziente Gebäude beantragt werden. Gemäß der Richtlinie für die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG NWG) ist das Gebäude als „Klimafreundliches Nichtwohngebäude KFN förderfähig, wenn folgende Kriterien erfüllt sind:

- Der Jahres-Primärenergiebedarf darf maximal 40 % des errechneten Wertes für das Referenzgebäude nach GEG betragen.
- Außerdem sind folgende Anforderungen an die mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten der Gebäudehülle einzuhalten:

Tabelle 4. Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten der wärmeübertragenden Umfassungsfläche von Nichtwohngebäuden gemäß BEG (NWG) Richtlinie, Anlage 1.

Nr.	Bauteil	Normal beheizte Zonen	Niedrig beheizte Zonen
		($\theta \geq 19\text{ °C}$) \bar{U} -Wert [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$]	($12\text{ °C} \leq \theta < 19\text{ °C}$) \bar{U} -Wert [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$]
1	Opake Außenbauteile	0,18	0,24
2	Transparente Außenbauteile	1,0	1,3
3	Vorhangfassade	1,0	1,3
4	Glasdächer, Lichtbänder, Lichtkuppeln	1,6	2,0

Neben o. g. Anforderungen sind eine Reihe von Nebenanforderungen und Randbedingungen zu berücksichtigen. Zu beachten sind insbesondere:

- Bei wassergeführten Wärme- oder Kälteversorgungsanlagen ist ein hydraulischer Abgleich der Verteilsysteme durchzuführen und zu dokumentieren.
- Es darf kein Wärmeerzeuger auf Basis fossiler Energieträger eingesetzt werden.
- Die Energieeinsparung und die CO₂-Einsparung im Vergleich zum geltenden Mindestanforderungsniveau sind auszuweisen.
- Der Antrag auf Förderung muss zwingend vor Vorhabensbeginn gestellt werden. Als Vorhabensbeginn gilt der Abschluss eines der Ausführung zuzurechnenden Liefer- oder Leistungsvertrages. Die Beauftragung von Planungsleistungen zählt nicht als förderschädigender Vorhabensbeginn.

5 Bauphysikalisches Konzept

5.1 Zonierung des Gebäudes

Gemäß Gebäudeenergiegesetz § 21 ist das Gebäude in sogenannte Nutzungszonen zu unterteilen.

Durch die Zonierung wird dem Umstand Rechnung getragen, dass sich aufgrund z. B. unterschiedlicher Nutzungszeiten oder unterschiedlicher Nutzungsrandbedingungen der Energieverbrauch der verschiedenen Zonen unterscheiden kann. Beim vorliegenden Bauvorhaben sind folgende Nutzungszonen vorhanden:

Tabelle 5. Gegenüberstellung der Nutzungszonen des Gebäudes und der Nutzungsprofile gemäß DIN V 18599-10.

Zone des geplanten Gebäudes	Nutzungsprofil nach DIN V 18599	
1/ Nebenflächen	Nr. 18	Nebenflächen
2/ Sonstiger Aufenthalt	Nr. 17	Sonstige Aufenthaltsräume
3/ WC/Sanitär/Umkleide	Nr. 16	WC und Sanitärräume in Nichtwohngebäuden
4/ Büro/Besprechung	Nr. 01	Einzelbüro
5/ Mensa/Foyer	Nr. 12	Kantine
6/ Klassen-/Gruppenräume	Nr. 08	Klassenzimmer
7/ Sporthalle	Nr. 31	Turnhalle (ohne Zuschauerbereich)
8/ Aufwärmküche	Nr. 15	Küche – Vorbereitung, Lager

5.2 Bauphysikalische Berechnungsgrundlagen

Für die Gebäudeberechnung wurden nachfolgend aufgelistete bauphysikalische Randbedingungen angesetzt. Diese sind zur Erfüllung des Nachweises einzuhalten.

- Wärmebrücken

Die konstruktiv bedingten Wärmebrücken werden in den Berechnungen mit $\Delta U_{WB} = 0,03 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ berücksichtigt.

Für die Planungsdetails wurde ein Gleichwertigkeitsnachweis der Kategorie B des Beiblatt 2 zur DIN 4108 durchgeführt.

- Ausnutzungsgrad für Wärmequellen

Allgemein Standardwert für wirksame Wärmespeicherfähigkeit von Gebäuden mit $C_{\text{wirk}} = 50 \text{ Wh}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

- **Dichtheit des Gebäudes (Nettoraumvolumen > 1.500 m³)**

Zur Berechnung der Lüftungswärmeverluste wird die Dichtheit der Gebäudehülle nach DIN V 18599-2 Tabelle 7 in die Kategorie I eingestuft. Auf der sicheren Seite liegend wird bei Gebäudezonen mit raumluftechnischen Anlagen eine hüllflächenbezogene Luftdurchlässigkeit von $q_{50} = 2,5 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ und bei Gebäudezonen ohne raumluftechnische Anlagen von $q_{50} = 4,5 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ berücksichtigt.

Dadurch wird nach Fertigstellung des Gebäudes eine Dichtheitsprüfung der Gebäudehülle notwendig. Hierbei darf der nach DIN EN ISO 9972 gemessene Volumenstrom – bezogen auf die Hüllfläche – bei Gebäuden mit raumluftechnischen Anlagen einen Wert von $q_{E50} = 2,5 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ bzw. bei Gebäuden ohne raumluftechnische Anlagen einen Wert von $q_{E50} = 4,5 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ nicht überschreiten. Das Messprotokoll ist vor Ausstellung des abschließenden Energieausweises vorzulegen.

- **Sonnenschutz**

Für die transparenten Fassadenflächen wird eine Sonnenschutzverglasung mit einem außenliegenden Sonnenschutz geplant. Im Foyer wird kein außenliegender Sonnenschutz vorgesehen.

5.3 Angaben zur wärmschutztechnischen Qualität der Außenbauteile

Die Bauteilaufbauten der Bauteile der thermischen Gebäudehülle und die Berechnungen der Wärmedurchgangskoeffizienten sind dem Anhang A zu diesem Bericht zu entnehmen.

Die dort beschriebenen Bauteilaufbauten geben zum großen Teil nur die wärmschutztechnisch relevanten Schichten wieder und sind daher keinesfalls als vollständige Konstruktionsbeschreibung im Sinne eines fachübergreifenden Bauteilkatalogs anzusehen.

6 Haustechnisches Planungskonzept

Im Rahmen der vorliegenden Berechnungen zum Nachweis der energetischen Anforderungen wurde folgende Anlagentechnik/Gebäudeausrüstung angesetzt, die mit SSP AG abgestimmt wurde. Nachfolgend werden die wichtigsten haustechnischen Angaben zusammenfassend dargestellt. Detaillierte Angaben sind dem Anhang B des vorliegenden Berichts zu entnehmen.

6.1.1 Heizungsanlage

In den Berechnungen nach DIN V 18599 wird folgende Wärmeversorgung berücksichtigt:

- Heizungsanlage Zentralheizung, intermittierender Heizbetrieb
- Wärmeübergabe Fußbodenheizung, Regelung über P-Regler (2 K), Systemtemperaturen 35/28 °C
- Verteilleitungen Zweirohrnetz, hydraulisch abgeglichen, mit innen liegenden und gedämmten Verteilleitungen
- Pumpen Pumpenregelung Δp variabel, intermittierender Pumpenbetrieb (Absenkung), Pumpenleistung unbekannt
- Heizungspufferspeicher Speicher zur Wärmepumpe ($V = 3.000 \text{ l}$)
- Wärmeerzeugung Luft-Wasser-Wärmepumpe, COP = 3,45 bei A7/W35, JAZ = 3,58

Eine Nacht- und Wochenendabsenkung der Heizungsanlage wurde in der Bilanzierung berücksichtigt (Vorgabe GEG § 25 „Berechnungsrandbedingungen“).

6.1.2 Warmwasserversorgung

Zentrales System

- Zonen: 3/ WC/Sanitär/Umkleide
- Bezugsfläche: Belegung 7/ Sporthalle
- Anlage: Zentrale Warmwasserversorgung
- Verteilung: Mit Zirkulation (24 Std.), Zirkulationspumpe geregelt, elektrische Leistungsaufnahme unbekannt, Auslegung bedarfsorientiert, gedämmte Leitungen, innen liegende Stränge
- Speicher: indirekt beheizter Speicher, 500 L
- Wärmeerzeugung: Luft-Wasser-Wärmepumpe, COP = 3,45 bei A7/W35, JAZ = 3,58

6.1.3 Beleuchtung

Folgende maßgebliche Beleuchtungssysteme sind nach Angaben des Ingenieurbüros Bosch geplant:

- Lampentyp **Zonen 1/ bis 8/**
LED-Leuchten
- Beleuchtungsart **Zonen 1/ bis 12/**
direkte Beleuchtung
- Regelung der Beleuchtung autark ausschaltend + wiedereinschaltend
Kontrollsystem und mit Präsenzmelder
- Abluft der Beleuchtung Die durch die Leuchten erzeugte Wärme wird nicht
durch Lüftungsanlagen abgeführt
(Leuchten ohne Abluft).

6.1.4 RLT-Anlagen

Die Klimatisierung bzw. Belüftung der einzelnen Zonen des Neubaus erfolgt über RLT-Anlagen mit den nachfolgend beschriebenen Anlagenkonfigurationen. Die für den Nachweis maßgeblichen Kenndaten und Eigenschaften der RLT-Anlagen und die mit der jeweiligen Anlage versorgten Bereiche können wie folgt beschrieben werden:

- Zonen 4/ bis 12/
- Lufterhitzung Zulufttemperatur im Heizbetrieb 21...22 °C
- Luftkühlung keine Zuluftkühlung
- Wärmerückgewinnung $WRG \geq 75 \%$
- Luftbefeuchtung ohne
- Regelung zeit- und nutzungsabhängiger Volumenstrom
- Ventilatorleistung Zuluftventilator SFP III nach DIN EN 13779
($P_{SFP} = 0,75 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$)
Abluftventilator SFP III nach DIN EN 13779
($P_{SFP} = 1,25 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$)

6.1.5 Klimakälte

Es ist keine Kühlung vorgesehen.

6.2 Photovoltaik

Auf dem Dach der Schule wird eine Photovoltaikanlage geplant.

- Peakleistung 127,28 kWp
- Ausrichtung Ost-West
- Aufstellwinkel 15°
- Modulfläche 574,2 m²¹

7 Nachweise

7.1 Nachweis des Mindestwärmeschutzes nach DIN 41082 und DIN 4108-3

Die Anforderungen an den Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2 und DIN 4108-3 werden von allen Bauteilen eingehalten (siehe Anhang A).

7.2 Jahres-Primärenergiebedarf Q_p

Der Primärenergiebedarf beschreibt den nicht erneuerbaren Energiebedarf des Gebäudes für Heizen, Kühlen, Lüften und Beleuchtung inkl. des Energiebedarfs, der zur Bereitstellung der Energie nötig ist. Der Wert gilt als Maß für die energetische Gesamtqualität des Gebäudes.

Tabelle 6. Zusammenfassung energetische Kennwerte (Jahres-Primärenergiebedarf).

Kennwert	Grundschule an der Ruhr
Primärenergie Referenzwert	132,6 kWh/(m ² · a)
GEG Anforderungswert	72,9 kWh/(m ² · a)
Anforderung BEG 40	53,0 kWh/(m ² · a)
Vorhandenes Gebäude	39,9 kWh/(m² · a)
Erzielbarer Standard	BEG 40 /KFN

7.3 Nachweis der Thermischen Hülle

Zusätzlich zur energetischen Gesamtqualität muss, unabhängig von der Energieversorgung und Bereitstellung, die thermische Gebäudehüllfläche eine entsprechende Qualität aufweisen.

Die mittleren U -Werte des Gebäudes beschreiben dabei einen flächengewichteten Mittelwert des Wärmeverlusts über die Gebäudehülle.

¹ Für die Bilanzierung wurde gem. Vorgaben der KfW die Modulfläche zur Ermittlung der Peakleistung herangezogen, sodass in der Bilanzierung eine Peakleistung von 104,5 kWp berücksichtigt wurde.

Tabelle 7. Zusammenfassung wärmeschutztechnischer Kennwerte der Gebäudehülle (Nichtwohngebäude).

Bauteile	Max. \bar{U} -Wert gemäß GEG	Max. \bar{U} -Wert gemäß BEG 40	Vorh. \bar{U} -Wert
Opake Bauteile ($\theta \geq 19^\circ\text{C}$)	$\bar{U} = 0,28 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	$\bar{U} = 0,18 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	$\bar{U} = 0,12 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
Transparente Bauteile ($\theta \geq 19^\circ\text{C}$)	$\bar{U} = 1,50 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	$\bar{U} = 1,00 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	$\bar{U} = 0,80 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
Vorhangfassaden ($\theta \geq 19^\circ\text{C}$)	$\bar{U} = 1,50 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	$\bar{U} = 1,00 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	$\bar{U} = 0,80 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
Glasdächer, Lichtbänder, Lichtkuppeln ($\theta \geq 19^\circ\text{C}$)	$\bar{U} = 2,50 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	$\bar{U} = 1,60 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	$\bar{U} = 1,57 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
Bewertung	Erfüllt	Erfüllt	

7.4 Einhaltung des Anteils Erneuerbarer Energien

Der Heizwärmebedarf wird vollständig über Umweltwärme mit Wärmepumpe gedeckt. Die Anforderung an die Nutzung erneuerbarer Energien wird somit eingehalten.

7.5 Nachweis sommerlicher Wärmeschutz nach DIN 4108-2

Für die Aufenthaltsräume des Gebäudes wurde eine Überprüfung des sommerlichen Wärmeschutzes nach dem Sonneneintragskennwertverfahren gemäß DIN 4108-2 durchgeführt.

Die Untersuchungen zum sommerlichen Wärmeschutz wurden exemplarisch für thermisch „kritische“ Räume des Gebäudes vorgenommen. Kritische Räume sind solche, die einen hohen Fensterflächenanteil, eine geringe Grundfläche und Fenster mit Süd-, Ost- oder Westausrichtung aufweisen.

Hierbei wurden die kritischsten Raumsituationen betrachtet. Zur Überprüfung des sommerlichen Wärmeschutzes wurden folgende Randbedingungen berücksichtigt:

- Das geplante Gebäude wird unter Berücksichtigung des Standortes Essen in einer gemäßigten Klimaregion erstellt (Klimaregion B nach DIN 4108-2).
- Fenster: dreifach Sonnenschutzverglasung mit einem Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung $g \leq 35\%$.
- Außenliegender Sonnenschutz in Form von Raffstores o. glw. mit einem solarem Abminderungsfaktor $F_c \leq 0,20^2$. Auch für die Turnhalle ist ein außen liegender verfahrbarer Sonnenschutz erforderlich.

² Dieser Wert ist vom Hersteller in Verbindung mit der verwendeten Verglasung nachzuweisen.

In einzelnen Teamräumen sowie im Selbstlernzentrum kommen feststehende Lamellen zur Ausführung.

- Die untersuchten Räume werden in mittlerer Bauart mit einer Wärmespeicherfähigkeit von $50 \text{ Wh}/(\text{K} \cdot \text{m}^2) \leq C_{\text{wirk}}/A_G \leq 130 \text{ Wh}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ erstellt. Hierfür wird eine massive Ausführung der Trennwände erforderlich. Die Decke steht aufgrund der ganzflächigen Akustik-Abhangdecken nicht als Speichermasse zur Verfügung.
- Beim Nachweis wird keine erhöhte Nachtlüftung in der zweiten Nachthälfte berücksichtigt.

Tabelle 8. Sommerlicher Mindestwärmeschutz – vorhandene und zulässige Sonneneintragskennwerte für exemplarisch überprüfte Räume.

Raum	Maximaler Sonneneintragskennwert - S_{zul} -	Vorhandener Sonneneintragskennwert - S -	Nachtlüftung
EG 0.27 Ruheraum Beschäftigte, Südwest-Ausrichtung	0,051	0,013	nicht erforderlich
EG 0.04 Mensa Südwest- u. Südost-Ausrichtung	0,038	0,021	nicht erforderlich
1. OG 1.26 Lernbereich Kl. 2 Südwest- u. Südost-Ausrichtung	0,029	0,027	nicht erforderlich
1. OG 1.24 Differenzierung Südwest-Ausrichtung	0,037	0,022	nicht erforderlich

Die Berechnungen zum sommerlichen Wärmeschutz wurden mit der Software Bautherm **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** durchgeführt.

Für zwei exemplarische Räume mit feststehenden Lamellen erfolgte der Nachweis zum sommerlichen Wärmeschutz durch Simulationen, siehe [10]

8 Luftdichtheit

Eine dauerhaft luftdichte Gebäudehülle erfordert neben einer entsprechenden Planung und Ausschreibung auch die sorgfältige Ausführung und damit einhergehend eine gute Koordination aller an der luftdichten Gebäudehülle beteiligten Gewerke durch die Bauleitung. Neben den stichprobenhaften Kontrollen des Sachverständigen sind die einzelnen Gewerke auch hinsichtlich der Herstellung der Luftdichtheitsschicht von der Bauleitung abzunehmen.

U. a. sind folgende Punkte dabei zu beachten:

- Die Luftdichtheitsschicht und ihre Anschlüsse dürfen nach dem Einbau weder durch Witterungseinflüsse noch durch nachfolgende Arbeiten beschädigt werden (z. B. Installationen).
- Sofern durch nachfolgende Arbeiten Durchdringungen unumgänglich sind, sind diese nach Abschluss der Arbeiten luftdicht herzustellen.
- Anschlüsse zwischen Bauteilen sind spannungsfrei herzustellen.
- Dauernde Zugkräfte auf Klebeverbindungen und Luftdichtheitsbahnen sind zu verhindern.
- Ggf. sind zusätzliche Vorbehandlungen der Untergründe erforderlich, z. B. müssen Oberflächen von Beton vor dem Aufbringen von Klebemitteln trocken und frei von Schalöl oder ähnlich haftungsmindernden Substanzen sein.
- Alle Fenster und Fenstertüren müssen eine Fugendurchlässigkeit mindestens nach Klasse 3 gemäß DIN EN 12207:2017-03 aufweisen.

Materialien der Luftdichtheitsschicht

Das vorliegende Bauvorhaben ist ein Massivbau in Stahlbeton sowie in Mauerwerk. Betonbauteile gelten als luftdicht. In den Betonflächen sind somit keine weiteren Maßnahmen erforderlich. Bauteile aus Mauerwerk erhalten einen Putz, um als luftdicht zu gelten. Durchdringungen sind durch geeignete Flansche, Schellen, Formteile, Manschetten oder Klebebänder luftdicht anzuschließen.

Bei der Ausführung der Anschlussdetails von Fenstern, Türen, bodentiefen Fenstern und Fenstertüren sind die Vorgaben des RAL Leitfadens zu beachten. Sofern der luftdichte Fensteranschluss über vorkomprimierten Dichtbändern hergestellt wird, sind die vom Hersteller angegebenen zulässigen Fugenbreiten zu beachten.

Generell sind bei der Auswahl und Verarbeitung von Bauprodukten für Luftdichtheitsschichten, Fugen und Anschlüsse die Angaben aus Abschnitt 7 der DIN 4108-7 zu berücksichtigen.


M.Sc. Charlotte Hegerfeld

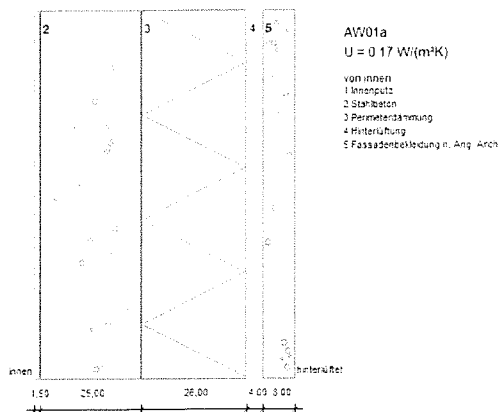


Dr. Wolfgang Drescher

Anhang A

Bauteilaufbauten

Bauteil: AW01a (Obergeschoss-Sockel)



Bauteiltyp "Außenwand hinterlüftet" (4)
 mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,13$ und $R_{se} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$

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 Innenputz	1,50	1800	27,0	–	–
02 Stahlbeton	25,00	2300	575,0	2,300	0,11
03 Perimeterdämmung	26,00	20	5,2	0,038	6,84
04 Hinterlüftung	4,00	1	0,0	–	0,18
05 Fassadenbekleidung n. Ang. Arch.	8,00	2200	176,0	–	–
R_{se}					0,13
<hr/>					
	d = 64,50	G = 783,2		$R_T = 7,48$	

schwach belüftete Luftschicht = "Hinterlüftung" (4), $A_v = \text{mm}^2$
 $\Rightarrow R = (1500 \cdot 7,131 + (-500) \cdot 6,951) / 1000 = 7,22 \text{ m}^2\text{K/W}$ (EN ISO 6946:2008, Gl.2)
 Hinweis: Für den Diffusionsnachweis empfehlen wir die Verwendung einer "ruhenden Luftschicht"

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U_c = 0,134 + 0,041 = 0,17 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

0,041 Unterkonstruktion Fassadenbekleidung

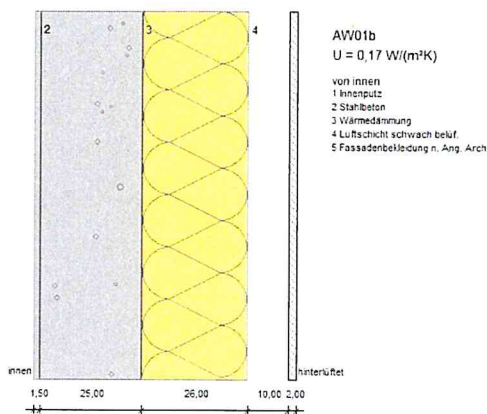
U-Wert Gesamtkorrektur = 31%

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

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

$R \quad 7,22 \geq 1,20 \text{ m}^2\text{K/W}$ erfüllt die Anforderungen

Bauteil: AW01b (Regelaussenwand Obergeschoss)



Bauteiltyp "Außenwand hinterlüftet" (4)
mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{Si} = 0,13$ und $R_{Se} = 0,13$ m²K/W

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m³	kg/m²	λ W/(mK)	R m²K/W
R_{Si}					0,13
01 Innenputz	1,50	1800	27,0	–	–
02 Stahlbeton	25,00	2300	575,0	2,300	0,11
03 Wärmedämmung	26,00	20	5,2	0,035	7,43
04 Luftschicht schwach belüf.	10,00	1	0,0	–	–
05 Fassadenbekleidung n. Ang. Arch.	2,00	1300	26,0	–	–
R_{Se}					0,13
<hr/>					
d =	64,50	G =	633,2	$R_T =$	7,80

schwach belüftete Luftschicht = "Luftschicht schwach belüf." (4), $A_V = \text{mm}^2$
 $\Rightarrow R = (1500-)/1000 \cdot 7,537 + (-500)/1000 \cdot 7,537 = 7,54$ m²K/W (EN ISO 6946:2008, Gl.2)
Hinweis: Für den Diffusionsnachweis empfehlen wir die Verwendung einer "ruhenden Luftschicht"

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U_c = 0,128 + 0,040 = 0,17$ W/(m²K)

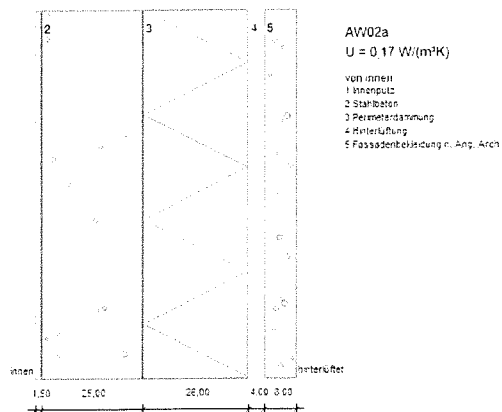
0,040 Unterkonstruktion Fassadenbekleidung

U-Wert Gesamtkorrektur = 31%

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

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

R 7,54 \geq 1,20 m²K/W erfüllt die Anforderungen

Bauteil: AW02a (Erdgeschoss-Sockel)

Bauteiltyp "Außenwand hinterlüftet" (4)

mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,13$ und $R_{se} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$ **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 Innenputz	1,50	1800	27,0	-	-
02 Stahlbeton	25,00	2300	575,0	2,300	0,11
03 Perimeterdämmung	26,00	20	5,2	0,038	6,84
04 Hinterlüftung	4,00	1	0,0	-	0,18
05 Fassadenbekleidung n. Ang. Arch.	8,00	2200	176,0	-	-
R_{se}					0,13
<hr/>					
d =	64,50	G =	783,2	$R_T =$	7,48

schwach belüftete Luftschicht = "Hinterlüftung" (4), $A_v = \text{mm}^2$ $\Rightarrow R = (1500-)/1000 \cdot 7,131 + (-500)/1000 \cdot 6,951 = 7,22 \text{ m}^2\text{K/W}$ (EN ISO 6946:2008, Gl.2)

Hinweis: Für den Diffusionsnachweis empfehlen wir die Verwendung einer "ruhenden Luftschicht"

WärmedurchgangskoeffizientWärmedurchgangskoeffizient $U_c = 0,134 + 0,041 = 0,17 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

0,041 Unterkonstruktion Fassadenbekleidung

U-Wert Gesamtkorrektur = 31%

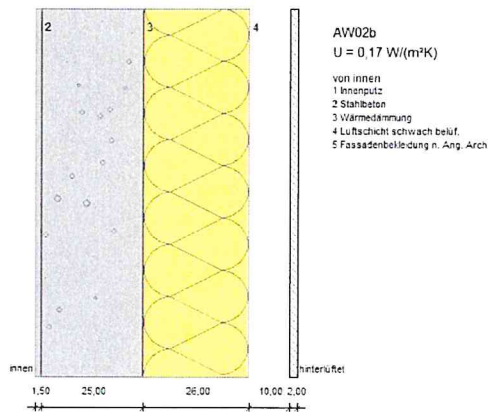
Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

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

Mindestanforderungen nach Tab.3.

 $R \quad 7,22 \geq 1,20 \text{ m}^2\text{K/W}$ erfüllt die Anforderungen

Bauteil: AW02b (Erdgeschoss-Regelaussenwand)



Bauteiltyp "Außenwand hinterlüftet" (4)

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

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 Innenputz	1,50	1800	27,0	–	–
02 Stahlbeton	25,00	2300	575,0	2,300	0,11
03 Wärmedämmung	26,00	20	5,2	0,035	7,43
04 Luftschicht schwach belüf.	10,00	1	0,0	–	–
05 Fassadenbekleidung n. Ang. Arch.	2,00	1300	26,0	–	–
R_{se}					0,13
d =	64,50	G =	633,2	$R_T =$	7,80

schwach belüftete Luftschicht = "Luftschicht schwach belüf." (4), $A_v = \text{mm}^2$

$\Rightarrow R = (1500-)/1000 \cdot 7,537 + (-500)/1000 \cdot 7,537 = 7,54 \text{ m}^2\text{K/W}$ (EN ISO 6946:2008, Gl.2)

Hinweis: Für den Diffusionsnachweis empfehlen wir die Verwendung einer "ruhenden Luftschicht"

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U_c = 0,128 + 0,040 = 0,17 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

0,040 Unterkonstruktion Fassadenbekleidung

U-Wert Gesamtkorrektur = 31%

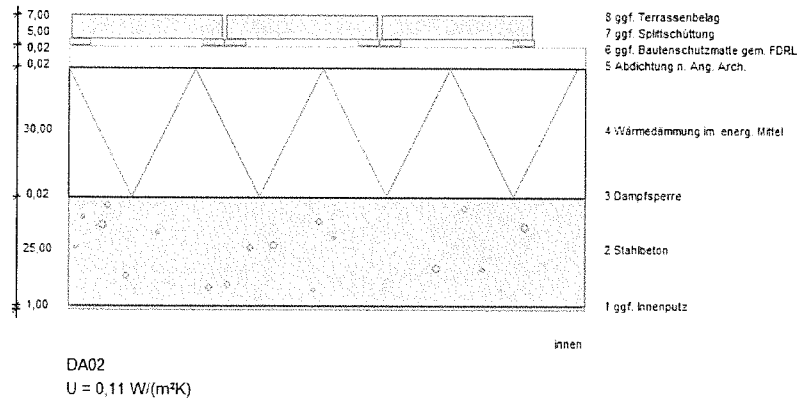
Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

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

Mindestanforderungen nach Tab.3.

$R \quad 7,54 \geq 1,20 \text{ m}^2\text{K/W}$ erfüllt die Anforderungen

Anhang A Seite 6

Bauteil: DA02 (Dachterrasse)**Bauteiltyp "Dachdecke" (1)**mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,10$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$ **Querschnitt**

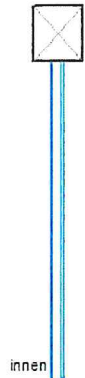
von innen	s cm	ρ kg/m³	kg/m²	λ W/(mK)	R m²K/W
R_{si}					0,10
01 ggf. Innenputz	1,00	1800	18,0	–	–
02 Stahlbeton	25,00	2300	575,0	2,300	0,11
03 Dampfsperre	0,02	1000	0,2	–	–
04 Wärmedämmung im. energ. Mittel	30,00	25	7,5	0,035	8,57
05 Abdichtung n. Ang. Arch.	0,02	1100	0,2	–	–
06 ggf. Bautenschutzmatte gem. FDRL	0,02	–	0,4	–	–
07 ggf. Splittschüttung	5,00	1800	90,0	–	–
08 ggf. Terrassenbelag	7,00	1550	108,5	–	–
R_{se}					0,04
<hr/>					
	d = 68,06	G = 799,8		$R_T = 8,82$	

WärmedurchgangskoeffizientWärmedurchgangskoeffizient U = **0,11 W/(m²K)** (ohne Korrekturen)**Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2**

Decken beheizter Räume nach oben gegen Außenluft (DIN 4108-2:2013). Mindestanforderungen nach Tab.3.

 $R \quad 8,68 \geq 1,20 \text{ m}^2\text{K/W}$ erfüllt die Anforderungen

Bauteil: FA01 (PR-Fassade-transparent)



FA01
 $U_w = 0,80 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Bauteiltyp "Fenster" (20)
 mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,13$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

Fenster

3-fach Isolierverglasung, $U_g=0,6$, $g=58\%$, $t_{D65} = 0,78$
 Rahmen mit thermisch verbesserten Profilen, $U_{f,BW} 1.0$

Wärmedurchgangskoeffizient nach EN ISO 10077-1

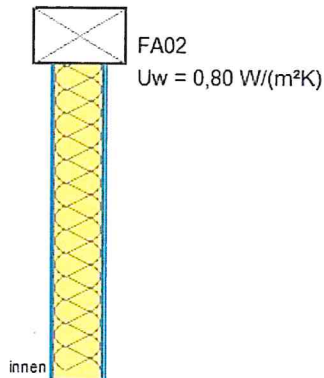
Einfachfenster, Tabellenwert $U_w = 0,80 (0,8) \text{ W/(m}^2\text{K)}$

U-Wert des Fensters mit Zwei- / Dreischeibenverglasung, 20% Rahmenanteil, Tab. F.4
 (verbesserter Randverbund)
 mit $U_g = 0,60$ und $U_f = 1,00 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

$U_w = 0,80 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ wird für die weiteren Berechnungen angenommen

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,80 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (manuell festgelegt)
 (Fenster mit $A_g = 80\%$ Verglasung, Energiedurchlassgrad $g = 58\%$, Lichttransmissionsgrad $t_{D65} = 0,78$)

Bauteil: FA02 (PR-Fassade-opak)

Paneel mit thermisch verbesserten Abstandshaltern. Einzuhaltender U-Wert U_p gilt für die gesamte Elementfassade. Der U-Wert des Paneels wurde vorläufig für den Nachweis auf der sicheren Seite liegend mit $U_p = 0,60 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ angesetzt. In der Folge ergibt sich für das Paneelelement inkl. Rahmen zunächst rechnerisch der gleiche U-Wert wie für die transparenten Bereiche. Wir empfehlen, im Zuge der weiteren Planung den konkreten U-Wert des Paneels deutlich zu verbessern.

Bauteiltyp "Fenster" (20)

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

Fenster

opake Füllung, $t_{D65} = 0,78$

Rahmen mit thermisch verbesserten Profilen, $U_{f,BW} 1.0$

Wärmedurchgangskoeffizient nach EN ISO 10077-1

Einfachfenster, Tabellenwert $U_W = 0,84 (0,8) \text{ W/(m}^2\text{K)}$

U-Wert des Fensters mit Zwei- / Dreischiebenverglasung, verbesserter Randverbund, 20%

Rahmenanteil, Tab. H.4

mit $U_g = 0,60$ und $U_f = 1,00 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

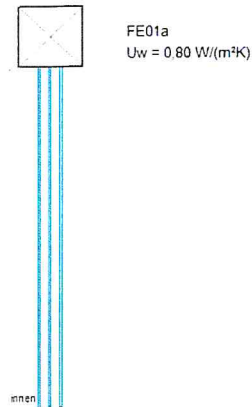
$U_W = 0,84 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ wird für die weiteren Berechnungen angenommen

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,80 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (manuell festgelegt)

(Fenster mit $A_g = 70\%$ Verglasung, Energiedurchlassgrad $g = 80\%$, Lichttransmissionsgrad $t_{D65} = 0,78$)

Bauteil: FE01a (Regelfenster)



Bauteiltyp "Fenster" (20)

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

Fenster

Dreischeiben-Isolierverglasung $U_g = 0,60 \text{ W/(m}^2\text{K)}$, $t_{D65} = 0,52$

Rahmen mit thermisch verbesserten Profilen, $U_f = 0,80$

Wärmedurchgangskoeffizient nach EN ISO 10077-1

Einfachfenster, Tabellenwert $U_W = 0,81 (0,8) \text{ W/(m}^2\text{K)}$

U-Wert des Fensters mit Zwei- / Dreischeibenverglasung, verbesserter Randverbund, 30%

Rahmenanteil, Tab. H.3

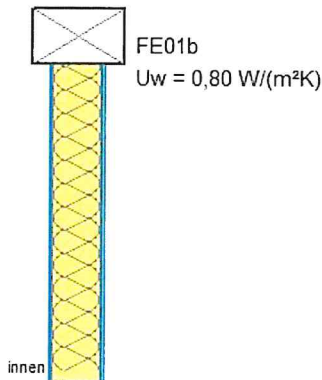
mit $U_g = 0,60$ und $U_f = 0,80 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

$U_W = 0,81 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ wird für die weiteren Berechnungen angenommen

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,80 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (manuell festgelegt)

(Fenster mit $A_g = 70\%$ Verglasung, Energiedurchlassgrad $g = 35\%$, Lichttransmissionsgrad $t_{D65} = 0,52$)

Bauteil: FE01b (Regelfenster opak)

Paneel mit thermisch verbesserten Abstandshaltern. Einzuhaltender U-Wert U_p gilt für die gesamte Elementfassade. Der U-Wert des Paneels wurde vorläufig für den Nachweis auf der sicheren Seite liegend mit $U_p = 0,60 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ angesetzt. In der Folge ergibt sich für das Paneelelement inkl. Rahmen zunächst rechnerisch der gleiche U-Wert wie für die transparenten Bereiche. Wir empfehlen, im Zuge der weiteren Planung den konkreten U-Wert des Paneels deutlich zu verbessern.

Bauteiltyp "Fenster" (20)

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

Fenster

opake Füllung, $t_{D65} = 0,78$

Rahmen mit thermisch verbesserten Profilen, $U_{f,BW} 1.0$

Wärmedurchgangskoeffizient nach EN ISO 10077-1

Einfachfenster, Tabellenwert $U_W = 0,84 \text{ (0,8) W/(m}^2\text{K)}$

U-Wert des Fensters mit Zwei- / Dreischiebenverglasung, verbesserter Randverbund, 20%

Rahmenanteil, Tab. H.4

mit $U_g = 0,60$ und $U_f = 1,00 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

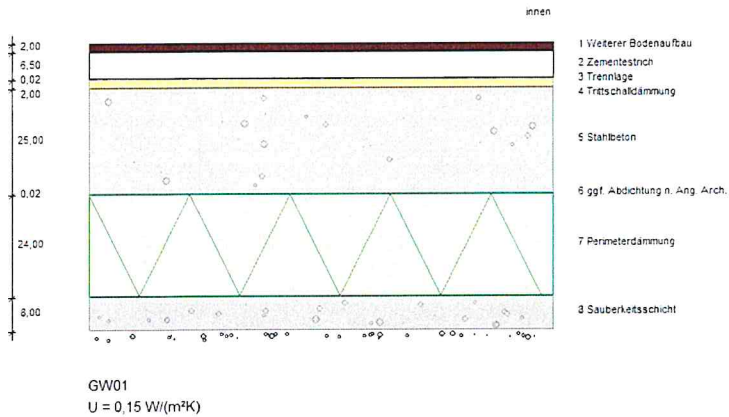
$U_W = 0,84 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ wird für die weiteren Berechnungen angenommen

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,80 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (manuell festgelegt)

(Fenster mit $A_g = 70\%$ Verglasung, Energiedurchlassgrad $g = 80\%$, Lichttransmissionsgrad $t_{D65} = 0,78$)

Bauteil: GW01 (Bodenplatte-Lüftungstechnik)



Das Schulhaus und Selbstlernzentrum müssen mit einer Flachgründung ausgeführt werden.

Bauteiltyp "Fußboden gegen Erdreich" (9)
mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,17$ und $R_{se} = 0,00$ m²K/W

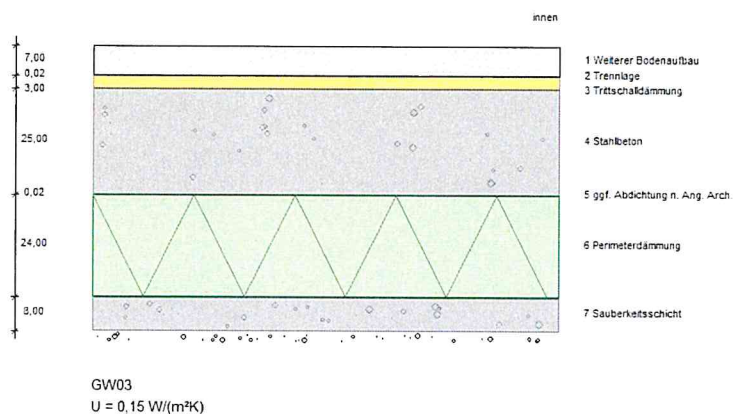
Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m³	kg/m²	λ W/(mK)	R m²K/W
R_{si}					0,17
01 Weiterer Bodenaufbau	2,00	1200	24,0	-	-
02 Zementestrich	6,50	2000	130,0	1,400	0,05
03 Trennlage	0,02	1000	0,2	-	-
04 Trittschalldämmung	2,00	-	-	-	-
05 Stahlbeton	25,00	2300	575,0	2,300	0,11
06 ggf. Abdichtung n. Ang. Arch.	0,02	1100	0,2	-	-
07 Perimeterdämmung	24,00	25	6,0	0,038	6,32
08 Sauberkeitsschicht	8,00	2200	176,0	-	-
R_{se}					0,00
<hr/>					
	d = 67,54	G = 911,4		$R_T = 6,64$	

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient U = 0,15 W/(m²K) (ohne Korrekturen)

Bauteil: GW03 (Bodenplatte-Sporthalle)



Das Schulhaus und Selbstlernzentrum müssen mit einer Flachgründung ausgeführt werden.

Bauteiltyp "Fußboden gegen Erdreich" (9)

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

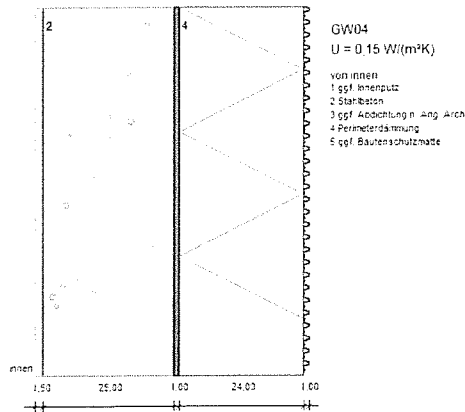
Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m³	kg/m²	λ W/(mK)	R m²K/W
R_{si}					0,17
01 Weiterer Bodenaufbau	7,00	2000	140,0	1,400	0,05
02 Trennlage	0,02	1000	0,2	-	-
03 Trittschalldämmung	3,00	-	-	-	-
04 Stahlbeton	25,00	2300	575,0	2,300	0,11
05 ggf. Abdichtung n. Ang. Arch.	0,02	1100	0,2	-	-
06 Perimeterdämmung	24,00	25	6,0	0,038	6,32
07 Sauberkeitsschicht	8,00	2200	176,0	-	-
R_{se}					0,00
<hr/>					
	d = 67,04	G = 897,4		$R_T = 6,64$	

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient U = 0,15 W/(m²K) (ohne Korrekturen)

Bauteil: GW04 (Außenwand-gegen-Erdreich)



Bauteiltyp "Außenwand gegen Erdreich" (5)
 mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,13$ und $R_{se} = 0,00 \text{ m}^2\text{K/W}$

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,13
01 ggf. Innenputz	1,50	1800	27,0	–	–
02 Stahlbeton	25,00	2300	575,0	2,300	0,11
03 ggf. Abdichtung n. Ang. Arch.	1,00	1050	10,5	–	–
04 Perimeterdämmung	24,00	25	6,0	0,038	6,32
05 ggf. Bautenschutzmatte	1,00	–	–	–	–
R_{se}					0,00
<hr/>					
d =	52,50	G =	618,5	$R_T =$	6,55

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,15 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

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

$R \quad 6,42 \geq 1,20 \text{ m}^2\text{K/W}$ erfüllt die Anforderungen

Bauteil: T01 (Außentür-opak)

Bauteiltyp "Außentür" (3)

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

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1,80 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (manuell festgelegt)

Bauteil: T02 (Außentür-transparent)

Bauteiltyp "Außentür verglast" (20)

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

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (manuell festgelegt)

(Fenster mit $A_g = 80\%$ Verglasung, Energiedurchlassgrad $g = 25\%$, Lichttransmissionsgrad $t_{D65} = 0,78$)

Anhang B

Bilanzierung nach DIN V 18599

S:\B\PROJ\152\B152948\B152948_08_BER_1D.DOCX:28. 11. 2023

Energetische Bewertung von Gebäuden

Projekt: Neubau Schule an der Ruhr Essen

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 "Gebäude"

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 1.1.2023 (BGBl vom 28. Juli 2022)

berechnet mit den Bilanzierungsverfahren nach DIN V 18599:2018

Referenzberechnung: Referenzgebäude.dwe

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

1.0 Geplante Gebäudezonen (DIN V 18599-1)

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

Zone	Typ	t_{nutz} d/a	ϑ_i °C	$\vartheta_{i,WE}$ °C	A_{NGF} m ²	V_i m ³
Zone 1 Nebenflächen	218 Nebenflächen	250	20,1	17,6	1230	3946
Zone 2 Sonstiger Aufenthalt	217 Sonstige Auf	250	19,9	17,6	845	2679
Zone 3 WC/Sanitär/Umkleide	216 WC und Sanit	250	19,9	17,6	323	933
Zone 4 Büro/Besprechung	201 Einzelbüro	250	20,0	17,5	464	1420
Zone 5 Mensa/Foyer	212 Kantine	250	19,5	17,7	360	1102
Zone 6 Klassen-/Gruppenräum	208 Klassenzimme	200	19,5	17,5	1110	3396
Zone 7 Sporthalle	231 Turnhalle (o	250	18,4	15,7	418	2297
Zone 8 Aufwärmküche	215 Küche - Vorb	300	20,1	17,7	72	219
					4.821	15.992

Gebäude, $A_{NGF} = 4821,0 \text{ m}^2$, $n_G = 3$ Geschosse

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 Nachtabenkung

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
Zone 1 Nebenflächen						
Stockwerk: EG						
0101-0 GW02	1:0	412,1	0,15	0,60 Ffb	58 19 25 14	37,3
0102-0 GW02K	1:0	402,2	0,15	0,60 Ffb	58 74 19 25	36,4
0103-0 AW02a N-W	1:0	30,0	0,17	1,00 FAW	58 02	5,3
0104-0 AW02a S-W	1:0	21,7	0,17	1,00 FAW	58 02	3,8
0105-0 AW02b N-W	1:0	39,7	0,17	1,00 FAW	58 02	6,7
0106-0 AW02b S-W	1:0	25,1	0,17	1,00 FAW	58 02	4,2
0107-0 AW01b N-W	1:0	29,7	0,17	1,00 FAW	58 02	5,0
0108-0 FE01a N-W	1:0	4,6	0,80	1,00 FF	58 02	3,7
0109-0 AW01b S-W	1:0	21,5	0,17	1,00 FAW	58 02	3,6
0110-0 FE01a S-W	1:0	6,9	0,80	1,00 FF	58 02	5,5
0111-0 AW02a S-O	1:0	20,5	0,17	1,00 FAW	58 02	3,6
0112-0 T02 S-O	1:0	21,6	1,50	1,00 FF	85 58 09 02	32,4
0113-0 AW02b S-O	1:0	21,3	0,17	1,00 FAW	58 02	3,6
0114-0 FA01 S-O	1:0	4,3	0,80	1,00 FF	55 75 02	3,4
0115-0 AW01b S-O	1:0	29,1	0,17	1,00 FAW	58 02	4,9
0116-0 FA02 S-O	1:0	1,5	0,80	1,00 FF	55 75 60	1,2
0117-0 AW02a N-O	1:0	11,4	0,17	1,00 FAW	58 02	2,0
0118-0 T02 N-O	1:0	7,7	1,50	1,00 FF	85 58 09 02	11,6
0119-0 AW02b N-O	1:0	12,3	0,17	1,00 FAW	58 02	2,1
0120-0 FE01a S-O	1:0	9,0	0,80	1,00 FF	58 02	7,2
0121-0 AW01b N-O	1:0	17,2	0,17	1,00 FAW	58 02	2,9
0122-0 FE01a N-O	1:0	4,5	0,80	1,00 FF	58 02	3,6
0123-0 T02 N-W	1:0	7,7	1,50	1,00 FF	85 58 09 02	11,6
0124-0 FA01 N-W	1:0	2,3	0,80	1,00 FF	55 75 02	1,8
0125-0 FA02 N-W	1:0	0,8	0,80	1,00 FF	55 75 60	0,6
0126-0 AW02a Nord	1:0	7,9	0,17	1,00 FAW	58 02	1,4
0127-0 T02 Nord	1:0	3,8	1,50	1,00 FF	85 58 09 02	5,7
0128-0 AW02a West	1:0	0,2	0,17	1,00 FAW	58 02	0,0
0129-0 AW02b Nord	1:0	11,7	0,17	1,00 FAW	58 02	2,0
0130-0 AW02b West	1:0	0,3	0,17	1,00 FAW	58 02	0,1
0131-0 AW01b Nord	1:0	9,4	0,17	1,00 FAW	58 02	1,6
0132-0 AW01b West	1:0	0,2	0,17	1,00 FAW	58 02	0,0
0133-0 GW04	1:0	41,4	0,15	0,75 Fwb	58 19 25 13	4,8
0134-0 GW01K	1:0	47,1	0,15	0,60 Ffb	58 19 25 14	4,3
0135-0 GW01	1:0	28,3	0,15	0,60 Ffb	58 19 25 14	2,6
0136-0 T01 N-O	1:0	7,1	1,80	1,00 FAW	85 58 09 02	12,8
0137-0 DA02	1:0	324,0	0,11	1,00 FD	58 02	36,6
Stockwerk: OG1						
0138-0 AW01b N-W	1:0	28,6	0,17	1,00 FAW	58 02	4,8
0139-0 AW01a N-O	1:0	2,3	0,17	1,00 FAW	58 02	0,4
0140-0 FA01 N-W	1:0	9,6	0,80	1,00 FF	55 75 02	7,7
0141-0 AW01b N-O	1:0	36,5	0,17	1,00 FAW	58 02	6,1
0142-0 FA02 N-W	1:0	0,8	0,80	1,00 FF	55 75 60	0,6
0143-0 AW01b West	1:0	40,8	0,17	1,00 FAW	58 02	6,9
0144-0 AW01b	1:0	0,1	0,17	1,00 FAW	58 02	0,0
0145-0 AW01b Nord	1:0	30,5	0,17	1,00 FAW	58 02	5,1

MÜLLER-BBM

0146-0 FE01a Nord	1:0	3,1	0,80	1,00 FF	58 02	2,5
0147-0 FE01a N-O	1:0	7,5	0,80	1,00 FF	58 02	6,0
0148-0 FE01b N-O	1:0	1,8	0,80	1,00 FF	58 60	1,4
0149-0 FE01a West	1:0	6,2	0,80	1,00 FF	58 02	5,0
0150-0 AW01b Ost	1:0	10,8	0,17	1,00 FAW	58 02	1,8

Stockwerk: OG2

0151-0 AW01b N-W	1:0	30,7	0,17	1,00 FAW	58 02	5,2
0152-0 DA01	1:0	251,6	0,11	1,00 FD	58 02	26,7
0153-0 FA02 N-W	1:0	2,0	0,80	1,00 FF	55 75 60	1,6
0154-0 FA01 N-W	1:0	9,6	0,80	1,00 FF	55 75 02	7,7
0155-0 AW01b N-O	1:0	53,3	0,17	1,00 FAW	58 02	9,0
0156-0 FE01a N-O	1:0	7,5	0,80	1,00 FF	58 02	6,0
0157-0 AW01b Nord	1:0	33,4	0,17	1,00 FAW	58 02	5,6
0158-0 FE01a Nord	1:0	3,1	0,80	1,00 FF	58 02	2,5
0159-0 FE01b N-O	1:0	1,8	0,80	1,00 FF	58 60	1,4
0160-0 AW01b Ost	1:0	11,7	0,17	1,00 FAW	58 02	2,0
0161-0 AW01b West	1:0	24,9	0,17	1,00 FAW	58 02	4,2

Zone 2 Sonstiger Aufenth

Stockwerk: EG

0201-0 GW02K	2:0	5,1	0,15	0,60 Ffb	58 74 19 25	0,5
0202-0 GW02	2:0	9,6	0,15	0,60 Ffb	58 19 25 14	0,9

Stockwerk: OG1

0203-0 AW01b S-O	2:0	8,3	0,17	1,00 FAW	58 02	1,4
0204-0 FA02 S-O	2:0	1,9	0,80	1,00 FF	55 75 60	1,5
0205-0 FA01 S-O	2:0	22,0	0,80	1,00 FF	55 75 02	17,6
0206-0 AW01a N-W	2:0	7,1	0,17	1,00 FAW	58 02	1,2
0207-0 AW01a N-O	2:0	7,1	0,17	1,00 FAW	58 02	1,2
0208-0 FA01 N-W	2:0	41,8	0,80	1,00 FF	55 75 02	33,4
0209-0 FA01 N-O	2:0	41,8	0,80	1,00 FF	55 75 02	33,4
0210-0 DA02	2:0	128,2	0,11	1,00 FD	58 02	14,5
0211-0 AW01b Süd	2:0	5,0	0,17	1,00 FAW	58 02	0,8
0212-0 FA02 N-W	2:0	6,5	0,80	1,00 FF	55 75 60	5,2
0213-0 FA01 Süd	2:0	14,3	0,80	1,00 FF	55 75 02	11,4
0214-0 FA02 Süd	2:0	1,3	0,80	1,00 FF	55 75 60	1,0
0215-0 FA02 N-O	2:0	6,4	0,80	1,00 FF	55 75 60	5,1

Stockwerk: OG2

0216-0 DA01	2:0	397,0	0,11	1,00 FD	58 02	42,1
0217-0 AW01b S-O	2:0	5,8	0,17	1,00 FAW	58 02	1,0
0218-0 FA02 S-O	2:0	5,0	0,80	1,00 FF	55 75 60	4,0
0219-0 FA01 S-O	2:0	24,2	0,80	1,00 FF	55 75 02	19,4
0221-0 FA02 N-W	2:0	9,6	0,80	1,00 FF	55 75 60	7,7
0222-0 FA02 N-O	2:0	4,7	0,80	1,00 FF	55 75 60	3,8
0223-0 AW01b Süd	2:0	2,9	0,17	1,00 FAW	58 02	0,5
0224-0 FA02 Süd	2:0	3,4	0,80	1,00 FF	55 75 60	2,7
0225-0 FA01 N-W	2:0	47,1	0,80	1,00 FF	55 75 02	37,7
0226-0 FA01 N-O	2:0	13,5	0,80	1,00 FF	55 75 02	10,8
0226-0 FA01 Süd	2:0	16,1	0,80	1,00 FAW	55 75 02	12,9

Zone 3 WC/Sanitär/Umklei

Stockwerk: EG

0301-0 AW02a N-O	3:0	9,9	0,17	1,00 FAW	58 02	1,7
0302-0 AW02a S-O	3:0	5,7	0,17	1,00 FAW	58 02	1,0
0303-0 AW02b N-O	3:0	14,6	0,17	1,00 FAW	58 02	2,5

0304-0	AW02b	S-O	3:0	6,2	0,17	1,00	FAW	58	02	1,0
0305-0	FE01a	S-O	3:0	2,3	0,80	1,00	FF	58	02	1,8
0306-0	AW01b	N-O	3:0	9,8	0,17	1,00	FAW	58	02	1,6
0307-0	AW01b	S-O	3:0	5,7	0,17	1,00	FAW	58	02	1,0
0308-0	DA02		3:0	156,5	0,11	1,00	FD	58	02	17,7
0309-0	GW02		3:0	107,7	0,15	0,60	Ffb	58	19 25 14	9,8
0310-0	GW02K		3:0	207,8	0,15	0,60	Ffb	58	74 19 25	18,8
0311-0	AW02a	Ost	3:0	3,0	0,17	1,00	FAW	58	02	0,5
0312-0	AW02a	Nord	3:0	6,6	0,17	1,00	FAW	58	02	1,2
0313-0	T02	Nord	3:0	7,7	1,50	1,00	FF	85	58 09 02	11,6
0314-0	AW02b	Ost	3:0	4,4	0,17	1,00	FAW	58	02	0,7
0315-0	AW02b	Nord	3:0	9,8	0,17	1,00	FAW	58	02	1,6
0316-0	AW01b	Ost	3:0	3,0	0,17	1,00	FAW	58	02	0,5
0317-0	AW01b	Nord	3:0	9,7	0,17	1,00	FAW	58	02	1,6

Stockwerk: OG2

0318-0	DA01		3:0	46,3	0,11	1,00	FD	58	02	4,9
0319-0	AW01b	N-O	3:0	27,2	0,17	1,00	FAW	02	58	4,6

Zone 4 Büro/Besprechung

Stockwerk: EG

0401-0	GW02		4:0	256,2	0,15	0,60	Ffb	58	19 25 14	23,2
0402-0	GW02K		4:0	104,0	0,15	0,60	Ffb	58	74 19 25	9,4
0403-0	AW02a	S-W	4:0	43,9	0,17	1,00	FAW	58	02	7,7
0404-0	AW02b	S-O	4:0	9,3	0,17	1,00	FAW	58	02	1,6
0405-0	AW02a	N-W	4:0	1,6	0,17	1,00	FAW	58	02	0,3
0406-0	AW02a	S-O	4:0	9,8	0,17	1,00	FAW	58	02	1,7
0407-0	AW02b	S-W	4:0	20,1	0,17	1,00	FAW	58	02	3,4
0408-0	AW01b	S-O	4:0	11,2	0,17	1,00	FAW	58	02	1,9
0409-0	AW02b	N-W	4:0	2,3	0,17	1,00	FAW	58	02	0,4
0410-0	AW01b	S-W	4:0	38,9	0,17	1,00	FAW	58	02	6,5
0411-0	FE01a	S-W	4:0	38,1	0,80	1,00	FF	58	02	30,5
0412-0	FA01	S-W	4:0	10,2	0,80	1,00	FF	55	75 02	8,2
0413-0	AW01b	N-W	4:0	1,5	0,17	1,00	FAW	58	02	0,3
0414-0	FE01a	S-O	4:0	8,9	0,80	1,00	FF	58	02	7,1
0415-0	FA02	S-W	4:0	1,1	0,80	1,00	FF	55	75 60	0,9
0416-0	AW02a	N-O	4:0	7,8	0,17	1,00	FAW	58	02	1,4
0417-0	AW02b	N-O	4:0	4,8	0,17	1,00	FAW	58	02	0,8
0418-0	AW01b	N-O	4:0	7,7	0,17	1,00	FAW	58	02	1,3
0419-0	FE01a	N-O	4:0	6,7	0,80	1,00	FF	58	02	5,4

Stockwerk: OG1

0420-0	AW01b	S-W	4:0	22,5	0,17	1,00	FAW	58	02	3,8
0421-0	FE01a	S-W	4:0	8,9	0,80	1,00	FF	58	02	7,1
0422-0	FE01b	S-W	4:0	3,5	0,80	1,00	FF	58	60	2,8
0423-0	FA02	S-W	4:0	1,1	0,80	1,00	FF	55	75 60	0,9
0424-0	FA01	S-W	4:0	14,4	0,80	1,00	FF	55	75 02	11,5

Stockwerk: OG2

0425-0	AW01b	S-W	4:0	24,9	0,17	1,00	FAW	58	02	4,2
0426-0	DA01		4:0	109,8	0,11	1,00	FD	58	02	11,6
0427-0	FA02	S-W	4:0	3,0	0,80	1,00	FF	55	75 60	2,4
0428-0	FA01	S-W	4:0	14,4	0,80	1,00	FF	55	75 02	11,5
0429-0	FE01a	S-W	4:0	8,9	0,80	1,00	FF	58	02	7,1
0430-0	FE01b	S-W	4:0	3,5	0,80	1,00	FF	58	60	2,8
0431-0	AW01b	West	4:0	19,9	0,17	1,00	FAW	58	02	3,3
0432-0	FE01a	West	4:0	6,2	0,80	1,00	FF	58	02	5,0

Zone 5 Mensa/Foyer

Stockwerk: EG

0501-0 GW02K	5:0	263,4	0,15	0,60 Ffb	58 74 19 25	23,9
0502-0 GW02	5:0	117,9	0,15	0,60 Ffb	58 19 25 14	10,7
0503-0 FA02 Süd	5:0	3,6	0,80	1,00 FF	55 75 60	2,9
0504-0 AW02a Süd	5:0	8,1	0,17	1,00 FAW	58 02	1,4
0505-0 AW02a Ost	5:0	6,0	0,17	1,00 FAW	58 02	1,1
0506-0 T02 Ost	5:0	3,4	1,50	1,00 FF	85 58 09 02	5,1
0507-0 AW01b Süd	5:0	15,6	0,17	1,00 FAW	58 02	2,6
0508-0 FA01 Süd	5:0	27,3	0,80	1,00 FF	55 75 02	21,8
0509-0 FA01 Ost	5:0	17,3	0,80	1,00 FF	55 75 02	13,8
0510-0 AW01b Ost	5:0	11,2	0,17	1,00 FAW	58 02	1,9
0511-0 AW02b Ost	5:0	1,3	0,17	1,00 FAW	58 02	0,2

Zone 6 Klassen-/Gruppenr

Stockwerk: OG1

0601-0 AW01b Süd	6:0	21,2	0,17	1,00 FAW	58 02	3,6
0602-0 AW01b Ost	6:0	49,8	0,17	1,00 FAW	58 02	8,4
0603-0 FE01b Süd	6:0	3,6	0,80	1,00 FF	58 60	2,9
0604-0 FE01a Süd	6:0	8,9	0,80	1,00 FF	58 02	7,1
0605-0 FE01a Ost	6:0	20,8	0,80	1,00 FF	58 02	16,6
0606-0 FE01b Ost	6:0	7,1	0,80	1,00 FF	58 60	5,7
0607-0 AW01b Nord	6:0	21,2	0,17	1,00 FAW	58 02	3,6
0608-0 FE01b Nord	6:0	3,6	0,80	1,00 FF	58 60	2,9
0609-0 FE01a Nord	6:0	8,9	0,80	1,00 FF	58 02	7,1
0610-0 AW01b S-O	6:0	45,5	0,17	1,00 FAW	58 02	7,6
0611-0 AW01b N-W	6:0	26,5	0,17	1,00 FAW	58 02	4,5
0612-0 AW01b S-W	6:0	96,7	0,17	1,00 FAW	58 02	16,2
0613-0 FE01b N-W	6:0	3,6	0,80	1,00 FF	58 60	2,9
0614-0 FE01a N-W	6:0	8,9	0,80	1,00 FF	58 02	7,1
0615-0 FE01b S-W	6:0	14,2	0,80	1,00 FF	58 60	11,4
0616-0 FE01a S-W	6:0	44,8	0,80	1,00 FF	58 02	35,8
0617-0 FE01a S-O	6:0	16,4	0,80	1,00 FF	58 02	13,1
0618-0 FE01b S-O	6:0	5,3	0,80	1,00 FF	58 60	4,2
0619-0 AW01a N-O	6:0	4,7	0,17	1,00 FAW	58 02	0,8
0620-0 AW01b N-O	6:0	40,4	0,17	1,00 FAW	58 02	6,8
0621-0 FE01a N-O	6:0	24,2	0,80	1,00 FF	58 02	19,4
0622-0 FE01b N-O	6:0	5,3	0,80	1,00 FF	58 60	4,2

Stockwerk: OG2

0623-0 AW01b Ost	6:0	56,5	0,17	1,00 FAW	58 02	9,5
0624-0 AW01b Süd	6:0	24,0	0,17	1,00 FAW	58 02	4,0
0625-0 AW01b Nord	6:0	24,0	0,17	1,00 FAW	58 02	4,0
0626-0 FE01b Ost	6:0	7,1	0,80	1,00 FF	58 60	5,7
0627-0 FE01a Ost	6:0	20,8	0,80	1,00 FF	58 02	16,6
0628-0 FE01b Süd	6:0	3,6	0,80	1,00 FF	58 60	2,9
0629-0 FE01a Süd	6:0	8,9	0,80	1,00 FF	58 02	7,1
0630-0 FE01a Nord	6:0	8,9	0,80	1,00 FF	58 02	7,1
0631-0 FE01b Nord	6:0	3,6	0,80	1,00 FF	58 60	2,9
0632-0 AW01b S-O	6:0	51,2	0,17	1,00 FAW	58 02	8,6
0633-0 AW01b S-W	6:0	110,1	0,17	1,00 FAW	58 02	18,5
0634-0 DA01	6:0	632,1	0,11	1,00 FD	58 02	67,0
0635-0 AW01b N-W	6:0	29,8	0,17	1,00 FAW	58 02	5,0
0636-0 FE01b S-W	6:0	14,2	0,80	1,00 FF	58 60	11,4
0637-0 FE01a S-W	6:0	44,8	0,80	1,00 FF	58 02	35,8

0638-0	FE01b N-W	6:0	3,6	0,80	1,00	FF	58	60	2,9
0639-0	FE01a N-W	6:0	8,9	0,80	1,00	FF	58	02	7,1
0640-0	FE01a S-O	6:0	16,4	0,80	1,00	FF	58	02	13,1
0641-0	FE01b S-O	6:0	5,3	0,80	1,00	FF	58	60	4,2
0642-0	AW01b N-O	6:0	53,4	0,17	1,00	FAW	58	02	9,0
0643-0	FE01b N-O	6:0	5,3	0,80	1,00	FF	58	60	4,2
0644-0	FE01a N-O	6:0	24,1	0,80	1,00	FF	58	02	19,3

Zone 7 Sporthalle

Stockwerk: EG

0701-0	GW03	7:0	197,4	0,15	0,60	Ffb	58	19 25 14	17,9
0702-0	GW03K	7:0	263,7	0,15	0,60	Ffb	58	74 19 25	23,9
0703-0	AW02a N-O	7:0	18,9	0,17	1,00	FAW	58	02	3,3
0704-0	AW02a N-W	7:0	27,6	0,17	1,00	FAW	58	02	4,8
0705-0	T01 N-W	7:0	9,6	1,80	1,00	FAW	85	58 09 02	17,3
0706-0	AW02b N-O	7:0	28,0	0,17	1,00	FAW	58	02	4,7
0707-0	AW02b N-W	7:0	42,6	0,17	1,00	FAW	58	02	7,2
0708-0	AW01b N-O	7:0	72,1	0,17	1,00	FAW	58	02	12,1
0709-0	AW01b N-W	7:0	84,8	0,17	1,00	FAW	58	02	14,2
0710-0	FE01a N-W	7:0	37,9	0,80	1,00	FF	58	02	30,3
0711-0	AW01a S-W	7:0	19,9	0,17	1,00	FAW	58	02	3,5
0712-0	AW01b S-O	7:0	56,7	0,17	1,00	FAW	58	02	9,5
0713-0	DA01	7:0	461,0	0,11	1,00	FD	58	02	48,9
0714-0	AW01a S-O	7:0	34,0	0,17	1,00	FAW	58	02	6,0
0715-0	AW01b S-W	7:0	33,5	0,17	1,00	FAW	58	02	5,6

Zone 8 Aufwärmküche

Stockwerk: EG

0801-0	GW02K	8:0	26,3	0,15	0,60	Ffb	58	74 19 25	2,4
0802-0	GW02	8:0	58,0	0,15	0,60	Ffb	58	19 25 14	5,3
0803-0	AW02a Ost	8:0	11,4	0,17	1,00	FAW	58	02	2,0
0804-0	AW02b Ost	8:0	16,9	0,17	1,00	FAW	58	02	2,8
0805-0	AW01b Ost	8:0	11,3	0,17	1,00	FAW	58	02	1,9

$\Sigma A \text{ [m}^2\text{]} = 8.183,9$

$\Sigma H_T \text{ [W/K]} = 1.704,4$

Bodenplattenmaß $B' (25) = A_G / (0.5 P) = 2506,50 / 128,35 = 19,53 \text{ m}$
keine weiteren Bodenplatten

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).
- 09 Außentür
- 13 Wand des beheizten Kellers.
- 14 Bodenplatte auf Erdreich ohne Randdämmung.
- 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.
- 55 Die verglaste Vorhangfassade wird bei der Berechnung des Wärmebrückeneinflusses ausgenommen.
- 58 Der Einfluss der Wärmebrücken wird mit einem U-Wert-Zuschlag von $0,03 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ pauschal berücksichtigt.
- 60 opakes Bauteil mit solaren Wärmeeinträgen
- 75 Vorhangfassade
- 74 Die Hüllfläche wird im mittleren U-Wert nach Hüllflächengruppen (Abs.5.2.3) nicht berücksichtigt.
- 85 Begrenzung der U-Werte von Außentüren und Toren in NWG nach KfW-FAQ als Glasdächer, Lichtbänder

2.1 Wärmebrücken

Berechnung mit pauschalen Zuschlägen (siehe Hüllflächentabelle)

Wärmebrückenzuschläge ohne Temperaturkorrektur

$H_{T,WB} = 234,0 \text{ W/K}$ (13,7 %, 0,029 $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$), 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
Zone 1 Nebenflächen	377	85	0	462	0	0
Zone 2 Sonstiger Aufentha	288	1	0	289	0	0
Zone 3 WC/Sanitär/Umkleid	75	29	0	103	0	0
Zone 4 Büro/Besprechung	177	33	0	209	0	0
Zone 5 Mensa/Foyer	64	35	0	98	0	0
Zone 6 Klassen-/Gruppenrä	507	0	0	507	0	0
Zone 7 Sporthalle	209	42	0	251	0	0
Zone 8 Aufwärmküche	10	8	0	18	0	0
	1707	232		1938		

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

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

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

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

spezifischer, auf die Umfassungsflächen bezogener Transmissionswärmetransferkoeffizient

$H'_{T,vorh} = (H_{T,D} + F_x \cdot H_{T,iu} + F_x \cdot H_{T,s}) / A = 1.938,5 / 8.183,9 = 0,24 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

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	0,80	0,80	1,57

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

kleinste Grenzwertunterschreitung: $U = 1,57 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) = 2,50 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) - 37,1\%$

3.0 Lüftungswärmetransfer (DIN V 18599-2)

Gebäudedichtheit Regelwert, Kategorie I, mit RLT-Anlage mit Dichtheitsprüfung (T2, Tab.7), $n_{50} = 1,00 \text{ h}^{-1}$

Nettoraumvolumen $> 1.500 \text{ m}^3 \Rightarrow n_{50} = q_{50} \cdot \Sigma A / V = 2 \cdot 8184 / 15992 = 1,02$ (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

Ohne bedarfsabhängige Außenluft-Volumenstromregelung

Luftaustausch zwischen Gebäudezonen nicht relevant

Zone	ALD	n_{50} h^{-1}	V_A $\text{m}^3 / (\text{m}^2\text{h})$	Luftwechsel n_{nutz} h^{-1}	n_{inf} h^{-1}	Fenster n_{win} h^{-1}	Lüftungsanlage $n_{m,ZUL}$ h^{-1}	$t_{V,m}$ h/d
Zone 1 Nebenfläche	-	1,14	0,15	0,05	0,08	0,10	0,05	13

Zone 2	Sonstiger A	-	0,62	7,00	2,21	0,04	0,10	2,21	13
Zone 3	WC/Sanitär/	-	1,38	15,00	5,19	0,10	0,10	5,19	13
Zone 4	Büro/Bespre	-	1,16	4,00	1,31	0,08	0,10	1,31	13
Zone 5	Mensa/Foyer	-	0,86	18,00	5,88	0,06	0,10	5,88	9
Zone 6	Klassen-/Gr	-	0,96	10,00	3,27	0,07	0,10	3,27	9
Zone 7	Sporthalle	-	1,21	3,00	0,55	0,08	0,10	0,55	17
Zone 8	Aufwärmküch	-	1,13	15,00	4,90	0,03	3,14	-	15

⇒ WE-Betrieb ...

Zone 1	Nebenflächen		0,00	0,00	0,08	0,10			
Zone 2	Sonstiger Aufenthalt		0,00	0,00	0,04	0,10			
Zone 3	WC/Sanitär/Umkleide		0,00	0,00	0,10	0,10			
Zone 4	Büro/Besprechung		0,00	0,00	0,08	0,10			
Zone 5	Mensa/Foyer		0,00	0,00	0,06	0,10			
Zone 6	Klassen-/Gruppenräume		0,00	0,00	0,07	0,10			
Zone 7	Sporthalle		0,00	0,00	0,08	0,10			
Zone 8	Aufwärmküche		0,00	0,00	0,08	0,10			

Zone <1> RLT-Anlage (204) mit VSUP/ETA = 185 / 185 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, WRG75
 Zone <2> RLT-Anlage (204) mit VSUP/ETA = 5918 / 5918 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, WRG75
 Zone <3> RLT-Anlage (204) mit VSUP/ETA = 4839 / 4839 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, WRG75
 Zone <4> RLT-Anlage (204) mit VSUP/ETA = 1856 / 1856 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, WRG75
 Zone <5> RLT-Anlage (204) mit VSUP/ETA = 6485 / 6485 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, WRG75
 Zone <6> RLT-Anlage (204) mit VSUP/ETA = 11097 / 11097 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, WRG75
 Zone <7> RLT-Anlage (204) mit VSUP/ETA = 1253 / 1253 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, WRG75
 Zone <8> RLT-Anlage (000) mit VSUP/ETA = 0 / 1072 m³/h, nutzungsabhängig

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

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

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

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

$n_{\text{win}} = \text{Fenster- / Türluftwechsel} = n_{\text{win,min}} + \Delta n_{\text{win}} \cdot t_{\text{nutz}} / 24$, mit RLT = $n_{\text{win,min}} + \Delta n_{\text{win,mech}} \cdot t_{v,\text{mech}} / 24$
 mit $n_{\text{win,min}} = 0,1$, in Wohngebäuden $n_{\text{win,min}} = \text{saisonal nach Gl.77}$

$\Delta n_{\text{win}} = n_{\text{nutz}} - (n_{\text{nutz}} - 0,2) \cdot n_{\text{inf}} - 0,1$ (ohne RLT), falls $n_{\text{nutz}} > 1,2 \Rightarrow \Delta n_{\text{win}} = n_{\text{nutz}} - n_{\text{inf}} - 0,1$

$n_{\text{mech}} = n_{\text{mech,ZUL}}$ = 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	V	Hv, z, Jan	Hv, inf	Hv, win	Σ Hv	Hv, mech	θv, Jan
Lüftung	m³	W/K	W/K	W/K	W/K	W/K	°C
Zone 1 Nebenflächen	3.946	0	107	134	242	34	21,0
Zone 2 Sonstiger Auf	2.679	0	40	91	131	1090	21,0
Zone 3 WC/Sanitär/Um	933	0	31	32	62	891	22,0
Zone 4 Büro/Besprech	1.420	0	39	48	88	342	21,0
Zone 5 Mensa/Foyer	1.102	0	23	37	60	827	21,0
Zone 6 Klassen-/Grup	3.396	0	78	115	193	1415	21,0
Zone 7 Sporthalle	2.297	0	66	78	144	301	21,0
Zone 8 Aufwärmküche	219	0	2	234	236	0	2,8

0 386 770 1156 4901

⇒ WE-Betrieb ...

Zone 1	Nebenflächen		0	107	134	242			
Zone 2	Sonstiger Aufenthalt		0	40	91	131			
Zone 3	WC/Sanitär/Umkleide		0	31	32	62			
Zone 4	Büro/Besprechung		0	39	48	88			
Zone 5	Mensa/Foyer		0	23	37	60			
Zone 6	Klassen-/Gruppenräum		0	78	115	193			
Zone 7	Sporthalle		0	66	78	144			
Zone 8	Aufwärmküche		0	6	7	13			

0 390 544 933

$H_{V,z} = V \cdot 0.34 \text{ [W/K]}$ = 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 , Jan/Jul W/m^2	g_{eff} , Jan/Jul %	Q_S , Jan/Jul kWh/d
0108-0 FE01a N-W	1	3,22	11/ 95	26/ 25	7104m 0,2/ 1,8
0110-0 FE01a S-W	1	4,83	40/ 120	13/ 15	" 0,6/ 2,1
0114-0 FA01 S-O	1	3,01	50/ 132	20/ 23	" 0,7/ 2,2
0120-0 FE01a S-O	1	6,30	50/ 132	13/ 15	" 1,0/ 2,9
0122-0 FE01a N-O	1	3,15	11/ 112	26/ 25	" 0,2/ 2,1
0124-0 FA01 N-W	1	1,61	11/ 95	42/ 42	" 0,2/ 1,5
0140-0 FA01 N-W	1	6,72	11/ 95	42/ 42	" 0,8/ 6,4
0146-0 FE01a Nord	1	2,17	10/ 81	26/ 26	" 0,1/ 1,1
0147-0 FE01a N-O	1	5,25	11/ 112	26/ 25	" 0,4/ 3,6
0149-0 FE01a West	1	4,34	17/ 117	20/ 19	" 0,4/ 2,3
0154-0 FA01 N-W	1	6,72	11/ 95	42/ 42	" 0,8/ 6,4
0156-0 FE01a N-O	1	5,25	11/ 112	26/ 25	" 0,4/ 3,6
0158-0 FE01a Nord	1	2,17	10/ 81	26/ 26	" 0,1/ 1,1
0205-0 FA01 S-O	2	15,40	50/ 132	20/ 23	" 3,8/ 11,4
0208-0 FA01 N-W	2	29,26	11/ 95	42/ 42	" 3,3/ 27,7
0209-0 FA01 N-O	2	29,26	11/ 112	42/ 42	" 3,3/ 32,6
0213-0 FA01 Süd	2	10,01	59/ 113	17/ 19	" 2,4/ 5,1
0219-0 FA01 S-O	2	16,94	50/ 132	20/ 23	" 4,1/ 12,6
0225-0 FA01 N-W	2	32,97	11/ 95	42/ 42	" 3,7/ 31,2
0226-0 FA01 N-O	2	9,45	11/ 112	42/ 42	" 1,1/ 10,5
0305-0 FE01a S-O	3	1,61	50/ 132	13/ 15	" 0,3/ 0,8
0411-0 FE01a S-W	4	26,67	40/ 120	13/ 15	" 3,3/ 11,3
0412-0 FA01 S-W	4	7,14	40/ 120	20/ 23	" 1,4/ 4,8
0414-0 FE01a S-O	4	6,23	50/ 132	13/ 15	" 1,0/ 2,9
0419-0 FE01a N-O	4	4,69	11/ 112	26/ 25	" 0,3/ 3,2
0421-0 FE01a S-W	4	6,23	40/ 120	13/ 15	" 0,8/ 2,6
0424-0 FA01 S-W	4	10,08	40/ 120	20/ 23	" 2,0/ 6,8
0428-0 FA01 S-W	4	10,08	40/ 120	20/ 23	" 2,0/ 6,8
0429-0 FE01a S-W	4	6,23	40/ 120	13/ 15	" 0,8/ 2,6
0432-0 FE01a West	4	4,34	17/ 117	20/ 19	" 0,4/ 2,3
0508-0 FA01 Süd	5	19,11	59/ 113	17/ 19	" 4,6/ 9,7
0509-0 FA01 Ost	5	12,11	25/ 138	33/ 31	" 2,4/ 12,3
0604-0 FE01a Süd	6	6,23	59/ 113	11/ 12	" 1,0/ 2,0
0605-0 FE01a Ost	6	14,56	25/ 138	20/ 19	" 1,8/ 9,1
0609-0 FE01a Nord	6	6,23	10/ 81	26/ 26	" 0,4/ 3,1
0614-0 FE01a N-W	6	6,23	11/ 95	26/ 25	" 0,4/ 3,6
0616-0 FE01a S-W	6	31,36	40/ 120	13/ 15	" 3,9/ 13,3
0617-0 FE01a S-O	6	11,48	50/ 132	13/ 15	" 1,8/ 5,4
0621-0 FE01a N-O	6	16,94	11/ 112	26/ 25	" 1,1/ 11,5
0627-0 FE01a Ost	6	14,56	25/ 138	20/ 19	" 1,8/ 9,1
0629-0 FE01a Süd	6	6,23	59/ 113	11/ 12	" 1,0/ 2,0
0630-0 FE01a Nord	6	6,23	10/ 81	26/ 26	" 0,4/ 3,1
0637-0 FE01a S-W	6	31,36	40/ 120	13/ 15	" 3,9/ 13,3
0639-0 FE01a N-W	6	6,23	11/ 95	26/ 25	" 0,4/ 3,6

S:\BIPROJ\152\B152948\B152948_08_BER_ID.DOCX:28. 11. 2023

0640-0 FE01a S-O	6	11,48	50/ 132	13/ 15	"	1,8/ 5,4
0644-0 FE01a N-O	6	16,87	11/ 112	26/ 25	"	1,1/ 11,4
0710-0 FE01a N-W	7	26,53	11/ 95	26/ 25	"	1,8/ 15,2
524,90						70/ 345

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

7104: aus dem Bauteilbezug, Außenjalousie 45° grau

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 $p_{e,B}$ 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	U	α	h_r	$I_{S, Jul}$	$Q_{S, Jul}$
					m²	W/ (m² K)		W/ (m² K)	W/m²	kWh/d
0103-0	AW02a	N-W	NW	1	30,0	0,17	0,50	4,50	95	0,1
0104-0	AW02a	S-W	SW	1	21,7	0,17	0,50	4,50	120	0,1
0105-0	AW02b	N-W	NW	1	39,7	0,17	0,50	4,50	95	0,2
0106-0	AW02b	S-W	SW	1	25,1	0,17	0,50	4,50	120	0,2
0107-0	AW01b	N-W	NW	1	29,7	0,17	0,50	4,50	95	0,1
0109-0	AW01b	S-W	SW	1	21,5	0,17	0,50	4,50	120	0,1
0111-0	AW02a	S-O	SO	1	20,5	0,17	0,50	4,50	132	0,1
0112-0	T02	S-O	SO	1	21,6	1,50	0,50	4,50	132	1,4
0113-0	AW02b	S-O	SO	1	21,3	0,17	0,50	4,50	132	0,1
0115-0	AW01b	S-O	SO	1	29,1	0,17	0,50	4,50	132	0,2
0116-0	FA02	S-O	SO	1	1,5	0,80	0,50	4,50	132	0,1
0117-0	AW02a	N-O	NO	1	11,4	0,17	0,50	4,50	112	0,1
0118-0	T02	N-O	NO	1	7,7	1,50	0,50	4,50	112	0,4
0119-0	AW02b	N-O	NO	1	12,3	0,17	0,50	4,50	112	0,1
0121-0	AW01b	N-O	NO	1	17,2	0,17	0,50	4,50	112	0,1
0123-0	T02	N-W	NW	1	7,7	1,50	0,50	4,50	95	0,3
0125-0	FA02	N-W	NW	1	0,8	0,80	0,50	4,50	95	0,0
0126-0	AW02a	Nord	N	1	7,9	0,17	0,50	4,50	81	0,0
0127-0	T02	Nord	N	1	3,8	1,50	0,50	4,50	81	0,1
0128-0	AW02a	West	W	1	0,2	0,17	0,50	4,50	117	0,0
0129-0	AW02b	Nord	N	1	11,7	0,17	0,50	4,50	81	0,0
0130-0	AW02b	West	W	1	0,3	0,17	0,50	4,50	117	0,0
0131-0	AW01b	Nord	N	1	9,4	0,17	0,50	4,50	81	0,0
0132-0	AW01b	West	W	1	0,2	0,17	0,50	4,50	117	0,0
0136-0	T01	N-O	NO	1	7,1	1,80	0,50	4,50	112	0,4
0137-0	DA02		-	1	324,0	0,11	0,50	4,50	210	2,1
0138-0	AW01b	N-W	NW	1	28,6	0,17	0,50	4,50	95	0,1
0139-0	AW01a	N-O	NO	1	2,3	0,17	0,50	4,50	112	0,0
0141-0	AW01b	N-O	NO	1	36,5	0,17	0,50	4,50	112	0,2
0142-0	FA02	N-W	NW	1	0,8	0,80	0,50	4,50	95	0,0
0143-0	AW01b	West	W	1	40,8	0,17	0,50	4,50	117	0,2
0144-0	AW01b		-	1	0,1	0,17	0,50	4,50	210	0,0
0145-0	AW01b	Nord	N	1	30,5	0,17	0,50	4,50	81	0,1
0148-0	FE01b	N-O	NO	1	1,8	0,80	0,50	4,50	112	0,0
0150-0	AW01b	Ost	O	1	10,8	0,17	0,50	4,50	138	0,1
0151-0	AW01b	N-W	NW	1	30,7	0,17	0,50	4,50	95	0,1
0152-0	DA01		-	1	251,6	0,11	0,50	4,50	210	1,5

MÜLLER-BBM

0153-0	FA02 N-W	NW	1	2,0	0,80	0,50	4,50	95	0,0
0155-0	AW01b N-O	NO	1	53,3	0,17	0,50	4,50	112	0,3
0157-0	AW01b Nord	N	1	33,4	0,17	0,50	4,50	81	0,1
0159-0	FE01b N-O	NO	1	1,8	0,80	0,50	4,50	112	0,0
0160-0	AW01b Ost	O	1	11,7	0,17	0,50	4,50	138	0,1
0161-0	AW01b West	W	1	24,9	0,17	0,50	4,50	117	0,1
0203-0	AW01b S-O	SO	2	8,3	0,17	0,50	4,50	132	0,1
0204-0	FA02 S-O	SO	2	1,9	0,80	0,50	4,50	132	0,1
0206-0	AW01a N-W	NW	2	7,1	0,17	0,50	4,50	95	0,0
0207-0	AW01a N-O	NO	2	7,1	0,17	0,50	4,50	112	0,0
0210-0	DA02	-	2	128,2	0,11	0,50	4,50	210	0,8
0211-0	AW01b Süd	S	2	5,0	0,17	0,50	4,50	113	0,0
0212-0	FA02 N-W	NW	2	6,5	0,80	0,50	4,50	95	0,1
0214-0	FA02 Süd	S	2	1,3	0,80	0,50	4,50	113	0,0
0215-0	FA02 N-O	NO	2	6,4	0,80	0,50	4,50	112	0,2
0216-0	DA01	-	2	397,0	0,11	0,50	4,50	210	2,4
0217-0	AW01b S-O	SO	2	5,8	0,17	0,50	4,50	132	0,0
0218-0	FA02 S-O	SO	2	5,0	0,80	0,50	4,50	132	0,2
0221-0	FA02 N-W	NW	2	9,6	0,80	0,50	4,50	95	0,2
0222-0	FA02 N-O	NO	2	4,7	0,80	0,50	4,50	112	0,1
0223-0	AW01b Süd	S	2	2,9	0,17	0,50	4,50	113	0,0
0224-0	FA02 Süd	S	2	3,4	0,80	0,50	4,50	113	0,1
0226-0	FA01 Süd	-	2	16,1	0,80	0,50	4,50	210	1,0
0301-0	AW02a N-O	NO	3	9,9	0,17	0,50	4,50	112	0,1
0302-0	AW02a S-O	SO	3	5,7	0,17	0,50	4,50	132	0,0
0303-0	AW02b N-O	NO	3	14,6	0,17	0,50	4,50	112	0,1
0304-0	AW02b S-O	SO	3	6,2	0,17	0,50	4,50	132	0,0
0306-0	AW01b N-O	NO	3	9,8	0,17	0,50	4,50	112	0,1
0307-0	AW01b S-O	SO	3	5,7	0,17	0,50	4,50	132	0,0
0308-0	DA02	-	3	156,5	0,11	0,50	4,50	210	1,0
0311-0	AW02a Ost	O	3	3,0	0,17	0,50	4,50	138	0,0
0312-0	AW02a Nord	N	3	6,6	0,17	0,50	4,50	81	0,0
0313-0	T02 Nord	N	3	7,7	1,50	0,50	4,50	81	0,2
0314-0	AW02b Ost	O	3	4,4	0,17	0,50	4,50	138	0,0
0315-0	AW02b Nord	N	3	9,8	0,17	0,50	4,50	81	0,0
0316-0	AW01b Ost	O	3	3,0	0,17	0,50	4,50	138	0,0
0317-0	AW01b Nord	N	3	9,7	0,17	0,50	4,50	81	0,0
0318-0	DA01	-	3	46,3	0,11	0,50	4,50	210	0,3
0319-0	AW01b N-O	-	3	27,2	0,17	0,50	4,50	210	0,4
0403-0	AW02a S-W	SW	4	43,9	0,17	0,50	4,50	120	0,3
0404-0	AW02b S-O	SO	4	9,3	0,17	0,50	4,50	132	0,1
0405-0	AW02a N-W	NW	4	1,6	0,17	0,50	4,50	95	0,0
0406-0	AW02a S-O	SO	4	9,8	0,17	0,50	4,50	132	0,1
0407-0	AW02b S-W	SW	4	20,1	0,17	0,50	4,50	120	0,1
0408-0	AW01b S-O	SO	4	11,2	0,17	0,50	4,50	132	0,1
0409-0	AW02b N-W	NW	4	2,3	0,17	0,50	4,50	95	0,0
0410-0	AW01b S-W	SW	4	38,9	0,17	0,50	4,50	120	0,2
0413-0	AW01b N-W	NW	4	1,5	0,17	0,50	4,50	95	0,0
0415-0	FA02 S-W	SW	4	1,1	0,80	0,50	4,50	120	0,0
0416-0	AW02a N-O	NO	4	7,8	0,17	0,50	4,50	112	0,0
0417-0	AW02b N-O	NO	4	4,8	0,17	0,50	4,50	112	0,0
0418-0	AW01b N-O	NO	4	7,7	0,17	0,50	4,50	112	0,0
0420-0	AW01b S-W	SW	4	22,5	0,17	0,50	4,50	120	0,1
0422-0	FE01b S-W	SW	4	3,5	0,80	0,50	4,50	120	0,1
0423-0	FA02 S-W	SW	4	1,1	0,80	0,50	4,50	120	0,0
0425-0	AW01b S-W	SW	4	24,9	0,17	0,50	4,50	120	0,2
0426-0	DA01	-	4	109,8	0,11	0,50	4,50	210	0,7
0427-0	FA02 S-W	SW	4	3,0	0,80	0,50	4,50	120	0,1
0430-0	FE01b S-W	SW	4	3,5	0,80	0,50	4,50	120	0,1
0431-0	AW01b West	W	4	19,9	0,17	0,50	4,50	117	0,1
0503-0	FA02 Süd	S	5	3,6	0,80	0,50	4,50	113	0,1
0504-0	AW02a Süd	S	5	8,1	0,17	0,50	4,50	113	0,0
0505-0	AW02a Ost	O	5	6,0	0,17	0,50	4,50	138	0,0
0506-0	T02 Ost	O	5	3,4	1,50	0,50	4,50	138	0,2
0507-0	AW01b Süd	S	5	15,6	0,17	0,50	4,50	113	0,1

S:\BIPROJ\1521B152948\B152948_08_BER_1D.DOCX:28. 11. 2023

0510-0	AW01b	Ost	O	5	11,2	0,17	0,50	4,50	138	0,1
0511-0	AW02b	Ost	O	5	1,3	0,17	0,50	4,50	138	0,0
0601-0	AW01b	Süd	S	6	21,2	0,17	0,50	4,50	113	0,1
0602-0	AW01b	Ost	O	6	49,8	0,17	0,50	4,50	138	0,4
0603-0	FE01b	Süd	S	6	3,6	0,80	0,50	4,50	113	0,1
0606-0	FE01b	Ost	O	6	7,1	0,80	0,50	4,50	138	0,3
0607-0	AW01b	Nord	N	6	21,2	0,17	0,50	4,50	81	0,1
0608-0	FE01b	Nord	N	6	3,6	0,80	0,50	4,50	81	0,0
0610-0	AW01b	S-O	SO	6	45,5	0,17	0,50	4,50	132	0,3
0611-0	AW01b	N-W	NW	6	26,5	0,17	0,50	4,50	95	0,1
0612-0	AW01b	S-W	SW	6	96,7	0,17	0,50	4,50	120	0,6
0613-0	FE01b	N-W	NW	6	3,6	0,80	0,50	4,50	95	0,1
0615-0	FE01b	S-W	SW	6	14,2	0,80	0,50	4,50	120	0,4
0618-0	FE01b	S-O	SO	6	5,3	0,80	0,50	4,50	132	0,2
0619-0	AW01a	N-O	NO	6	4,7	0,17	0,50	4,50	112	0,0
0620-0	AW01b	N-O	NO	6	40,4	0,17	0,50	4,50	112	0,2
0622-0	FE01b	N-O	NO	6	5,3	0,80	0,50	4,50	112	0,1
0623-0	AW01b	Ost	O	6	56,5	0,17	0,50	4,50	138	0,4
0624-0	AW01b	Süd	S	6	24,0	0,17	0,50	4,50	113	0,1
0625-0	AW01b	Nord	N	6	24,0	0,17	0,50	4,50	81	0,1
0626-0	FE01b	Ost	O	6	7,1	0,80	0,50	4,50	138	0,3
0628-0	FE01b	Süd	S	6	3,6	0,80	0,50	4,50	113	0,1
0631-0	FE01b	Nord	N	6	3,6	0,80	0,50	4,50	81	0,0
0632-0	AW01b	S-O	SO	6	51,2	0,17	0,50	4,50	132	0,4
0633-0	AW01b	S-W	SW	6	110,1	0,17	0,50	4,50	120	0,7
0634-0	DA01	-	-	6	632,1	0,11	0,50	4,50	210	3,9
0635-0	AW01b	N-W	NW	6	29,8	0,17	0,50	4,50	95	0,1
0636-0	FE01b	S-W	SW	6	14,2	0,80	0,50	4,50	120	0,4
0638-0	FE01b	N-W	NW	6	3,6	0,80	0,50	4,50	95	0,1
0641-0	FE01b	S-O	SO	6	5,3	0,80	0,50	4,50	132	0,2
0642-0	AW01b	N-O	NO	6	53,4	0,17	0,50	4,50	112	0,3
0643-0	FE01b	N-O	NO	6	5,3	0,80	0,50	4,50	112	0,1
0703-0	AW02a	N-O	NO	7	18,9	0,17	0,50	4,50	112	0,1
0704-0	AW02a	N-W	NW	7	27,6	0,17	0,50	4,50	95	0,1
0705-0	T01	N-W	NW	7	9,6	1,80	0,50	4,50	95	0,4
0706-0	AW02b	N-O	NO	7	28,0	0,17	0,50	4,50	112	0,2
0707-0	AW02b	N-W	NW	7	42,6	0,17	0,50	4,50	95	0,2
0708-0	AW01b	N-O	NO	7	72,1	0,17	0,50	4,50	112	0,4
0709-0	AW01b	N-W	NW	7	84,8	0,17	0,50	4,50	95	0,3
0711-0	AW01a	S-W	SW	7	19,9	0,17	0,50	4,50	120	0,1
0712-0	AW01b	S-O	SO	7	56,7	0,17	0,50	4,50	132	0,4
0713-0	DA01	-	-	7	461,0	0,11	0,50	4,50	210	2,8
0714-0	AW01a	S-O	SO	7	34,0	0,17	0,50	4,50	132	0,2
0715-0	AW01b	S-W	SW	7	33,5	0,17	0,50	4,50	120	0,2
0803-0	AW02a	Ost	O	8	11,4	0,17	0,50	4,50	138	0,1
0804-0	AW02b	Ost	O	8	16,9	0,17	0,50	4,50	138	0,1
0805-0	AW01b	Ost	O	8	11,3	0,17	0,50	4,50	138	0,1

4.885,6

36,2

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

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 * 0.8 = 4 W/(m²K)

$\Delta \vartheta_{er}$ = 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 ...								
Zone 1 Nebenfl	640	411	169	103	179	215	509	7.645

Zone 2 Sonstig	2.259	1.484	600	372	670	768	1.811	27.145
Zone 3 WC/Sani	17	14	5	4	8	6	14	187
Zone 4 Büro/Be	990	747	280	202	369	311	790	10.617
Zone 5 Mensa/F	525	419	149	106	217	180	438	5.546
Zone 6 Klassen	1.881	1.349	515	345	645	627	1.529	21.368
Zone 7 Sportha	249	141	63	35	55	82	191	3.034
Zone 8 Aufwärm über opake ...	-	-	-	-	-	-	-	-
Zone 1 Nebenfl	104	38	-	-	3	-	48	1.604
Zone 2 Sonstig	61	16	-	-	2	0	25	926
Zone 3 WC/Sani	22	4	-	-	0	-	9	373
Zone 4 Büro/Be	45	22	-	-	0	-	25	487
Zone 5 Mensa/F	12	8	-	-	1	0	8	127
Zone 6 Klassen	146	63	-	-	5	0	77	1.862
Zone 7 Sportha	55	15	-	-	1	-	21	910
Zone 8 Aufwärm	4	1	-	-	-	-	2	51
	7.010	4.734	1.781	1.167	2.156	2.189	5.496	81.882

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

Zone	AB m²	qI,p kWh/d	qI,fac kWh/d	QI,g kWh/d	QI kWh/d
Zone 1 Nebenflächen	1230	-	-	0,0	0,0
Zone 2 Sonstiger Aufenthalt	845	78,6	6,8	0,0	85,4
Zone 3 WC/Sanitär/Umkleide	323	-	-	0,0	0,0
Zone 4 Büro/Besprechung	464	13,9	20,0	0,0	33,9
Zone 5 Mensa/Foyer	360	63,1	3,6	0,0	66,7
Zone 6 Klassen-/Gruppenräume	1110	111,0	22,2	0,0	133,2
Zone 7 Sporthalle	418	26,3	-	0,0	26,3
Zone 8 Aufwärmküche	72	4,0	12,9	0,0	16,9

⇒ WE-Betrieb ...

Zone 1 Nebenflächen	-	-	0,0	0,0
Zone 2 Sonstiger Aufenthalt	-	-	0,0	0,0
Zone 3 WC/Sanitär/Umkleide	-	-	0,0	0,0
Zone 4 Büro/Besprechung	-	-	0,0	0,0
Zone 5 Mensa/Foyer	-	-	0,0	0,0
Zone 6 Klassen-/Gruppenräume	-	-	0,0	0,0
Zone 7 Sporthalle	-	-	0,0	0,0
Zone 8 Aufwärmküche	-	-	0,0	0,0

ungeregelte Wärmeeinträge im Januar

Zone	Leuchtenabluft m³/hW	QI,L kWh/d	QI,h kWh/d	QI,w kWh/d	QI,rv kWh/d
Zone 1 Nebenflächen	0,0	2,2	1,7	0,0	0,0
Zone 2 Sonstiger Aufenthalt	0,0	13,6	1,1	0,0	0,0
Zone 3 WC/Sanitär/Umkleide	0,0	7,1	0,4	20,2	0,0
Zone 4 Büro/Besprechung	0,0	14,0	0,6	0,0	0,0
Zone 5 Mensa/Foyer	0,0	5,1	0,5	0,0	0,0
Zone 6 Klassen-/Gruppenräume	0,0	12,9	1,5	0,0	0,0
Zone 7 Sporthalle	0,0	14,9	0,6	0,0	0,0
Zone 8 Aufwärmküche	0,0	2,0	0,1	0,0	0,0

AB = Bezugsfläche für die internen Wärmequellen / -senken

qI,p = durchschnittliche, tägliche Wärmeabgabe von Personen (Gl.125)

qI,fac = durchschnittliche, tägliche Wärmeabgabe von Geräten und Maschinen

QI,g = QI,goods = täglicher Wärmeeintrag durch Stofftransporte

QI = Summe der internen Wärmequellen / -senken, Tageswert

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

QI,L = Wärmeeinträge durch künstliche Beleuchtung, berücksichtigt vorhandene Abluftsysteme

$Q_{l,h}$ = ungeregelte Wärmeeinträge der Heizungsanlage, siehe Heizsysteme

$Q_{l,w}$ = ungeregelte Wärmeeinträge der Warmwasserversorgung, siehe Warmwassersysteme

$Q_{l,rv}$ = ungeregelte 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	$\Sigma H_{V, mech}$ W/K	Q_{sink} kWh/d	Q_{source} kWh/d	γ
Zone 1 Nebenflächen	462	242	34	379	10	0,027
Zone 2 Sonstiger Aufenthalt	289	131	1090	229	122	0,532
Zone 3 WC/Sanitär/Umkleide	103	62	891	89	28	0,313
Zone 4 Büro/Besprechung	209	88	342	154	61	0,392
Zone 5 Mensa/Foyer	98	60	827	85	79	0,924
Zone 6 Klassen-/Gruppenräume	507	193	1415	370	168	0,456
Zone 7 Sporthalle	251	144	301	182	44	0,240
Zone 8 Aufwärmküche	18	236	0	119	19	0,160

Zone	C_{wirk} Wh/(m²K)	H W/K	τ h	a -	η -	η_{WE}
Zone 1 Nebenflächen	50	738	83,32	6,21	1,000	1,000
Zone 2 Sonstiger Aufenthalt	50	1510	27,99	2,75	0,909	1,000
Zone 3 WC/Sanitär/Umkleide	50	1057	15,26	1,95	0,927	1,000
Zone 4 Büro/Besprechung	50	639	36,34	3,27	0,971	1,000
Zone 5 Mensa/Foyer	50	985	18,28	2,14	0,708	1,000
Zone 6 Klassen-/Gruppenräume	50	2115	26,23	2,64	0,927	1,000
Zone 7 Sporthalle	50	696	29,99	2,87	0,987	1,000
Zone 8 Aufwärmküche	50	254	14,06	1,88	0,973	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

$\Sigma H_{V, mech}$ = 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

$\gamma = Q_{source} / Q_{sink}$ = 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

$a = a_0 + \tau / \tau_0 = 1 + \tau / 16$ = 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
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	20,1	20,2	20,3	20,5	20,7	20,8	20,9	20,9	20,7	20,5	20,3	20,1
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	19,9	19,9	20,1	20,3	20,6	20,8	20,9	20,9	20,6	20,4	20,1	19,9
T _{i, 4}	°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, 5}	°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, 6}	°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, 7}	°C	18,4	18,4	18,5	18,7	18,8	18,9	19,0	19,0	18,8	18,7	18,5	18,4
T _{i, 8}	°C	20,1	20,1	20,2	20,5	20,7	20,8	20,9	20,9	20,7	20,5	20,2	20,1

⇒ WE-Betrieb ...

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

7.1 Zone Zone 1 Nebenflächen

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 $\vartheta_{h,Jan} = 20,1$ °C und $Q_l = 0,0$ kWh/d

Wochenendbetrieb (31,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,6$ °C und $Q_l = 0,0$ 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	0,979
$\eta_{\text{source,WE}}$		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,943
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	606	1.079	1.055	1.090	1.090	984	1.090	10.007
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	7.150
$Q_{h,b,RE}$	kWh	2.253	4.671	6.547	7.924	7.812	6.731	6.225	49.549
$Q_{h,b,WE}$	kWh	45	362	1.158	1.664	1.614	1.325	960	7.252
Q_T	kWh	2.045	3.627	5.157	6.339	6.307	5.440	5.140	42.532
Q_V	kWh	1.055	1.884	2.681	3.295	3.279	2.828	2.672	21.969
Q_S^*	kWh	744	449	169	103	182	215	556	8.717
Q_I^*	kWh	59	71	86	101	99	85	82	852

$\eta_{\text{source}} / \eta_{\text{source,WE}}$ = Ausnutzungsgrade für solare und interne Wärmegevinne 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 Wärmegevinne $Q_S^* = Q_S \cdot \eta$ und interne Wärmegevinne $Q_I^* = Q_I \cdot \eta$

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

7.2 Zone Zone 2 Sonstiger Aufenthalt

Regelbetrieb (68,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,9$ °C und $Q_l = 85,4$ kWh/d

Wochenendbetrieb (31,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,6$ °C und $Q_l = 0,0$ kWh/d

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,463	0,753	0,887	0,922	0,909	0,891	0,798	0,579

$\eta_{\text{source, WE}}$		0,720	0,997	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	0,706
$\Delta Q_{C, b, WE}$	kWh	475	894	725	749	749	676	749	6.366
t_h	h	103	510	720	744	744	672	574	4.712

$Q_{h, b, RE}$	kWh	–	508	1.410	2.069	1.904	1.523	891	8.429
$Q_{h, b, WE}$	kWh	–	–	439	797	689	501	9	2.435

Q_T	kWh	1.270	2.252	3.203	3.936	3.917	3.378	3.192	26.412
Q_V	kWh	125	651	966	1.187	1.182	1.019	963	3.444
Q_S^*	kWh	1.263	1.245	553	352	630	711	1.581	12.017
Q_I^*	kWh	932	1.586	1.831	1.991	1.943	1.707	1.676	14.353

7.3 Zone Zone 3 WC/Sanitär/Umkleide

Regelbetrieb (68,5%)

mit $\vartheta_{h, Jan} = 19,9^\circ\text{C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%)

mit $\vartheta_{h, Jan} = 17,6^\circ\text{C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,749	0,874	0,913	0,929	0,927	0,922	0,903	0,755
$\eta_{\text{source, WE}}$		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$\Delta Q_{C, b, WE}$	kWh	156	277	277	286	286	258	286	2.535
t_h	h	382	744	720	744	744	672	744	5.960
$Q_{h, b, RE}$	kWh	–	–	231	404	393	311	183	1.522
$Q_{h, b, WE}$	kWh	38	85	255	369	362	299	230	1.720
Q_T	kWh	453	804	1.144	1.406	1.399	1.207	1.140	9.433
Q_V	kWh	-459	-262	-166	-119	-120	-123	-182	-5.835
Q_S^*	kWh	32	17	5	3	8	6	21	414
Q_I^*	kWh	412	504	519	552	549	491	527	5.145

7.4 Zone Zone 4 Büro/Besprechung

Regelbetrieb (68,5%)

mit $\vartheta_{h, Jan} = 20,0^\circ\text{C}$ und $Q_I = 33,9 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%)

mit $\vartheta_{h, Jan} = 17,5^\circ\text{C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,687	0,869	0,963	0,977	0,971	0,970	0,925	0,704
$\eta_{\text{source, WE}}$		0,940	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,819
$\Delta Q_{C, b, WE}$	kWh	340	411	398	411	411	371	411	3.723
t_h	h	67	626	720	744	744	672	744	4.927
$Q_{h, b, RE}$	kWh	–	611	1.463	1.968	1.865	1.604	1.158	9.241
$Q_{h, b, WE}$	kWh	–	8	456	683	621	521	265	2.554
Q_T	kWh	918	1.629	2.316	2.846	2.832	2.443	2.308	19.100
Q_V	kWh	245	569	822	1.010	1.005	867	819	5.360
Q_S^*	kWh	794	700	273	199	362	304	773	6.823
Q_I^*	kWh	662	882	968	1.037	1.007	895	932	8.404

7.5 Zone Zone 5 Mensa/Foyer

Regelbetrieb (68,5%)

mit $\vartheta_{h, Jan} = 19,5^\circ\text{C}$ und $Q_I = 66,7 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%)

mit $\vartheta_{h, Jan} = 17,7^\circ\text{C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,355	0,544	0,671	0,724	0,708	0,699	0,621	0,463
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,971	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,872
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	184	343	309	319	319	288	319	2.605
t_h	h	96	364	720	744	744	672	744	4.599
$Q_{h,b,RE}$	kWh	-	-	-	23	-	-	-	23
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	-	141	259	218	178	35	831
Q_T	kWh	425	753	1.072	1.317	1.310	1.130	1.068	8.836
Q_V	kWh	-150	74	135	166	165	143	135	-2.435
Q_S^*	kWh	295	293	115	86	175	143	330	2.864
Q_I^*	kWh	522	828	1.002	1.121	1.094	973	955	8.360

7.6 Zone Zone 6 Klassen-/Gruppenräume

Regelbetrieb (54,8%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,5^\circ\text{C}$ und $Q_I = 133,2 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (45,2%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,5^\circ\text{C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,659	0,797	0,908	0,935	0,927	0,921	0,865	0,668
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,957	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,831
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	1.196	983	951	983	983	888	983	10.345
t_h	h	79	744	720	744	744	672	744	4.941
$Q_{h,b,RE}$	kWh	53	932	2.192	2.996	2.836	2.381	1.716	14.491
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	618	2.028	2.813	2.636	2.198	1.448	11.741
Q_T	kWh	2.155	3.822	5.436	6.681	6.648	5.734	5.418	44.828
Q_V	kWh	269	944	1.384	1.700	1.692	1.459	1.379	6.552
Q_S^*	kWh	1.609	1.256	489	333	623	600	1.486	14.239
Q_I^*	kWh	1.575	1.987	2.220	2.388	2.346	2.089	2.152	19.541

7.7 Zone Zone 7 Sporthalle

Regelbetrieb (68,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 18,4^\circ\text{C}$ und $Q_I = 26,3 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 15,7^\circ\text{C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,739	0,941	0,980	0,988	0,987	0,985	0,973	0,728
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,996	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,846
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	154	322	358	370	370	334	370	2.948
t_h	h	285	744	720	744	744	672	744	5.469
$Q_{h,b,RE}$	kWh	-	900	1.958	2.646	2.608	2.179	1.781	12.792
$Q_{h,b,WE}$	kWh	90	353	732	1.013	993	821	643	4.877
Q_T	kWh	780	1.630	2.474	3.105	3.088	2.650	2.453	19.097
Q_V	kWh	65	576	1.049	1.383	1.374	1.165	1.028	5.706
Q_S^*	kWh	249	150	63	35	56	81	208	2.335
Q_I^*	kWh	626	828	846	892	882	788	855	7.533

7.8 Zone Zone 8 Aufwärmküche

Regelbetrieb (82,2%)
 Wochenendbetrieb (17,8%)

mit $\theta_{h,Jan} = 20,1 \text{ °C}$ und $Q_I = 16,9 \text{ kWh/d}$
 mit $\theta_{h,Jan} = 17,7 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,853	0,934	0,964	0,973	0,973	0,971	0,963	0,857
$\eta_{source,WE}$		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	22	40	57	63	63	57	57	452
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	7.641
$Q_{h,b,RE}$	kWh	584	1.294	2.033	2.575	2.560	2.192	2.007	15.556
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	-	-	7	7	3	-	17
Q_T	kWh	81	144	205	252	251	217	205	1.693
Q_V	kWh	902	1.601	2.276	2.798	2.784	2.401	2.269	18.772
Q_S^*	kWh	3	1	-	-	-	-	2	41
Q_I^*	kWh	397	450	451	471	471	424	465	4.868

7.9 Summe Heizwärmebedarf

	Q_T kWh/a	Q_V kWh/a	Q_S^* kWh/a	Q_I^* kWh/a	$Q_{h,b}$ kWh/a	$Q_{h,b}$ kWh/(m²a)
Zone 1 Nebenflächen	42.532	21.969	8.717	852	56.801	46,2
Zone 2 Sonstiger Au	26.412	3.444	12.017	14.353	10.864	12,9
Zone 3 WC/Sanitär/U	9.433	-5.835	414	5.145	3.242	10,0
Zone 4 Büro/Besprec	19.100	5.360	6.823	8.404	11.795	25,4
Zone 5 Mensa/Foyer	8.836	-2.435	2.864	8.360	855	2,4
Zone 6 Klassen-/Gru	44.828	6.552	14.239	19.541	26.232	23,6
Zone 7 Sporthalle	19.097	5.706	2.335	7.533	17.668	42,3
Zone 8 Aufwärmküche	1.693	18.772	41	4.868	15.573	217,8
	171.932	53.534	47.449	69.055	143.030	29,7

9.0 RLT-Systeme (DIN V 18599-3)

9.1 Gewählte RLT-Anlagen

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

Zone	Feuchteanf.	No Anlage	Komponenten	$\theta_{SUP, Jan}$ °C
Zone 1 Nebenflächen	-	204 RLT-Anlage	VE LH rec75	21,0
Zone 2 Sonstiger Aufenthalt	mT	204 RLT-Anlage	VE LH rec75	21,0
Zone 3 WC/Sanitär/Umkleide	-	204 RLT-Anlage	VE LH rec75	22,0
Zone 4 Büro/Besprechung	mT	204 RLT-Anlage	VE LH rec75	21,0
Zone 5 Mensa/Foyer	mT	204 RLT-Anlage	VE LH rec75	21,0
Zone 6 Klassen-/Gruppenräum	mT	204 RLT-Anlage	VE LH rec75	21,0
Zone 7 Sporthalle	-	204 RLT-Anlage	VE LH rec75	21,0
Zone 8 Aufwärmküche	mT	000 RLT-Anlage	VE	2,8

Zone <1> RLT-Anlage (204) mit $V_{SUP}/ETA = 185 / 185 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, rec75
 Zone <2> RLT-Anlage (204) mit $V_{SUP}/ETA = 5918 / 5918 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, rec75
 Zone <3> RLT-Anlage (204) mit $V_{SUP}/ETA = 4839 / 4839 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, rec75
 Zone <4> RLT-Anlage (204) mit $V_{SUP}/ETA = 1856 / 1856 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, rec75
 Zone <5> RLT-Anlage (204) mit $V_{SUP}/ETA = 6485 / 6485 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, rec75
 Zone <6> RLT-Anlage (204) mit $V_{SUP}/ETA = 11097 / 11097 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, rec75
 Zone <7> RLT-Anlage (204) mit $V_{SUP}/ETA = 1253 / 1253 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, rec75

Zone <8> RLT-Anlage (000) mit VSUP/ETA = 0 / 1072 m³/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

θSUP mittlere Zulufttemperatur im Betrachtungsmonat nach Tab. 5/6

9.2 Strombedarf der Ventilatoren

	V _{mech,m} m³/h	t _v *d _v h/m	PV, SUP kW	PV, ETA kW	W _v , Jan kWh
Zone 1 Nebenflächen	185	276	0,06	0,04	28
Zone 2 Sonstiger Aufenthalt	5918	276	2,05	1,23	907
Zone 3 WC/Sanitär/Umkleide	4839	276	1,68	1,01	742
Zone 4 Büro/Besprechung	1856	276	0,64	0,39	285
Zone 5 Mensa/Foyer	6485	191	2,25	1,35	689
Zone 6 Klassen-/Gruppenraum	11097	153	3,85	2,31	943
Zone 7 Sporthalle	1253	361	0,43	0,26	251
Zone 8 Aufwärmküche	1072	382	0,00	0,22	85

monatliche Werte W_v [kWh]

	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Zone 1 Nebenflä	27	28	27	28	28	25	28	331
Zone 2 Sonstige	878	907	878	907	907	820	907	10.685
Zone 3 WC/Sanit	718	742	718	742	742	670	742	8.735
Zone 4 Büro/Bes	275	285	275	285	285	257	285	3.350
Zone 5 Mensa/Fo	666	689	666	689	689	622	689	8.106
Zone 6 Klassen-	912	943	912	943	943	851	943	11.097
Zone 7 Sporthal	243	251	243	251	251	227	251	2.958
Zone 8 Aufwärmk	82	85	82	85	85	77	85	1.004
	3.802	3.930	3.802	3.930	3.930	3.549	3.930	46.267

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

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

PV_{SUP} / PV_{ETA} = elektrische Leistungsaufnahme [kW] der Zuluft- und Abluft-Ventilatoren

W_v = Endenergiebedarf für die Luftförderung im Betrachtungsmonat (Hilfsenergie)

9.3 Zuluftkonditionierung (DIN V 18599-3)

Energiebedarfskennwerte für den Standort Deutschland (Potsdam)

Kennwerte für Zuluftvorwärmung im Januar

	θ _{HC} °C	q _{H, 12h} Wh/m³	f _H	q _H Wh/m³	Q _{v, H} kWh	A _{K, A} m²
Zone 1 Nebenflächen	22,4	407	1,01	305	56	0,0
Zone 2 Sonstiger Aufentha	22,4	407	1,01	305	1.805	0,0
Zone 3 WC/Sanitär/Umkleid	23,4	495	1,01	371	1.795	0,0
Zone 4 Büro/Besprechung	22,4	407	1,01	305	566	0,0
Zone 5 Mensa/Foyer	22,4	407	0,98	205	1.329	0,0
Zone 6 Klassen-/Gruppenrä	22,4	407	0,98	164	1.819	0,0
Zone 7 Sporthalle	22,4	407	1,03	407	510	0,0

Indizierungen (i) für die Bilanzgrößen: H = Heizen, C = Kühlen, St = Befeuchten

θ_{HC} = korrigierte, mittlere Zulufttemperatur (berücksichtigt unterschiedliche Ventilatorabwärme)

q_{i, 12h} / q_i = Kennwerte für den Nutzenergiebedarf = F(Anlage-No, Bilanzgröße, Monat) nach Anhang A

f_i = Korrekturfaktor für die tägliche Anlagenbetriebszeit nach Gl.37

Q_{v,i} = monatlicher Nutzenergiebedarf für die Bilanzgröße i

A_{K,A} = Oberfläche der Luftleitungen außerhalb der thermischen Hülle

9.4 Energiebedarf für Zuluftvorwärmung

Zone Zone 1 Nebenflächen

		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Q _{V,H}	kWh	4	15	40	58	56	47	36	279
t _{h*,op}	h	27	28	27	28	28	25	28	270
Q _{h*,b}	kWh	4	17	44	64	62	52	40	306
		4	17	44	64	62	52	40	306

Zone Zone 2 Sonstiger Aufenthalt

		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Q _{V,H}	kWh	129	488	1.273	1.867	1.805	1.508	1.158	8.919
t _{h*,op}	h	27	28	27	28	28	25	28	270
Q _{h*,b}	kWh	141	537	1.400	2.054	1.986	1.659	1.273	9.811
		145	553	1.444	2.118	2.048	1.711	1.313	10.117

Zone Zone 3 WC/Sanitär/Umkleide

		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Q _{V,H}	kWh	123	490	1.277	1.864	1.795	1.509	1.160	8.896
t _{h*,op}	h	27	28	27	28	28	25	28	270
Q _{h*,b}	kWh	136	539	1.404	2.050	1.975	1.659	1.277	9.785
		281	1.092	2.848	4.169	4.022	3.370	2.590	19.902

Zone Zone 4 Büro/Besprechung

		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Q _{V,H}	kWh	40	153	399	586	566	473	363	2.797
t _{h*,op}	h	27	28	27	28	28	25	28	270
Q _{h*,b}	kWh	44	168	439	644	623	520	399	3.077
		326	1.260	3.287	4.813	4.645	3.890	2.989	22.979

Zone Zone 5 Mensa/Foyer

		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Q _{V,H}	kWh	95	359	937	1.374	1.329	1.110	852	6.565
t _{h*,op}	h	18	19	18	19	19	17	19	187
Q _{h*,b}	kWh	104	395	1.031	1.512	1.462	1.221	937	7.222
		430	1.655	4.318	6.325	6.107	5.111	3.926	30.201

Zone Zone 6 Klassen-/Gruppenräume

		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Q _{V,H}	kWh	130	492	1.283	1.882	1.819	1.520	1.166	8.988
t _{h*,op}	h	15	15	15	15	15	14	15	149
Q _{h*,b}	kWh	143	541	1.411	2.070	2.001	1.671	1.283	9.886
		572	2.196	5.729	8.394	8.107	6.783	5.209	40.087

Zone Zone 7 Sporthalle

		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Q _{V,H}	kWh	36	138	359	527	510	426	327	2.516
t _{h*,op}	h	35	36	35	36	36	33	36	353

$Q_{h^*,b}$	kWh	40	152	395	580	561	468	360	2.767
		612	2.348	6.124	8.974	8.668	7.251	5.569	42.854
Nutzwärmebedarf $Q_{V,H}$ nach Heizbereichen [kWh]									
	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr	
1 Fußbodenheizu	612	2.348	6.124	8.974	8.668	7.251	5.569	42.854	
	612	2.348	6.124	8.974	8.668	7.251	5.569	42.854	

Wärmeerzeugung siehe Abs.13 Heizsysteme

mit $Q_{V,H}$ = Nutzwärmebedarf der Zuluftvorwärmung, $t_{h^*,op}$ = Bedarfszeit der Heizregister und $Q_{h^*,b}$ = Nutzwärmebedarf der Heizregister

$t_{h^*,op} = t_{H,r} * t_{V,mech} * dV_{mech} * b_{bv,mth} / b_{vh,a, max.} t_{V,mech} * dV_{mech,m}$ (DIN V 18599-7, Gl.4)

$Q_{h^*,b}$ nach DIN V 18599-7, Gl.1, Übergabeverluste pauschal 10% (5.4.2)

Leitungsverluste mit $A_{K,A}$ und $f_{vh,d} = 16 \text{ W/m}^2$

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 (34), mit Dachoberlichtern (0)

Bezüge siehe DIN V 18599-4

Der Verbauungsindex wird nach GEG '20, §25 vereinfacht mit $l_v = 0.9$ angenommen

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden

Tageslichtbereich	Zone	E_m lx	A_{TL} m ²	A_{RB} m ²	Tageslicht	CTL %
1 0107-0 FF FE01a S-W	S-W 1	100	57,0	6,9	gering	42
2 0110-0 FF FE01a N-W	N-W 1	100	30,4	4,6	gering	50
3 0112-0 FAW T02 S-O	S-O 1	100	33,0	21,6	gut	90
4 0114-0 FF FA01 S-O	S-O 1	100	20,1	4,3	mittel	64
5 0118-0 FAW T02 N-O	N-O 1	100	23,5	7,7	gut	75
6 0120-0 FF FE01a S-O	S-O 1	100	24,9	9,0	gut	70
7 0122-0 FF FE01a N-O	N-O 1	100	79,9	19,5	mittel	62
8 0123-0 FAW T02 N-W	N-W 1	100	16,6	7,7	gut	86
9 0124-0 FF FA01 N-W	N-W 1	100	53,1	21,5	gut	87
10 0127-0 FAW T02 Nord	Nord 1	100	13,5	3,8	mittel	68
11 0140-0 FF FE01a Nord	Nord 1	100	25,6	6,2	mittel	63
12 0142-0 FF FE01a West	West 1	100	30,7	6,2	gering	45
13 0205-0 FF FA01 S-O	S-O 2	300	105,1	46,2	gut	75
14 0208-0 FF FA01 N-W	N-W 2	300	123,0	88,9	gut	94
15 0209-0 FF FA01 N-O	N-O 2	300	78,1	55,3	gut	94
16 0213-0 FF FA01 Süd	Süd 2	300	85,4	30,5	gut	62
17 0305-0 FF FE01a S-O	S-O 3	200	14,5	2,3	gering	50
18 0313-0 FAW T02 Nord	Nord 3	200	8,3	7,7	gut	96
19 0411-0 FF FE01a S-W	S-W 4	500	185,6	55,8	gut	56
20 0412-0 FF FA01 S-W	S-W 4	500	85,1	39,0	gut	67
21 0414-0 FF FE01a S-O	S-O 4	500	26,2	8,9	gut	58
22 0419-0 FF FE01a N-O	N-O 4	500	28,4	6,7	mittel	52
23 0423-0 FF FE01a West	West 4	500	23,3	6,2	mittel	48

24	0506-0	FAW T02 Ost	Ost	5	200	8,7	3,4	gut	80
25	0508-0	FF FA01 Süd	Süd	5	200	50,3	27,3	gut	67
26	0509-0	FF FA01 Ost	Ost	5	200	24,6	17,3	gut	78
27	0604-0	FF FE01a Süd	Süd	6	300	44,8	17,7	gut	63
28	0605-0	FF FE01a Ost	Ost	6	300	109,5	41,6	gut	69
29	0611-0	FF FE01a S-W	S-W	6	300	254,3	89,5	gut	71
30	0613-0	FF FE01a N-W	N-W	6	300	50,7	17,7	gut	79
31	0614-0	FF FE01a S-O	S-O	6	300	74,6	32,7	gut	75
32	0618-0	FF FE01a N-O	N-O	6	300	132,5	48,3	gut	81
33	0621-0	FF FE01a Nord	Nord	6	300	46,9	17,7	gut	77
34	0710-0	FF FE01a N-W	N-W	7	300	262,1	37,9	gering	46

tageslichtversorgte Flächen nach Zonen

Zone	ANGF [m²]	ATL [m²]	AKTL [m²]
Zone 1 Nebenflächen	1230	408	822
Zone 2 Sonstiger Aufenth	845	392	454
Zone 3 WC/Sanitär/Umklei	323	23	300
Zone 4 Büro/Besprechung	464	349	115
Zone 5 Mensa/Foyer	360	84	277
Zone 6 Klassen-/Gruppenr	1110	713	396
Zone 7 Sporthalle	418	262	156
Zone 8 Aufwärmküche	72	-	72

ATL = 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 Nutzenebene 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 $D_j = D_a \cdot \tau_{D65} \cdot k \cdot ARB / ATL \cdot \eta_R$ (Gl. 35), mit D_a = Außentageslichtquotient nach Tab.17, η_R =

Raumwirkungsgrad nach Tab. 18 / 19

c_{TL} = Tageslichtversorgungsfaktor = $c_{TL,Vers,SNA} \cdot (1 - t_{rel,TL,SA}) + c_{TL,Vers,SA} \cdot t_{rel,TL,SA}$ (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	0107-0	FF	FE01a	S-	1	42	50	82	79	78	76	75	75
2	0110-0	FF	FE01a	N-	1	50	50	79	76	74	72	71	71
3	0112-0	FAW	T02	S-O	1	90	60	54	47	43	39	37	37
4	0114-0	FF	FA01	S-O	1	64	55	70	66	63	61	59	59
5	0118-0	FAW	T02	N-O	1	75	55	65	60	56	54	52	52
6	0120-0	FF	FE01a	S-	1	70	55	67	63	59	57	55	55
7	0122-0	FF	FE01a	N-	1	62	55	71	67	64	62	61	60
8	0123-0	FAW	T02	N-W	1	86	60	56	50	45	42	40	39
9	0124-0	FF	FA01	N-W	1	87	60	56	49	45	41	39	39
10	0127-0	FAW	T02	Nor	1	68	55	68	64	60	58	57	56
11	0140-0	FF	FE01a	No	1	63	55	71	66	63	61	60	60
12	0142-0	FF	FE01a	We	1	45	50	81	78	76	75	74	74
13	0205-0	FF	FA01	S-O	2	75	81	49	41	36	32	30	29
14	0208-0	FF	FA01	N-W	2	94	81	35	26	19	14	11	11
15	0209-0	FF	FA01	N-O	2	94	81	35	26	19	14	11	11
16	0213-0	FF	FA01	Süd	2	62	81	58	52	47	44	42	42
17	0305-0	FF	FE01a	S-	3	50	50	79	76	74	72	71	71
18	0313-0	FAW	T02	Nor	3	96	60	51	44	39	35	33	33
19	0411-0	FF	FE01a	S-	4	56	78	63	58	54	51	50	49
20	0412-0	FF	FA01	S-W	4	67	81	54	48	43	39	37	37
21	0414-0	FF	FE01a	S-	4	58	78	61	56	52	49	47	47
22	0419-0	FF	FE01a	N-	4	52	78	65	61	57	54	53	52
23	0423-0	FF	FE01a	We	4	48	78	68	64	60	58	57	56

24	0506-0	FAW T02 Ost	5	80	81	45	37	31	27	25	24
25	0508-0	FF FA01 Süd	5	67	81	54	47	42	39	37	36
26	0509-0	FF FA01 Ost	5	78	81	46	39	33	29	27	26
27	0604-0	FF FE01a Sü	6	63	81	56	50	45	42	40	40
28	0605-0	FF FE01a Os	6	69	81	53	46	41	38	36	35
29	0611-0	FF FE01a S-	6	71	81	51	44	39	36	33	33
30	0613-0	FF FE01a N-	6	79	81	45	38	32	28	25	25
31	0614-0	FF FE01a S-	6	75	81	49	41	36	32	30	29
32	0618-0	FF FE01a N-	6	81	81	44	37	31	27	24	24
33	0621-0	FF FE01a No	6	77	81	47	39	34	30	27	27
34	0710-0	FF FE01a N-	7	46	71	72	68	65	63	62	62

Kontrollsystem(e): manuell (REF), autark ausschaltend + wiedereinschaltend

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

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

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

10.3 Kunstlichtversorgung

elektrische Anschlussleistung für Kunstlichtbereiche (8)

Tabellenverfahren, monatlich berechnet (Januar)

Bereich	Zone	E_m lx	Lampen lx	p_j W/m ²	$f_{Prä}$ m ²	$t_{T,TL}$ h/m	$t_{T,KTL}$ h/a	t_N h/a	$Q_{l,b}$ kWh/m
1 Zone 1 Nebenfläch	1	100	9-1-1	1,3	0,14	22	369	30	47
2 Zone 2 Sonstiger	2	300	9-1-1	4,0	0,53	50	1335	109	288
3 Zone 3 WC/Sanitär	3	200	9-1-1	3,6	0,55	82	1399	114	151
4 Zone 4 Büro/Bespr	4	500	9-1-1	7,2	0,71	94	1818	148	425
5 Zone 5 Mensa/Foye	5	200	9-1-1	2,3	1,00	76	1750	0	108
6 Zone 6 Klassen-/G	6	300	9-1-1	3,6	0,76	45	1068	0	243
7 Zone 7 Sporthalle	7	300	9-1-1	3,7	0,71	110	1794	887	317
8 Zone 8 Aufwärmkü	8	300	9-1-1	4,0	0,53	0	1266	782	51

1630

9-1-1 (0,49): LED-Leuchten, Vorschaltgerät EVG elektronisch, direkt, $A_{KL} = 4.741 \text{ m}^2$

Präsenzmelder: Zonen 1/2/3/4/5/6/7/8/, 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
Zone 1 Nebenfl	44	47	46	48	47	42	46	543
Zone 2 Sonstig	256	277	282	309	288	247	263	3.170
Zone 3 WC/Sani	145	150	146	151	151	136	150	1.765
Zone 4 Büro/Be	267	287	293	322	298	257	273	3.291
Zone 5 Mensa/F	102	107	105	111	108	96	105	1.244
Zone 6 Klassen	188	207	216	242	219	183	192	2.348
Zone 7 Sportha	298	312	308	326	317	281	307	3.643
Zone 8 Aufwärm	49	51	49	51	51	46	51	597

1.349 1.437 1.445 1.560 1.478 1.287 1.386 16.601

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 = $p_j \cdot [ATL \cdot (t_{Tag,TL} + t_{Nacht}) + AKTL \cdot (t_{Tag,KTL} + t_{eff,Nacht})]$ (Gl.2)

$Q_{l,f} = \sum F_{t,n} \cdot \sum Q_{l,b} = Q_{l,elektr}$ = 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
Zone 1 Nebenflächen	51	49	0,960	50,000	83,32	0,878
Zone 2 Sonstiger Aufenthalt	30	234	7,737	50,000	27,99	0,129
Zone 3 WC/Sanitär/Umkleide	12	29	2,461	50,000	15,26	0,362
Zone 4 Büro/Besprechung	21	92	4,307	50,000	36,34	0,231
Zone 5 Mensa/Foyer	11	94	8,254	50,000	18,28	0,120
Zone 6 Klassen-/Gruppenräume	50	250	4,952	50,000	26,23	0,200
Zone 7 Sporthalle	28	61	2,155	50,000	29,99	0,435
Zone 8 Aufwärmküche	18	19	1,047	50,000	14,06	0,638

Kühlenergiebedarf

Zone	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Apr kWh	Mai kWh	Jun kWh	Jahr kWh
$\Rightarrow Q_{c,b}$ (Raumklima)								
Zone 1 Nebenfl	-	-	-	-	-	1	21	182
Zone 2 Sonstig	231	289	321	818	2.212	3.840	4.968	27.218
Zone 3 WC/Sani	95	98	93	134	220	506	858	5.299
Zone 4 Büro/Be	31	42	38	133	465	1.074	1.491	7.994
Zone 5 Mensa/F	525	578	538	824	1.215	1.834	2.339	16.665
Zone 6 Klassen	205	239	239	538	1.372	2.683	3.749	21.105
Zone 7 Sportha	9	10	10	21	83	287	580	2.946
Zone 8 Aufwärm	11	11	11	16	26	56	93	653

Kühlenergiebedarf der Raumklimasysteme Q_{c,b}

$Q_{c,b} = (1 - \eta) \cdot Q_{source}$ 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, Juli} kW	Q _{c,max, Sept} kW	techn. gekühlt
Zone 1 Nebenflächen	13	5,6	1,5	nein
Zone 2 Sonstiger Aufenthalt	13	18,1	11,6	nein
Zone 3 WC/Sanitär/Umkleide	13	1,7	-1,2	nein
Zone 4 Büro/Besprechung	13	8,1	5,3	nein
Zone 5 Mensa/Foyer	9	11,2	7,4	nein
Zone 6 Klassen-/Gruppenräum	9	27,6	18,4	nein
Zone 7 Sporthalle	17	5,1	2,2	nein
Zone 8 Aufwärmküche	15	1,4	0,2	nein
		78,8	45,4	

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

mit t_{c,op,d} = tägliche Betriebsdauer der Kühlanlage und $\Delta\theta$ = 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
Zone 1 Nebenflächen	nicht relevant			–
Zone 2 Sonstiger Auf	nicht relevant			–
Zone 3 WC/Sanitär/Um	Schule mit Dusc	0,500 m ² Klassenräu	428	4.544 c
Zone 4 Büro/Besprech	nicht relevant			–
Zone 5 Mensa/Foyer	nicht relevant			–
Zone 6 Klassen-/Grup	nicht relevant			–
Zone 7 Sporthalle	nicht relevant			–
Zone 8 Aufwärmküche	nicht relevant			–

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

c) Flächenbezug ist die Nettogrundfläche ANGF

12.2 Eingesetzte Warmwassersysteme

Versorgungsbereich	Zonen (n)	f_{Zapf}	$Q_{w,b}$ kWh/Jahr
1 zentrale WW-Versorgung	3/	1,00	53.500
2			

12.3 Verteilungsnetze

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 3

Verteilssystem: Leitungslängen nach DIN V 18599-8:2018, Zirkulationsbetrieb an $z = 11,0$ h/d

Wärmedurchgangskoeffizient U_i , gedämmte Leitungen nach 1995 (REF)

mittlere Temperatur des Rohrabschnitts $\theta_{w,av}$ ohne Zirkulation, im Zirkulationsbetrieb 57,5°C (Tab.6)

Umgebungstemperatur in der thermischen Hülle = Bilanzinnentemperatur

Zirkulationspumpe

Volumenstrom $V = 0,26$ m³/h, $\Delta p = 15,9$ kPa, $P_{hydr} = 1,155$ kPa*m³/h, $e_{w,d,aux} = 16,3$

Elektrische Leistungsaufnahme P_p = unbekannt, geregelt, bedarfsorientiert

	Verteilung (V)			Stränge (S)		Stichltg. (St)		
(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 3								
Leitungslängen l_i	70 m			26 m		89 m		
Wärmedurchgangskoeffizient U_i	0,200 W/(mK)			0,255 W/(mK)		0,255 W/(mK)		
Warmwassertemperatur $\theta_{w,av}$	34,5 °C			32,9 °C		32,9 °C		
Umgebungstemperatur $\theta_{I, Jan}$	19,9 °C			19,9 °C		19,9 °C		
Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 3

$Q_{w,b}$	kWh	4.397	4.544	4.397	4.544	4.544	4.104	4.544	53.500
$Q_{w,d,V}$	kWh	285	297	290	302	302	272	300	3.496
$Q_{w,d,S}$	kWh	132	137	134	140	140	126	139	1.616
$Q_{w,d,St}$	kWh	137	145	143	150	150	135	148	1.702
$Q_{w,d}$	kWh	553	579	568	592	592	533	586	6.814
$W_{w,d}$	kWh	4	4	4	4	4	4	4	52
$Q_{I,w,d}$	kWh	553	579	568	592	592	533	586	6.814

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
 $Q_{l,w,d}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge durch die WW-Verteilung, siehe "interne Wärmegewinne"
 $W_{w,d}$ = Hilfsenergiebedarf der Zirkulationspumpe

12.4 Warmwasserspeicher

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 3
 indirekt beheizter Speicher, Speichervolumen $V = 500$ Liter
 Bereitschafts-Wärmeverlust $Q_{s,P0,day} = 1,7$ kWh/d (T8 Gl. 26-30)
 Umgebungstemperatur am Aufstellort = Bilanzinnentemperatur
 Speicher-Wärmeverlust $Q_{w,s} = f_{con} \cdot (55-T_u)/45 \cdot d_{op,mth} \cdot Q_{s,P0,day}$ mit $f_{con} = 1,2$ (Gl.25)
 Speicherladepumpe mit $P_p = 49$ W, Hilfsenergiebedarf $W_{w,s}$

Erzeugernutzwärmeabgabe für Trinkwarmwasserbereitung $Q_{w,outg} = Q_{w,b} + Q_{w,d}$ monatlich

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 3									
$Q_{w,outg}$	kWh	4.950	5.123	4.965	5.136	5.135	4.637	5.130	60.314
$Q_{w,s}$	kWh	31	33	32	33	33	30	33	384
$W_{w,s}$	kWh	11	12	11	12	12	11	12	138
$Q_{l,w,s}$	kWh	31	33	32	33	33	30	33	384
Aufteilung $Q_{l,w,s}$: nach Grundflächenanteilen									

12.5 Solaranlage zur Trinkwassererwärmung

nicht vorgesehen

12.6 Nutzwärmebedarf der Warmwassererzeugung

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 3									
$Q_{w,outg}$	kWh	4.982	5.155	4.997	5.169	5.169	4.667	5.163	60.698

12.7 Wärmepumpen zur Trinkwassererwärmung

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 3
 Wärmepumpe 2, Luft-Wasser WP (Standard) ab 2010 für Heizung und WW, 59,6 kW
 Energieträger Strom-Mix, maximale Laufzeit 20 h/d, Vorrangschaltung für WW

Leistungszahl im Prüfstand $COP = 3,2$ bei A7/W45
 Die Leistungszahlen (COP) werden für die Vorlauftemperatur 55°C und für die monatsmittlere Außenlufttemperatur korrigiert, Außentemperaturen für "4 Potsdam (Deutschland)"
 COP-Koeffizienten durch Inter- / Extrapolation aus tabellierten Werten (Normwerte / Herstellerangaben)
 Jahresarbeitszahl $SPF_{w,gen,a} = 60698/(22022+0+0) = 2,76$ (Gl.89)

Nutzwärmeabgabe für Trinkwarmwasserbereitung $Q_{w,outg} = Q_{w,b} + Q_{w,d} + Q_{w,s} - Q_{w,sol}$ monatlich
 $Q_{w,f}$ = Endenergiebedarf und $W_{w,gen}$ = Hilfsenergiebedarf der Wärmepumpe
 $COP =$ Leistungszahl der WP, $t_{w,gen}$ = Laufzeit, $Q_{w,in}$ = verwendete Umweltwärme (Gl.80)
 $Q_{w,f,hu}$ = Nutzwärmebedarf der Nachheizung

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 3, Jahresarbeitszahl _{WW} = 2,76									
$Q_{w,outg}$	kWh	4.982	5.155	4.997	5.169	5.169	4.667	5.163	60.698
COP		3,41	2,87	2,31	2,08	2,08	2,10	2,36	
$t_{w,gen}$	h/d	3,5	4,0	4,7	5,2	5,2	5,1	4,6	

$Q_{w,f}$	kWh	1.460	1.799	2.168	2.487	2.485	2.224	2.183	22.022
$Q_{w,in}$	kWh	3.522	3.357	2.829	2.681	2.684	2.443	2.980	38.676
$W_{w,gen}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-

12.8 Wärmeherzeugung

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 3

Ein konventioneller Wärmeherzeuger ist nicht erforderlich

12.9 Endenergie Warmwasserbereitung

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{w,outg}$	kWh	4.982	5.155	4.997	5.169	5.169	4.667	5.163	60.698
$Q_{w,f}$	kWh	1.460	1.799	2.168	2.487	2.485	2.225	2.183	22.022
$W_{w,f}$	kWh	16	16	16	16	16	15	16	189
Strom-Mix	kWh	1.460	1.799	2.168	2.487	2.485	2.225	2.183	22.022
$Q_{I,w,<3>}$	kWh/d	19,5	19,7	20,0	20,2	20,2	20,1	20,0	

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

$W_{w,f}$ = Hilfsenergiebedarf, $Q_{I,w}$ = ungerichtete Wärmeeinträge durch Leitungs- / Speicherverluste

Ungerichtete 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
Zone 1 Nebenflächen	14,8	3,9	197	0,5	19,2
Zone 2 Sonstiger Aufenthalt	9,2	2,1	5921	16,1	27,4
Zone 3 WC/Sanitär/Umkleide	3,3	1,0	4843	13,2	17,5
Zone 4 Büro/Besprechung	6,7	1,4	1860	5,1	13,2
Zone 5 Mensa/Foyer	3,1	1,0	6482	17,6	21,7
Zone 6 Klassen-/Gruppenräum	16,2	3,1	11104	30,2	49,5
Zone 7 Sporthalle	8,0	2,3	1263	3,4	13,8
Zone 8 Aufwärmküche	0,6	3,8	0	0,0	4,4

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

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

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

$V_{mech} = n_{mech,ZUL} \cdot V$ = Mindestvolumenstrom der mechanischen Lüftungsanlage

$Q_{V,mech} = 0,34 \cdot V_{mech} \cdot (\theta_{i,h,min} - \theta_V)$ = Heizleistung für die Nacherwärmung der Zuluft (RLT mit WRG)

$\Phi_{h,max} = Q_{T,max} + 0,5 \cdot Q_{V,max} + Q_{V,mech}$ = erforderliche Heizleistung in der Gebäudezone (T2 Gl.B.4)

13.2 Eingesetzte Heizsysteme

Anlage	Versorgungsbereich	Zone (n)	$Q_{h,b}$ kWh/Jahr	$\Phi_{h,max}$ kW	$Q_{N,h}$ kW
1 Fußbodenheizung Nasssystem		*	185.884	166,7	170,9
2					
* = 1/2/3/4/5/6/7/8/					

<1> hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, System Nasssystem,

Raumtemperaturregelung Pi-Regler optimiert zertifiziert, intermittierender Heizbetrieb ja,
Einzelraumregelsystem ohne

RLT-Heizregister im Heizbereich $\Rightarrow Q_{h,b} = Q_{h,b} + Q_{h^*,b}$ enthält Nutzwärmebedarf für das Heizregister
Übergabe- und Verteilungsverluste für $Q_{h^*,b}$ siehe "RLT-Systeme"

Heizwärmebedarf nach Heizbereichen

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,b}, <1>$	kWh	3.063	10.342	21.042	28.209	27.117	22.766	17.553	143.029
$Q_{h^*,b}, <1>$	kWh	612	2.348	6.124	8.974	8.668	7.251	5.569	42.854

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

13.3 Heizzeiten

(1) Bereich "Fußbodenheizung Nasssystem", Leitzone Zone 8 Aufwärmküche

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$t_h <8>$	h/m	720	744	720	744	744	672	744	7.641
$t_{h,rL,d} <8>$	h/d	15	15	17	19	19	18	17	
$d_{h,rB} <8>$	d/m	25	27	27	28	28	25	28	277
$t_{h,rL} <8>$	h/m	372	405	467	531	529	466	474	4.583

$t_h = t_{h,Nutz} + t_{h,WE}$ = 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 Pi-Regler optimiert zertifiziert, intermittierender Heizbetrieb ja,
Einzelraumregelsystem ohne

Summe der Temperaturschwankungen $\Delta\vartheta_{ce} = 0+0,5+(0,7+0,5)/2-0,2+0,2+0 = 1,10^\circ\text{K}$ (T5 Gl.35)

$Q_{h,ce} = Q_{h,b} * \Delta\vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e)$ (Gl.34) (7,4%)

Hilfsenergie der Wärmeübertragungsprozesse: Stellantriebe elektromotorisch (0,1 Watt)

$W_{h,ce} = P_{C,aux} * d_{mth} * 24/1000 + (P_{fan,aux} * n_{fan} + P_{Pu,aux} * n_{Pu}) * t_{h,rL}/1000$ (T5 Gl.44)

Nutzwärmebedarf, Verluste und Hilfsenergie der Wärmeübergabe

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) Fußbodenheizung Nasssystem									
$Q_{h,b}$	kWh	3.063	10.342	21.042	28.209	27.117	22.766	17.553	143.029
$Q_{h,ce}$	kWh	527	1.037	1.436	1.618	1.564	1.374	1.242	10.627
$W_{h,ce}$	kWh	0	0	0	0	0	0	0	1
$\Sigma Q_{h,b+ce}$	kWh	3.590	11.379	22.478	29.828	28.680	24.141	18.794	153.656

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

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

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

Hilfsenergiebedarf der Wärmeübergabe $W_{h,ce}$ mit den Parametern

P_C = elektrische Nennleistungsaufnahme der Regelungseinrichtungen (Tab.20 oder Herstellerangabe)

P_V / P_P = elektrische Nennleistungsaufnahme der Ventilatoren und Pumpen (Tab.21)

$P_{h,aux}$ = Hilfsenergiebedarf von Erzeugern, Erhitzern und Ventilatoren bei direkter Beheizung ($h_R > 4m$, Gl.49)

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 $A_{Nutz,Heizbereich} = 4740,8$

m^2 , Geschosshöhe i.M. = 4,03 m, 3 Geschosse.

Vor- / Rücklauftemperatur (Auslegung) $\theta_{VA} = 35^\circ C / \theta_{RA} = 28^\circ C$, $T_{i,Soll,<8>} = 21,0^\circ C$

Wärmedurchgangszahlen U_i nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 57 kPa (aus Rohrleitung, Erzeuger, Wärmemengenzähler, Strangarmaturen)

Korrekturfaktoren f_{hydr} , Abgleich = 1,00, $f_{Netzform} = 1,00$, $f_{d,Pumpenmanagement} = 0,75$

Heizungspumpe Δp variabel, bedarfsgerecht, P_{Pumpe} unbekannt, intermittierend

	Verteilung (V)	Stränge (S)	Anbindung (A)
(1) Fußbodenheizung Nasssystem			
Leitungslängen l_i	248,8 m	116,2 m	- m
Wärmedurchgangszahlen U_i	0,200 W/(mK)	0,255 W/(mK)	0,255 W/(mK)
Umgebungstemperaturen $\theta_{I,i}$	20,0 °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, ungetriggerte Wärmeeinträge $Q_{I,h,d}$ und Hilfsenergiebedarf $Q_{h,d,aux}$

Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) Fußbodenheizung Nasssystem								
$\beta_{h,d}$	0,03	0,09	0,19	0,24	0,23	0,22	0,15	
$\theta_{VL,av}$ °C	21,6	22,6	24,1	24,8	24,7	24,5	23,5	
$\theta_{RL,av}$ °C	21,3	21,8	22,5	22,9	22,8	22,7	22,3	
$Q_{h,d}$ kWh	42	71	122	163	159	133	109	957
$W_{h,d}$ kWh	41	62	93	117	114	97	84	761
$Q_{I,h,d}$ kWh	42	71	122	163	159	133	109	957

Leitungsverluste $Q_{h,d} = 0,6\%$, ungetriggerte Wärmeeinträge $Q_{I,h,d} = 0,6\%$

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)

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

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

$W_{h,d} = W_{h,d,hydr} \cdot e_{h,d,aux} \cdot ((1,03 \cdot t_{h,RL} + f_{P,A} \cdot (t_h - t_{h,RL})) / t_h)$ (Gl.66, intermittierend)

$f_{P,A}$ = Korrekturfaktor für Absenkung / Abschaltung der Pumpe bei intermittierendem Betrieb

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	4.244	13.797	28.724	38.965	37.507	31.525	24.472	197.468

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

$Q_{h,out}^*$ = Nutzwärmebedarf mit RLT-Wärmebedarf

Die Erzeugerverluste $Q_{h,g}$ im sommerlichen Heizbetrieb (nur $Q_{h^*,b}$) können mangels rechnerischer Laufzeiten für die Erzeuger derzeit nicht bestimmt werden.

13.7 Heizwärmepufferspeicher

Heizbereiche (1)

(1) Fußbodenheizung Nasssystem

Speicher: zur Wärmepumpe

Speicher-Nenninhalt $V = 3000$ l, Umgebungstemperatur $\theta_u = 20,0$ °C

Bereitschaftswärmeverlust $q_{B,S} = 11,6$ kWh/d, Faktor für die Verbindungsleitung $f_{con} = 1,20$

Speicherladepumpe, Leistungsaufnahme $P_{Pumpe} = 182$ 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 (ungeregelte 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	22	22	24	25	25	24	23	
$Q_{h,s}$	kWh	14	23	36	45	44	38	33	301
$W_{h,s}$	kWh	5	15	31	43	41	34	27	218
$Q_{I,h,s}$	kWh	14	23	36	45	44	38	33	301

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

13.8 solare Heizungsunterstützung

nicht vorgesehen

13.9 Heizungswärmepumpen

Heizbereiche (1)

(1) Fußbodenheizung Nasssystem

Wärmepumpe 3, Luft-Wasser WP (Standard) ab 2010, Heizungswärmepumpe, 59,6 kW, modulierend
Energieträger Strom-Mix, maximale Laufzeit 20 h/d

Leistungszahl im Prüfstand $COP = 2,46 / 2,67 / 3,45$ bei A7/W40

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,

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, $Q_{h,f,hu}$ = Nutz- / Endenergiebedarf der Nachheizung

$Q_{h,in}$ = regenerativer Energieertrag (Gl.149), $W_{h,gen}$ = Hilfsendenergiebedarf

Wärmepumpe 3, Jahresarbeitszahl $H_{Zg} = 3,58$

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

Q _{h,outg}	kWh	4.258	13.821	28.760	39.010	37.551	31.563	24.505	197.769
COP		4,96	4,08	3,71	3,56	3,53	3,63	3,63	
t _{ON,g,d}	h/d	2,2	6,8	14,4	18,0	17,0	16,4	12,0	
Q _{h,f}	kWh	1.064	3.569	7.705	9.894	9.398	8.246	6.850	51.551
Q _{h,f, bu}	kWh	-	-	827	4.501	5.071	2.377	593	13.391
Q _{h,f, sum}	kWh	1.064	3.569	8.532	14.395	14.469	10.623	7.444	64.943
Q _{h,in}	kWh	3.194	10.252	20.228	24.615	23.081	20.940	17.061	132.826

13.10 Konventionelle Heizwärmeerzeuger

Heizbereiche (1)

(1) "Fußbodenheizung Nasssystem", Zonen 1/2/3/4/5/6/7/8 (A_{NGF} = 4.821 m²)

Ein konventioneller Wärmeerzeuger ist nicht erforderlich

13.11 Endenergie Heizwärme

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Q _{h,f}	kWh	1.064	3.569	8.532	14.395	14.469	10.623	7.444	64.943
W _h	kWh	46	77	125	160	155	132	111	980
Strom-Mix	kWh	1.064	3.569	8.532	14.395	14.469	10.623	7.444	64.943
Q _{I,h,<1>}	kWh/d	0,5	0,8	1,3	1,7	1,7	1,6	1,2	
Q _{I,h,<2>}	kWh/d	0,3	0,5	0,9	1,2	1,1	1,1	0,8	
Q _{I,h,<3>}	kWh/d	0,1	0,2	0,4	0,5	0,4	0,4	0,3	
Q _{I,h,<4>}	kWh/d	0,2	0,3	0,5	0,6	0,6	0,6	0,4	
Q _{I,h,<5>}	kWh/d	0,1	0,2	0,4	0,5	0,5	0,5	0,3	
Q _{I,h,<6>}	kWh/d	0,4	0,7	1,2	1,5	1,5	1,4	1,0	
Q _{I,h,<7>}	kWh/d	0,2	0,3	0,5	0,6	0,6	0,5	0,4	
Q _{I,h,<8>}	kWh/d	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	

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} = ungeregelte 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

Ungeregelte 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 2023 und DIN V 18599-9:2018

Peakleistung 104,50 kWp, quadratmeterbezogen 104,50 / (4821,0) = 0,022 kWp/m²

PV-Module Ost 15° Standort Deutschland (Potsdam)

Q_{f,prod,PV} = E_{sol} * P_{pk} * f_{perf} / I_{ref}, DIN V 18599-9:2018, Gl.64, Q_{f,nutz,PV} nach Gl.75, KfW

LCA-Nachweis

Strom im örtlichen Zusammenhang erzeugt, vorrangig im Gebäude genutzt

0,75 0,75 kWh/Jahr

Strombedarf für Heizwärme Warmwasser Beleuchtung Hilfsenergie Haushaltsstrom

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Strombedarf	kWh	7.737	10.827	16.087	22.548	22.532	17.830	15.069	151.002
Stromangebot	kWh	6.196	4.041	1.524	892	1.627	2.038	4.986	73.546
anrechenbar	kWh	4.019	4.041	1.524	892	1.627	2.038	4.986	44.119

Jahres-Stromproduktion = 73.546 kWh/a, Strombedarf = 151.002 kWh/a, anrechenbar = 44.119 kWh/a

14.2 Energiebedarf nach Energieträgern

Energieträger	Prozessbereich	Zonen	Endenergie kWh/a	f_P	$f_{Hs/Hi}$	Q_P kWh/a
Strom-Mix	Heizwärme	*	64.943	1,80	1,00	116.897
Strom-Mix	Warmwasser	3/	22.022	1,80	1,00	39.640
Strom-Mix	Beleuchtung	**	16.601	1,80	1,00	29.882
Strom-Mix	Hilfsenergie		47.436	1,80	1,00	85.385
Strom-Mix	Stromgutschrift		-44.119	1,80	1,00	-79.413
Σ [kWh/Jahr]			106.883			192.391

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

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

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

Jahres-Primärenergiebedarf $q_P = 192.391 / 4.821 = 39,9$ kWh/(m²a) ($\Sigma A_{NGF} = 4.821$ m²)

Endenergie (brennwertbezogen) = Jahressummen aus den Prozessbereichen

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

Endenergiebedarf: Hilfsenergie 9,8 kWh/(m²a), Strom-Mix 21,5 kWh/(m²a), Stromgutschrift [Strom-Mix] -9,2 kWh/(m²a)

Treibhausgasemissionen (CO2)

Energieträger	Endenergie kWh/a	Emissionsfaktor g CO2/kWh	Emissionen kg/a	kg/ (m²a)
Strom-Mix	64.943	560	36.368	
Strom-Mix	22.022	560	12.332	
Strom-Mix	16.601	560	9.297	
Strom-Mix	47.436	560	26.564	
Strom-Mix	-44.119	560	-24.706	
106.883			59.855	12,4

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

siehe Abschnitt		RLT 9	Beleucht. 10	Klima 11	Warmwasser 12	Heizung 13	Summe
Zone	m²	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a
Zone 1 Nebenfläch	1.230	-	543	-	-	25.789	26.331
Zone 2 Sonstiger	845	-	3.170	-	-	4.936	8.105
Zone 3 WC/Sanitär	323	-	1.765	-	22.022	1.474	25.262
Zone 4 Büro/Bespr	464	-	3.291	-	-	5.358	8.649
Zone 5 Mensa/Foye	360	-	1.244	-	-	390	1.633
Zone 6 Klassen-/G	1.110	-	2.349	-	-	11.910	14.259
Zone 7 Sporthalle	418	-	3.643	-	-	8.020	11.664
Zone 8 Aufwärmküc	72	-	597	-	-	7.072	7.669

Gebäude	4.821	-	16.601	-	22.022	64.949	103.572
---------	-------	---	--------	---	--------	--------	---------

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	9,6	3,4	0,0	11,1	38,6	62,7
Endenergiebedarf	9,6	3,4	0,0	4,6	13,7	31,3
Primärenergiebedarf	17,3	6,2	0,0	8,3	24,6	56,4

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

15.0 Nachweise

für ein neu errichtetes Gebäude

Referenzberechnung = "Referenzgebäude"

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 $q_{P,REF} = 132,6 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$, aus der Referenzberechnung

zul $q_P = 132,6 - 45\% = 72,9 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$, geforderte Unterschreitung nach GEG §18 und GEG-Novelle 2023

vorh $q_P = 192.391 / 4821,0 = 39,9 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$

vorh $q_P = 39,9 \leq 72,9 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$, **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**

17.0 Nutzung von erneuerbaren Energien

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

Nachweis für öffentlich genutzte Gebäude

Wärme- und Kälteenergiebedarf = $86965 + 0 + 171502 + 0 = 258.467 \text{ kWh/Jahr}$ (mit Solar-, Umweltenergie- und Abwärmenutzung)

darin enthaltene Deckungsanteile aus erneuerbaren Energiequellen oder Ersatzmaßnahmen

Energiequelle	Energieertrag kWh/a	Deckungsanteil erzielt	Deckungsanteil gefordert	Nutzungs- anteil
Umweltenergie [WW-WP] [Hzg]	245.076	94,8 %	50,0 %	189,6 %
PV-Strom [PV-Strom]	44.119	17,1 %	15,0 %	114,0 %
				303,6 %

Nachweis über die kleinste U-Wert-Unterschreitung nach Abs. 2.3, ohne Nachweis der QP-Unterschreitung

		Grenzwert	erzielt	Unterschreitung		Nutzungs-
				erzielt	gefordert	anteil
U-Werte	W/(m²K)	2,50	1,57	37,1 %	15,0 %	247,2 %

erreichter Nutzungsanteil, Summe = 550,8 % \geq 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, $GWP_{100} \leq$ Grenzwert $kg\ CO_2\ Äqu./(m^2\ a)$ (LCA, projektspezifisch)

Referenzberechnung = "Referenzgebäude"

Endenergieeinsparung	210.536 kWh/a
Primärenergieeinsparung	159.236 kWh/a
CO ₂ -Einsparung	28.920 kg/a

	Primärenergiebedarf	----- mittlere U-Werte -----				
	Qp''	Opake	Fenster	Vorh.	Oberl.	
	kWh/(m²a)	W/(m²K)	W/(m²K)	W/(m²K)	W/(m²K)	
Referenzberechnung	100 %	132,6				
erreicht Ti >= 19°C	30 %	39,9	0,13	0,80	0,80	1,57
Effizienzgebäude 40	40 %	53,0	0,18	1,00	1,00	1,60

LCA-Grenzwert $GWP_{100} \leq$ Anforderung projektspezifisch [kg CO₂ Äqu./[(m² a)]

NH-Paket (Nachhaltigkeitszertifikat)

Eine anerkannte Nachhaltigkeitszertifizierung nach BMI liegt nicht vor

Anhang C

Bilanzierung nach DIN V 18599 - Referenzgebäude

S:\B\PROJ\152\B152948\B152948_08_BER_ID.DOCX:28. 11. 2023

Energetische Bewertung von Gebäuden

Projekt: Neubau Schule an der Ruhr Essen

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 "Referenzgebäude"

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 1.1.2023 (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, $\vartheta_e = 1,0 \text{ °C}$

Zone	Typ	t_{nutz} d/a	ϑ_i °C	$\vartheta_{i,WE}$ °C	ANGF m²	V_i m³
Zone 1 Nebenflächen	218 Nebenflächen	250	20,1	17,4	1230	3946
Zone 2 Sonstiger Aufenthalt	217 Sonstige Auf	250	19,9	17,4	845	2679
Zone 3 WC/Sanitär/Umkleide	216 WC und Sanit	250	19,9	17,4	323	933
Zone 4 Büro/Besprechung	201 Einzelbüro	250	19,9	17,3	464	1420
Zone 5 Mensa/Foyer	217 Sonstige Auf	250	19,9	17,5	360	1102
Zone 6 Klassen-/Gruppenräum	208 Klassenzimme	200	19,5	17,3	1110	3396
Zone 7 Sporthalle	231 Turnhalle (o	250	18,4	15,6	418	2297
Zone 8 Aufwärmküche	215 Küche - Vorb	300	20,1	17,5	72	219
					4.821	15.992

Gebäude, $A_{\text{NGF}} = 4821,0 \text{ m}^2$, $n_G = 3$ Geschosse

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 (Umax-Nachweis) GEG § 19

Hüllfläche	Zone	A m ²	U W/(m ² K)	F _x	Anmerkungen	H _T W/K
Zone 1 Nebenflächen						
Stockwerk: EG						
0101-0 GW02	1:0	412,1	0,35	0,45 Ffb	51 19 25 14	64,9
0102-0 GW02K	1:0	402,2	0,35	0,45 Ffb	51 74 19 25	63,3
0103-0 AW02a N-W	1:0	30,0	0,28	1,00 FAW	51 02	8,4
0104-0 AW02a S-W	1:0	21,7	0,28	1,00 FAW	51 02	6,1
0105-0 AW02b N-W	1:0	39,7	0,28	1,00 FAW	51 02	11,1
0106-0 AW02b S-W	1:0	25,1	0,28	1,00 FAW	51 02	7,0
0107-0 AW01b N-W	1:0	29,7	0,28	1,00 FAW	51 02	8,3
0108-0 FE01a N-W	1:0	4,6	1,30	1,00 FF	51 02	6,0
0109-0 AW01b S-W	1:0	21,5	0,28	1,00 FAW	51 02	6,0
0110-0 FE01a S-W	1:0	6,9	1,30	1,00 FF	51 02	9,0
0111-0 AW02a S-O	1:0	20,5	0,28	1,00 FAW	51 02	5,7
0112-0 T02 S-O	1:0	21,6	1,80	1,00 FF	51 09 02	38,9
0113-0 AW02b S-O	1:0	21,3	0,28	1,00 FAW	51 02	6,0
0114-0 FA01 S-O	1:0	4,3	1,40	1,00 FF	55 75 02	6,0
0115-0 AW01b S-O	1:0	29,1	0,28	1,00 FAW	51 02	8,1
0116-0 FA02 S-O	1:0	1,5	1,40	1,00 FF	55 75 60	2,1
0117-0 AW02a N-O	1:0	11,4	0,28	1,00 FAW	51 02	3,2
0118-0 T02 N-O	1:0	7,7	1,80	1,00 FF	51 09 02	13,9
0119-0 AW02b N-O	1:0	12,3	0,28	1,00 FAW	51 02	3,4
0120-0 FE01a S-O	1:0	9,0	1,30	1,00 FF	51 02	11,7
0121-0 AW01b N-O	1:0	17,2	0,28	1,00 FAW	51 02	4,8
0122-0 FE01a N-O	1:0	4,5	1,30	1,00 FF	51 02	5,8
0123-0 T02 N-W	1:0	7,7	1,80	1,00 FF	51 09 02	13,9
0124-0 FA01 N-W	1:0	2,3	1,40	1,00 FF	55 75 02	3,2
0125-0 FA02 N-W	1:0	0,8	1,40	1,00 FF	55 75 60	1,1
0126-0 AW02a Nord	1:0	7,9	0,28	1,00 FAW	51 02	2,2
0127-0 T02 Nord	1:0	3,8	1,80	1,00 FF	51 09 02	6,8
0128-0 AW02a West	1:0	0,2	0,28	1,00 FAW	51 02	0,1
0129-0 AW02b Nord	1:0	11,7	0,28	1,00 FAW	51 02	3,3
0130-0 AW02b West	1:0	0,3	0,28	1,00 FAW	51 02	0,1
0131-0 AW01b Nord	1:0	9,4	0,28	1,00 FAW	51 02	2,6
0132-0 AW01b West	1:0	0,2	0,28	1,00 FAW	51 02	0,1
0133-0 GW04	1:0	41,4	0,35	0,65 Fwb	51 19 25 13	9,4
0134-0 GW01K	1:0	47,1	0,35	0,45 Ffb	51 19 25 14	7,4
0135-0 GW01	1:0	28,3	0,35	0,45 Ffb	51 19 25 14	4,5
0136-0 T01 N-O	1:0	7,1	1,80	1,00 FAW	51 09 02	12,8
0137-0 DA02	1:0	324,0	0,20	1,00 FD	51 02	64,8
Stockwerk: OG1						
0138-0 AW01b N-W	1:0	28,6	0,28	1,00 FAW	51 02	8,0
0139-0 AW01a N-O	1:0	2,3	0,28	1,00 FAW	51 02	0,6
0140-0 FA01 N-W	1:0	9,6	1,40	1,00 FF	55 75 02	13,4
0141-0 AW01b N-O	1:0	36,5	0,28	1,00 FAW	51 02	10,2
0142-0 FA02 N-W	1:0	0,8	1,40	1,00 FF	55 75 60	1,1
0143-0 AW01b West	1:0	40,8	0,28	1,00 FAW	51 02	11,4
0144-0 AW01b	1:0	0,1	0,28	1,00 FAW	51 02	0,0
0145-0 AW01b Nord	1:0	30,5	0,28	1,00 FAW	51 02	8,5
0146-0 FE01a Nord	1:0	3,1	1,30	1,00 FF	51 02	4,0

0147-0 FE01a N-O	1:0	7,5	1,30	1,00 FF	51 02	9,8
0148-0 FE01b N-O	1:0	1,8	1,30	1,00 FF	51 60	2,3
0149-0 FE01a West	1:0	6,2	1,30	1,00 FF	51 02	8,1
0150-0 AW01b Ost	1:0	10,8	0,28	1,00 FAW	51 02	3,0

Stockwerk: OG2

0151-0 AW01b N-W	1:0	30,7	0,28	1,00 FAW	51 02	8,6
0152-0 DA01	1:0	251,6	0,20	1,00 FD	51 02	50,3
0153-0 FA02 N-W	1:0	2,0	1,40	1,00 FF	55 75 60	2,8
0154-0 FA01 N-W	1:0	9,6	1,40	1,00 FF	55 75 02	13,4
0155-0 AW01b N-O	1:0	53,3	0,28	1,00 FAW	51 02	14,9
0156-0 FE01a N-O	1:0	7,5	1,30	1,00 FF	51 02	9,8
0157-0 AW01b Nord	1:0	33,4	0,28	1,00 FAW	51 02	9,4
0158-0 FE01a Nord	1:0	3,1	1,30	1,00 FF	51 02	4,0
0159-0 FE01b N-O	1:0	1,8	1,30	1,00 FF	51 60	2,3
0160-0 AW01b Ost	1:0	11,7	0,28	1,00 FAW	51 02	3,3
0161-0 AW01b West	1:0	24,9	0,28	1,00 FAW	51 02	7,0

Zone 2 Sonstiger Aufenth

Stockwerk: EG

0201-0 GW02K	2:0	5,1	0,35	0,45 Ffb	51 74 19 25	0,8
0202-0 GW02	2:0	9,6	0,35	0,45 Ffb	51 19 25 14	1,5

Stockwerk: OG1

0203-0 AW01b S-O	2:0	8,3	0,28	1,00 FAW	51 02	2,3
0204-0 FA02 S-O	2:0	1,9	1,40	1,00 FF	55 75 60	2,7
0205-0 FA01 S-O	2:0	22,0	1,40	1,00 FF	55 75 02	30,8
0206-0 AW01a N-W	2:0	7,1	0,28	1,00 FAW	51 02	2,0
0207-0 AW01a N-O	2:0	7,1	0,28	1,00 FAW	51 02	2,0
0208-0 FA01 N-W	2:0	41,8	1,40	1,00 FF	55 75 02	58,5
0209-0 FA01 N-O	2:0	41,8	1,40	1,00 FF	55 75 02	58,5
0210-0 DA02	2:0	128,2	0,20	1,00 FD	51 02	25,6
0211-0 AW01b Süd	2:0	5,0	0,28	1,00 FAW	51 02	1,4
0212-0 FA02 N-W	2:0	6,5	1,40	1,00 FF	55 75 60	9,1
0213-0 FA01 Süd	2:0	14,3	1,40	1,00 FF	55 75 02	20,0
0214-0 FA02 Süd	2:0	1,3	1,40	1,00 FF	55 75 60	1,8
0215-0 FA02 N-O	2:0	6,4	1,40	1,00 FF	55 75 60	9,0

Stockwerk: OG2

0216-0 DA01	2:0	397,0	0,20	1,00 FD	51 02	79,4
0217-0 AW01b S-O	2:0	5,8	0,28	1,00 FAW	51 02	1,6
0218-0 FA02 S-O	2:0	5,0	1,40	1,00 FF	55 75 60	7,0
0219-0 FA01 S-O	2:0	24,2	1,40	1,00 FF	55 75 02	33,9
0221-0 FA02 N-W	2:0	9,6	1,40	1,00 FF	55 75 60	13,4
0222-0 FA02 N-O	2:0	4,7	1,40	1,00 FF	55 75 60	6,6
0223-0 AW01b Süd	2:0	2,9	0,28	1,00 FAW	51 02	0,8
0224-0 FA02 Süd	2:0	3,4	1,40	1,00 FF	55 75 60	4,8
0225-0 FA01 N-W	2:0	47,1	1,40	1,00 FF	55 75 02	65,9
0226-0 FA01 N-O	2:0	13,5	1,40	1,00 FF	55 75 02	18,9
0227-0 FA01 Süd	2:0	16,1	1,40	1,00 FF	55 75 02	22,5

Zone 3 WC/Sanitär/Umklei

Stockwerk: EG

0301-0 AW02a N-O	3:0	9,9	0,28	1,00 FAW	51 02	2,8
0302-0 AW02a S-O	3:0	5,7	0,28	1,00 FAW	51 02	1,6
0303-0 AW02b N-O	3:0	14,6	0,28	1,00 FAW	51 02	4,1
0304-0 AW02b S-O	3:0	6,2	0,28	1,00 FAW	51 02	1,7

0305-0	FE01a	S-O	3:0	2,3	1,30	1,00	FF	51	02	3,0
0306-0	AW01b	N-O	3:0	9,8	0,28	1,00	FAW	51	02	2,7
0307-0	AW01b	S-O	3:0	5,7	0,28	1,00	FAW	51	02	1,6
0308-0	DA02		3:0	156,5	0,20	1,00	FD	51	02	31,3
0309-0	GW02		3:0	107,7	0,35	0,45	Ffb	51	19 25 14	17,0
0310-0	GW02K		3:0	207,8	0,35	0,45	Ffb	51	74 19 25	32,7
0311-0	AW02a	Ost	3:0	3,0	0,28	1,00	FAW	51	02	0,8
0312-0	AW02a	Nord	3:0	6,6	0,28	1,00	FAW	51	02	1,8
0313-0	T02	Nord	3:0	7,7	1,80	1,00	FF	51	09 02	13,9
0314-0	AW02b	Ost	3:0	4,4	0,28	1,00	FAW	51	02	1,2
0315-0	AW02b	Nord	3:0	9,8	0,28	1,00	FAW	51	02	2,7
0316-0	AW01b	Ost	3:0	3,0	0,28	1,00	FAW	51	02	0,8
0317-0	AW01b	Nord	3:0	9,7	0,28	1,00	FAW	51	02	2,7

Stockwerk: OG2

0318-0	DA01		3:0	46,3	0,20	1,00	FD	51	02	9,3
0319-0	AW01b	N-O	3:0	27,2	0,28	1,00	FAW	51	02	7,6

Zone 4 Büro/Besprechung

Stockwerk: EG

0401-0	GW02		4:0	256,2	0,35	0,45	Ffb	51	19 25 14	40,4
0402-0	GW02K		4:0	104,0	0,35	0,45	Ffb	51	74 19 25	16,4
0403-0	AW02a	S-W	4:0	43,9	0,28	1,00	FAW	51	02	12,3
0404-0	AW02b	S-O	4:0	9,3	0,28	1,00	FAW	51	02	2,6
0405-0	AW02a	N-W	4:0	1,6	0,28	1,00	FAW	51	02	0,4
0406-0	AW02a	S-O	4:0	9,8	0,28	1,00	FAW	51	02	2,7
0407-0	AW02b	S-W	4:0	20,1	0,28	1,00	FAW	51	02	5,6
0408-0	AW01b	S-O	4:0	11,2	0,28	1,00	FAW	51	02	3,1
0409-0	AW02b	N-W	4:0	2,3	0,28	1,00	FAW	51	02	0,6
0410-0	AW01b	S-W	4:0	38,9	0,28	1,00	FAW	51	02	10,9
0411-0	FE01a	S-W	4:0	38,1	1,30	1,00	FF	51	02	49,5
0412-0	FA01	S-W	4:0	10,2	1,40	1,00	FF	55	75 02	14,3
0413-0	AW01b	N-W	4:0	1,5	0,28	1,00	FAW	51	02	0,4
0414-0	FE01a	S-O	4:0	8,9	1,30	1,00	FF	51	02	11,6
0415-0	FA02	S-W	4:0	1,1	1,40	1,00	FF	55	75 60	1,5
0416-0	AW02a	N-O	4:0	7,8	0,28	1,00	FAW	51	02	2,2
0417-0	AW02b	N-O	4:0	4,8	0,28	1,00	FAW	51	02	1,3
0418-0	AW01b	N-O	4:0	7,7	0,28	1,00	FAW	51	02	2,2
0419-0	FE01a	N-O	4:0	6,7	1,30	1,00	FF	51	02	8,7

Stockwerk: OG1

0420-0	AW01b	S-W	4:0	22,5	0,28	1,00	FAW	51	02	6,3
0421-0	FE01a	S-W	4:0	8,9	1,30	1,00	FF	51	02	11,6
0422-0	FE01b	S-W	4:0	3,5	0,28	1,00	FF	51	02 60	1,0
0423-0	FA02	S-W	4:0	1,1	1,40	1,00	FF	55	75 60	1,5
0424-0	FA01	S-W	4:0	14,4	1,40	1,00	FF	55	75 02	20,2

Stockwerk: OG2

0425-0	AW01b	S-W	4:0	24,9	0,28	1,00	FAW	51	02	7,0
0426-0	DA01		4:0	109,8	0,20	1,00	FD	51	02	22,0
0427-0	FA02	S-W	4:0	3,0	1,40	1,00	FF	55	75 60	4,2
0428-0	FA01	S-W	4:0	14,4	1,40	1,00	FF	55	75 02	20,2
0429-0	FE01a	S-W	4:0	8,9	1,30	1,00	FF	51	02	11,6
0430-0	FE01b	S-W	4:0	3,5	1,30	1,00	FF	51	60	4,5
0431-0	AW01b	West	4:0	19,9	0,28	1,00	FAW	51	02	5,6
0432-0	FE01a	West	4:0	6,2	1,30	1,00	FF	51	02	8,1

Zone 5 Mensa/Foyer

Stockwerk: EG

0501-0	GW02K	5:0	263,4	0,35	0,45	Ffb	51 74 19 25	41,5
0502-0	GW02	5:0	117,9	0,35	0,45	Ffb	51 19 25 14	18,6
0503-0	FA02 Süd	5:0	3,6	1,40	1,00	FF	55 75 60	5,0
0504-0	AW02a Süd	5:0	8,1	0,28	1,00	FAW	51 02	2,3
0505-0	AW02a Ost	5:0	6,0	0,28	1,00	FAW	51 02	1,7
0506-0	T02 Ost	5:0	3,4	1,80	1,00	FF	51 09 02	6,1
0507-0	AW01b Süd	5:0	15,6	0,28	1,00	FAW	51 02	4,4
0508-0	FA01 Süd	5:0	27,3	1,40	1,00	FF	55 75 02	38,2
0509-0	FA01 Ost	5:0	17,3	1,40	1,00	FF	55 75 02	24,2
0510-0	AW01b Ost	5:0	11,2	0,28	1,00	FAW	51 02	3,1
0511-0	AW02b Ost	5:0	1,3	0,28	1,00	FAW	51 02	0,4

Zone 6 Klassen-/Gruppenr

Stockwerk: OG1

0601-0	AW01b Süd	6:0	21,2	0,28	1,00	FAW	51 02	5,9
0602-0	AW01b Ost	6:0	49,8	0,28	1,00	FAW	51 02	13,9
0603-0	FE01b Süd	6:0	3,6	1,30	1,00	FF	51 60	4,7
0604-0	FE01a Süd	6:0	8,9	1,30	1,00	FF	51 02	11,6
0605-0	FE01a Ost	6:0	20,8	1,30	1,00	FF	51 02	27,0
0606-0	FE01b Ost	6:0	7,1	1,30	1,00	FF	51 60	9,2
0607-0	AW01b Nord	6:0	21,2	0,28	1,00	FAW	51 02	5,9
0608-0	FE01b Nord	6:0	3,6	1,30	1,00	FF	51 60	4,7
0609-0	FE01a Nord	6:0	8,9	1,30	1,00	FF	51 02	11,6
0610-0	AW01b S-O	6:0	45,5	0,28	1,00	FAW	51 02	12,7
0611-0	AW01b N-W	6:0	26,5	0,28	1,00	FAW	51 02	7,4
0612-0	AW01b S-W	6:0	96,7	0,28	1,00	FAW	51 02	27,1
0613-0	FE01b N-W	6:0	3,6	1,30	1,00	FF	51 60	4,7
0614-0	FE01a N-W	6:0	8,9	1,30	1,00	FF	51 02	11,6
0615-0	FE01b S-W	6:0	14,2	1,30	1,00	FF	51 60	18,5
0616-0	FE01a S-W	6:0	44,8	1,30	1,00	FF	51 02	58,2
0617-0	FE01a S-O	6:0	16,4	1,30	1,00	FF	51 02	21,3
0618-0	FE01b S-O	6:0	5,3	1,30	1,00	FF	51 60	6,9
0619-0	AW01a N-O	6:0	4,7	0,28	1,00	FAW	51 02	1,3
0620-0	AW01b N-O	6:0	40,4	0,28	1,00	FAW	51 02	11,3
0621-0	FE01a N-O	6:0	24,2	1,30	1,00	FF	51 02	31,5
0622-0	FE01b N-O	6:0	5,3	1,30	1,00	FF	51 60	6,9

Stockwerk: OG2

0623-0	AW01b Ost	6:0	56,5	0,28	1,00	FAW	51 02	15,8
0624-0	AW01b Süd	6:0	24,0	0,28	1,00	FAW	51 02	6,7
0625-0	AW01b Nord	6:0	24,0	0,28	1,00	FAW	51 02	6,7
0626-0	FE01b Ost	6:0	7,1	1,30	1,00	FF	51 60	9,2
0627-0	FE01a Ost	6:0	20,8	1,30	1,00	FF	51 02	27,0
0628-0	FE01b Süd	6:0	3,6	1,30	1,00	FF	51 60	4,7
0629-0	FE01a Süd	6:0	8,9	1,30	1,00	FF	51 02	11,6
0630-0	FE01a Nord	6:0	8,9	1,30	1,00	FF	51 02	11,6
0631-0	FE01b Nord	6:0	3,6	1,30	1,00	FF	51 60	4,7
0632-0	AW01b S-O	6:0	51,2	0,28	1,00	FAW	51 02	14,3
0633-0	AW01b S-W	6:0	110,1	0,28	1,00	FAW	51 02	30,8
0634-0	DA01	6:0	632,1	0,20	1,00	FD	51 02	126,4
0635-0	AW01b N-W	6:0	29,8	0,28	1,00	FAW	51 02	8,3
0636-0	FE01b S-W	6:0	14,2	1,30	1,00	FF	51 60	18,5
0637-0	FE01a S-W	6:0	44,8	1,30	1,00	FF	51 02	58,2
0638-0	FE01b N-W	6:0	3,6	1,30	1,00	FF	51 60	4,7

0639-0 FE01a N-W	6:0	8,9	1,30	1,00 Ff	51 02	11,6
0640-0 FE01a S-O	6:0	16,4	1,30	1,00 Ff	51 02	21,3
0641-0 FE01b S-O	6:0	5,3	1,30	1,00 Ff	51 60	6,9
0642-0 AW01b N-O	6:0	53,4	0,28	1,00 FAW	51 02	15,0
0643-0 FE01b N-O	6:0	5,3	1,30	1,00 Ff	51 60	6,9
0644-0 FE01a N-O	6:0	24,1	1,30	1,00 Ff	51 02	31,3

Zone 7 Sporthalle

Stockwerk: EG

0701-0 GW03	7:0	197,4	0,35	0,45 Ffb	51 19 25 14	31,1
0702-0 GW03K	7:0	263,7	0,35	0,45 Ffb	51 74 19 25	41,5
0703-0 AW02a N-O	7:0	18,9	0,28	1,00 FAW	51 02	5,3
0704-0 AW02a N-W	7:0	27,6	0,28	1,00 FAW	51 02	7,7
0705-0 T01 N-W	7:0	9,6	1,80	1,00 FAW	51 09 02	17,3
0706-0 AW02b N-O	7:0	28,0	0,28	1,00 FAW	51 02	7,8
0707-0 AW02b N-W	7:0	42,6	0,28	1,00 FAW	51 02	11,9
0708-0 AW01b N-O	7:0	72,1	0,28	1,00 FAW	51 02	20,2
0709-0 AW01b N-W	7:0	84,8	0,28	1,00 FAW	51 02	23,7
0710-0 FE01a N-W	7:0	37,9	1,30	1,00 Ff	51 02	49,3
0711-0 AW01a S-W	7:0	19,9	0,28	1,00 FAW	51 02	5,6
0712-0 AW01b S-O	7:0	56,7	0,28	1,00 FAW	51 02	15,9
0713-0 DA01	7:0	461,0	0,20	1,00 FD	51 02	92,2
0714-0 AW01a S-O	7:0	34,0	0,28	1,00 FAW	51 02	9,5
0715-0 AW01b S-W	7:0	33,5	0,28	1,00 FAW	51 02	9,4

Zone 8 Aufwärmküche

Stockwerk: EG

0801-0 GW02K	8:0	26,3	0,35	0,45 Ffb	51 74 19 25	4,1
0802-0 GW02	8:0	58,0	0,35	0,45 Ffb	51 19 25 14	9,1
0803-0 AW02a Ost	8:0	11,4	0,28	1,00 FAW	51 02	3,2
0804-0 AW02b Ost	8:0	16,9	0,28	1,00 FAW	51 02	4,7
0805-0 AW01b Ost	8:0	11,3	0,28	1,00 FAW	51 02	3,2

$$\Sigma A \text{ [m}^2\text{]} = 8.183,9$$

$$\Sigma H_T \text{ [W/K]} = 2.853,9$$

Bodenplattenmaß B' (25) = $A_G / (0.5 P) = 2506,50 / 128,35 = 19,53 \text{ m}$
keine weiteren Bodenplatten

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).
- 09 Außentür
- 13 Wand des beheizten Kellers.
- 14 Bodenplatte auf Erdreich ohne Randdämmung.
- 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.
- 51 Der Einfluss der Wärmebrücken wird mit einem U-Wert-Zuschlag von 0,05 W/(m²K) pauschal berücksichtigt.
- 55 Die verglaste Vorhangsfassade wird bei der Berechnung des Wärmebrückeneinflusses ausgenommen.
- 60 opakes Bauteil mit solaren Wärmeeinträgen
- 75 Vorhangsfassade
- 74 Die Hüllfläche wird im mittleren U-Wert nach Hüllflächengruppen (Abs.5.2.3) nicht berücksichtigt.

2.1 Wärmebrücken

Berechnung mit pauschalen Zuschlägen (siehe Hüllflächentabelle)

Wärmebrückenzuschläge ohne Temperaturkorrektur

$H_{T,WB} = 390,0 \text{ W/K}$ (13,7 %, 0,048 W/(m²K)), 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
Zone 1 Nebenflächen	600	150	0	750	0	0
Zone 2 Sonstiger Aufentha	507	2	0	510	0	0
Zone 3 WC/Sanitär/Umkleid	122	50	0	172	0	0
Zone 4 Büro/Besprechung	293	57	0	349	0	0
Zone 5 Mensa/Foyer	107	60	0	167	0	0
Zone 6 Klassen-/Gruppenrä	848	0	0	848	0	0
Zone 7 Sporthalle	345	73	0	418	0	0
Zone 8 Aufwärmküche	17	13	0	31	0	0
	2840	404		3244		

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

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

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

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

spezifischer, auf die Umfassungsflächen bezogener Transmissionswärmetransferkoeffizient

$H'_{T,vorh} = (H_{T,D} + F_x \cdot H_{T,iu} + F_x \cdot H_{T,s}) / A = 3.244,0 / 8.183,9 = 0,40 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

2.3 Begrenzung der U-Werte (Nachweis)

Höchstwerte für Hüllflächengruppen nach GEG A3

		opake Bauteile [W/(m ² K)]	Fenster [W/(m ² K)]	Vorhangf. [W/(m ² K)]	Oberl. [W/(m ² K)]
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 $T_i \geq 19^\circ\text{C}$		0,24	1,30	1,40	

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

kleinste Grenzwertunterschreitung: $U = 1,40 \text{ W/(m}^2\text{K)} = 1,50 \text{ W/(m}^2\text{K)} - 6,7\%$

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 $> 1.500 \text{ m}^3 \Rightarrow n_{50} = q_{50} \cdot \Sigma A / V = 2 \cdot 8184 / 15992 = 1,02 \text{ (Gl.68)}$

Windschutzkoeffizienten für mittlere Abschirmung, mehr als eine exponierte Fassade

$e_{wind} = 0,07 \quad f_{wind} = 15 \text{ (EN ISO 13790 Tab.G4)}$

Gebäude ohne Außenluftdurchlässe

Mit bedarfsabhängiger Außenluft-Volumenstromregelung nach T7, Abs.5.8 (Anlagenautomation mit Präsenzmeldern) für die Zonen Zone 6 Klassen-/Gruppenräume

Luftaustausch zwischen Gebäudezonen nicht relevant

Zone	ALD	n_{50} h ⁻¹	V_A/V_{dc} m ³ /(m ² h)	Luftwechsel n_{nutz} h ⁻¹	n_{inf} h ⁻¹	Fenster n_{win} h ⁻¹	Lüftungsanlage n_m, ZUL h ⁻¹	$t_{v,m}$ h/d
Zone 1 Nebenfläche	-	1,14	0,15	0,05	0,08	0,10	0,05	13
Zone 2 Sonstiger A	-	0,62	7,00	2,21	0,04	0,10	2,21	13

Zone 3 WC/Sanitär/	-	1,38	15,00	5,19	0,10	0,10	5,19	13
Zone 4 Büro/Bespre	-	1,16	4,00	1,31	0,08	0,10	1,31	13
Zone 5 Mensa/Foyer	-	0,86	7,00	2,29	0,06	0,10	2,29	13
Zone 6 Klassen-/Gr	-	0,96	9,25	3,02	0,07	0,10	3,02	9
Zone 7 Sporthalle	-	1,21	3,00	0,55	0,08	0,10	0,55	17
Zone 8 Aufwärmküch	-	1,13	15,00	4,90	0,03	3,14	-	15

⇒ WE-Betrieb ...

Zone 1 Nebenflächen		0,00	0,00	0,08	0,10		
Zone 2 Sonstiger Aufenthalt		0,00	0,00	0,04	0,10		
Zone 3 WC/Sanitär/Umkleide		0,00	0,00	0,10	0,10		
Zone 4 Büro/Besprechung		0,00	0,00	0,08	0,10		
Zone 5 Mensa/Foyer		0,00	0,00	0,06	0,10		
Zone 6 Klassen-/Gruppenräume		0,00	0,00	0,07	0,10		
Zone 7 Sporthalle		0,00	0,00	0,08	0,10		
Zone 8 Aufwärmküche		0,00	0,00	0,08	0,10		

Zone <1> RLT-Anlage (203) mit VSUP/ETA = 185 / 185 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, WRG60
 Zone <2> RLT-Anlage (203) mit VSUP/ETA = 5918 / 5918 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, WRG60
 Zone <3> RLT-Anlage (203) mit VSUP/ETA = 4839 / 4839 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, WRG60
 Zone <4> RLT-Anlage (203) mit VSUP/ETA = 1856 / 1856 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, WRG60
 Zone <5> RLT-Anlage (203) mit VSUP/ETA = 2522 / 2522 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, WRG60
 Zone <6> RLT-Anlage (203) mit VSUP/ETA = 10265 / 10265 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, WRG60
 Zone <7> RLT-Anlage (203) mit VSUP/ETA = 1253 / 1253 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, WRG60
 Zone <8> RLT-Anlage (000) mit VSUP/ETA = 0 / 1072 m³/h, nutzungsabhängig

n_{50} = Luftwechselzahl bei 50 Pa Druckdifferenz, V_A = Mindest-Außenluftvolumenstrom
 n_{nutz} = Mindestaußenluftwechsel = $V_A \cdot \text{ANGF} / V$ während der Nutzungsstunden (Nichtwohngebäude)
 n_{inf} = Infiltrationsluftwechsel = $n_{50} \cdot e_{\text{wind}} \cdot f_{\text{ATD}}$ mit f_{ATD} = Bewertungsfaktor für ALD oder mit RLT
 $n_{\text{inf}} = n_{50} \cdot e_{\text{wind}} \cdot f_{\text{ATD}} \cdot (1 + (1 - f_e) \cdot t_{\text{v, mech}} / 24)$ mit f_e = Faktor für nicht balancierte RLT-Anlagen (Gl.65)
 n_{win} = Fenster- / Türluftwechsel = $n_{\text{win, min}} + \Delta n_{\text{win}} \cdot t_{\text{nutz}} / 24$, mit RLT = $n_{\text{win, min}} + \Delta n_{\text{win, mech}} \cdot t_{\text{v, mech}} / 24$
 mit $n_{\text{win, min}} = 0.1$, in Wohngebäuden $n_{\text{win, min}} = \text{seasonal nach Gl.77}$
 $\Delta n_{\text{win}} = n_{\text{nutz}} - (n_{\text{nutz}} - 0.2) \cdot n_{\text{inf}} - 0.1$ (ohne RLT), falls $n_{\text{nutz}} > 1.2 \Rightarrow \Delta n_{\text{win}} = n_{\text{nutz}} - n_{\text{inf}} - 0.1$
 $n_{\text{mech}} = n_{\text{mech, ZUL}}$ = 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	V	Hv, z, Jan	Hv, inf	Hv, win	Σ Hv	Hv, mech	θv, Jan
Lüftung	m³	W/K	W/K	W/K	W/K	W/K	°C
Zone 1 Nebenflächen	3.946	0	107	134	242	34	18,0
Zone 2 Sonstiger Auf	2.679	0	40	91	131	1090	18,0
Zone 3 WC/Sanitär/Um	933	0	31	32	62	891	18,0
Zone 4 Büro/Besprech	1.420	0	39	48	88	342	18,0
Zone 5 Mensa/Foyer	1.102	0	23	37	60	465	18,0
Zone 6 Klassen-/Grup	3.396	0	78	115	193	1309	18,0
Zone 7 Sporthalle	2.297	0	66	78	144	301	18,0
Zone 8 Aufwärmküche	219	0	2	234	236	0	2,8
		0	386	770	1156	4432	

⇒ WE-Betrieb ...

Zone 1 Nebenflächen		0	107	134	242		
Zone 2 Sonstiger Aufenthalt		0	40	91	131		
Zone 3 WC/Sanitär/Umkleide		0	31	32	62		
Zone 4 Büro/Besprechung		0	39	48	88		
Zone 5 Mensa/Foyer		0	23	37	60		
Zone 6 Klassen-/Gruppenräum		0	78	115	193		
Zone 7 Sporthalle		0	66	78	144		
Zone 8 Aufwärmküche		0	6	7	13		
		0	390	544	933		

$H_{V,z} = V \cdot 0.34 \text{ [W/K]}$ = 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 , Jan/Jul W/m ²	g_{eff} , Jan/Jul %	Q_S , Jan/Jul kWh/d
0108-0 FE01a N-W	1	3,22	11/ 95	26/ 26	7104m 0,2/ 1,9
0110-0 FE01a S-W	1	4,83	40/ 120	23/ 26	" 1,1/ 3,6
0114-0 FA01 S-O	1	3,01	50/ 132	16/ 17	" 0,6/ 1,6
0120-0 FE01a S-O	1	6,30	50/ 132	15/ 17	" 1,1/ 3,3
0122-0 FE01a N-O	1	3,15	11/ 112	26/ 26	" 0,2/ 2,2
0124-0 FA01 N-W	1	1,61	11/ 95	26/ 26	" 0,1/ 0,9
0140-0 FA01 N-W	1	6,72	11/ 95	26/ 26	" 0,5/ 3,9
0146-0 FE01a Nord	1	2,17	10/ 81	26/ 26	" 0,1/ 1,1
0147-0 FE01a N-O	1	5,25	11/ 112	26/ 26	" 0,4/ 3,6
0149-0 FE01a West	1	4,34	17/ 117	21/ 20	" 0,4/ 2,5
0154-0 FA01 N-W	1	6,72	11/ 95	26/ 26	" 0,5/ 3,9
0156-0 FE01a N-O	1	5,25	11/ 112	26/ 26	" 0,4/ 3,6
0158-0 FE01a Nord	1	2,17	10/ 81	26/ 26	" 0,1/ 1,1
0205-0 FA01 S-O	2	15,40	50/ 132	16/ 17	" 2,9/ 8,3
0208-0 FA01 N-W	2	29,26	11/ 95	26/ 26	" 2,0/ 17,0
0209-0 FA01 N-O	2	29,26	11/ 112	26/ 26	" 2,0/ 20,1
0213-0 FA01 Süd	2	10,01	59/ 113	14/ 15	" 2,0/ 4,0
0219-0 FA01 S-O	2	16,94	50/ 132	16/ 17	" 3,2/ 9,1
0225-0 FA01 N-W	2	32,97	11/ 95	26/ 26	" 2,2/ 19,2
0226-0 FA01 N-O	2	9,45	11/ 112	26/ 26	" 0,6/ 6,5
0227-0 FA01 Süd	2	11,27	59/ 113	14/ 15	" 2,2/ 4,5
0305-0 FE01a S-O	3	1,61	50/ 132	15/ 17	" 0,3/ 0,8
0411-0 FE01a S-W	4	26,67	40/ 120	15/ 17	" 3,9/ 12,7
0412-0 FA01 S-W	4	7,14	40/ 120	16/ 17	" 1,1/ 3,5
0414-0 FE01a S-O	4	6,23	50/ 132	15/ 17	" 1,1/ 3,3
0419-0 FE01a N-O	4	4,69	11/ 112	26/ 26	" 0,3/ 3,2
0421-0 FE01a S-W	4	6,23	40/ 120	15/ 17	" 0,9/ 3,0
0424-0 FA01 S-W	4	10,08	40/ 120	16/ 17	" 1,5/ 4,9
0428-0 FA01 S-W	4	10,08	40/ 120	16/ 17	" 1,5/ 4,9
0429-0 FE01a S-W	4	6,23	40/ 120	15/ 17	" 0,9/ 3,0
0432-0 FE01a West	4	4,34	17/ 117	21/ 20	" 0,4/ 2,5
0508-0 FA01 Süd	5	19,11	59/ 113	14/ 15	" 3,8/ 7,7
0509-0 FA01 Ost	5	12,11	25/ 138	21/ 20	" 1,6/ 8,2
0604-0 FE01a Süd	6	6,23	59/ 113	13/ 14	" 1,2/ 2,4
0605-0 FE01a Ost	6	14,56	25/ 138	21/ 20	" 1,9/ 9,7
0609-0 FE01a Nord	6	6,23	10/ 81	26/ 26	" 0,4/ 3,1
0614-0 FE01a N-W	6	6,23	11/ 95	26/ 26	" 0,4/ 3,6
0616-0 FE01a S-W	6	31,36	40/ 120	15/ 17	" 4,5/ 15,0
0617-0 FE01a S-O	6	11,48	50/ 132	15/ 17	" 2,1/ 6,0
0621-0 FE01a N-O	6	16,94	11/ 112	26/ 26	" 1,1/ 11,6
0627-0 FE01a Ost	6	14,56	25/ 138	21/ 20	" 1,9/ 9,7
0629-0 FE01a Süd	6	6,23	59/ 113	13/ 14	" 1,2/ 2,4
0630-0 FE01a Nord	6	6,23	10/ 81	26/ 26	" 0,4/ 3,1
0637-0 FE01a S-W	6	31,36	40/ 120	15/ 17	" 4,5/ 15,0
0639-0 FE01a N-W	6	6,23	11/ 95	26/ 26	" 0,4/ 3,6

0640-0	FE01a	S-O	6	11,48	50/ 132	15/ 17	"	2,1/ 6,0
0644-0	FE01a	N-O	6	16,87	11/ 112	26/ 26	"	1,1/ 11,6
0710-0	FE01a	N-W	7	26,53	11/ 95	26/ 26	"	1,8/ 15,4
				536,20				

0153-0	FA02	N-W	NW	1	2,0	1,40	0,50	4,50	95	0,1
0155-0	AW01b	N-O	NO	1	53,3	0,28	0,50	4,50	112	0,5
0157-0	AW01b	Nord	N	1	33,4	0,28	0,50	4,50	81	0,2
0159-0	FE01b	N-O	NO	1	1,8	1,30	0,50	4,50	112	0,1
0160-0	AW01b	Ost	O	1	11,7	0,28	0,50	4,50	138	0,1
0161-0	AW01b	West	W	1	24,9	0,28	0,50	4,50	117	0,2
0203-0	AW01b	S-O	SO	2	8,3	0,28	0,50	4,50	132	0,1
0204-0	FA02	S-O	SO	2	1,9	1,40	0,50	4,50	132	0,1
0206-0	AW01a	N-W	NW	2	7,1	0,28	0,50	4,50	95	0,0
0207-0	AW01a	N-O	NO	2	7,1	0,28	0,50	4,50	112	0,1
0210-0	DA02		-	2	128,2	0,20	0,50	4,50	210	1,5
0211-0	AW01b	Süd	S	2	5,0	0,28	0,50	4,50	113	0,0
0212-0	FA02	N-W	NW	2	6,5	1,40	0,50	4,50	95	0,2
0214-0	FA02	Süd	S	2	1,3	1,40	0,50	4,50	113	0,1
0215-0	FA02	N-O	NO	2	6,4	1,40	0,50	4,50	112	0,3
0216-0	DA01		-	2	397,0	0,20	0,50	4,50	210	4,6
0217-0	AW01b	S-O	SO	2	5,8	0,28	0,50	4,50	132	0,1
0218-0	FA02	S-O	SO	2	5,0	1,40	0,50	4,50	132	0,3
0221-0	FA02	N-W	NW	2	9,6	1,40	0,50	4,50	95	0,3
0222-0	FA02	N-O	NO	2	4,7	1,40	0,50	4,50	112	0,2
0223-0	AW01b	Süd	S	2	2,9	0,28	0,50	4,50	113	0,0
0224-0	FA02	Süd	S	2	3,4	1,40	0,50	4,50	113	0,2
0301-0	AW02a	N-O	NO	3	9,9	0,28	0,50	4,50	112	0,1
0302-0	AW02a	S-O	SO	3	5,7	0,28	0,50	4,50	132	0,1
0303-0	AW02b	N-O	NO	3	14,6	0,28	0,50	4,50	112	0,1
0304-0	AW02b	S-O	SO	3	6,2	0,28	0,50	4,50	132	0,1
0306-0	AW01b	N-O	NO	3	9,8	0,28	0,50	4,50	112	0,1
0307-0	AW01b	S-O	SO	3	5,7	0,28	0,50	4,50	132	0,1
0308-0	DA02		-	3	156,5	0,20	0,50	4,50	210	1,8
0311-0	AW02a	Ost	O	3	3,0	0,28	0,50	4,50	138	0,0
0312-0	AW02a	Nord	N	3	6,6	0,28	0,50	4,50	81	0,0
0313-0	T02	Nord	N	3	7,7	1,80	0,50	4,50	81	0,2
0314-0	AW02b	Ost	O	3	4,4	0,28	0,50	4,50	138	0,1
0315-0	AW02b	Nord	N	3	9,8	0,28	0,50	4,50	81	0,0
0316-0	AW01b	Ost	O	3	3,0	0,28	0,50	4,50	138	0,0
0317-0	AW01b	Nord	N	3	9,7	0,28	0,50	4,50	81	0,0
0318-0	DA01		-	3	46,3	0,20	0,50	4,50	210	0,5
0319-0	AW01b	N-O	-	3	27,2	0,28	0,50	4,50	210	0,6
0403-0	AW02a	S-W	SW	4	43,9	0,28	0,50	4,50	120	0,4
0404-0	AW02b	S-O	SO	4	9,3	0,28	0,50	4,50	132	0,1
0405-0	AW02a	N-W	NW	4	1,6	0,28	0,50	4,50	95	0,0
0406-0	AW02a	S-O	SO	4	9,8	0,28	0,50	4,50	132	0,1
0407-0	AW02b	S-W	SW	4	20,1	0,28	0,50	4,50	120	0,2
0408-0	AW01b	S-O	SO	4	11,2	0,28	0,50	4,50	132	0,1
0409-0	AW02b	N-W	NW	4	2,3	0,28	0,50	4,50	95	0,0
0410-0	AW01b	S-W	SW	4	38,9	0,28	0,50	4,50	120	0,4
0413-0	AW01b	N-W	NW	4	1,5	0,28	0,50	4,50	95	0,0
0415-0	FA02	S-W	SW	4	1,1	1,40	0,50	4,50	120	0,1
0416-0	AW02a	N-O	NO	4	7,8	0,28	0,50	4,50	112	0,1
0417-0	AW02b	N-O	NO	4	4,8	0,28	0,50	4,50	112	0,0
0418-0	AW01b	N-O	NO	4	7,7	0,28	0,50	4,50	112	0,1
0420-0	AW01b	S-W	SW	4	22,5	0,28	0,50	4,50	120	0,2
0422-0	FE01b	S-W	SW	4	3,5	0,28	0,50	4,50	120	0,0
0423-0	FA02	S-W	SW	4	1,1	1,40	0,50	4,50	120	0,1
0425-0	AW01b	S-W	SW	4	24,9	0,28	0,50	4,50	120	0,3
0426-0	DA01		-	4	109,8	0,20	0,50	4,50	210	1,3
0427-0	FA02	S-W	SW	4	3,0	1,40	0,50	4,50	120	0,2
0430-0	FE01b	S-W	SW	4	3,5	1,30	0,50	4,50	120	0,2
0431-0	AW01b	West	W	4	19,9	0,28	0,50	4,50	117	0,2
0503-0	FA02	Süd	S	5	3,6	1,40	0,50	4,50	113	0,2
0504-0	AW02a	Süd	S	5	8,1	0,28	0,50	4,50	113	0,1
0505-0	AW02a	Ost	O	5	6,0	0,28	0,50	4,50	138	0,1
0506-0	T02	Ost	O	5	3,4	1,80	0,50	4,50	138	0,3
0507-0	AW01b	Süd	S	5	15,6	0,28	0,50	4,50	113	0,1
0510-0	AW01b	Ost	O	5	11,2	0,28	0,50	4,50	138	0,1

0511-0	AW02b	Ost	O	5	1,3	0,28	0,50	4,50	138	0,0
0601-0	AW01b	Süd	S	6	21,2	0,28	0,50	4,50	113	0,2
0602-0	AW01b	Ost	O	6	49,8	0,28	0,50	4,50	138	0,6
0603-0	FE01b	Süd	S	6	3,6	1,30	0,50	4,50	113	0,2
0606-0	FE01b	Ost	O	6	7,1	1,30	0,50	4,50	138	0,4
0607-0	AW01b	Nord	N	6	21,2	0,28	0,50	4,50	81	0,1
0608-0	FE01b	Nord	N	6	3,6	1,30	0,50	4,50	81	0,1
0610-0	AW01b	S-O	SO	6	45,5	0,28	0,50	4,50	132	0,5
0611-0	AW01b	N-W	NW	6	26,5	0,28	0,50	4,50	95	0,2
0612-0	AW01b	S-W	SW	6	96,7	0,28	0,50	4,50	120	1,0
0613-0	FE01b	N-W	NW	6	3,6	1,30	0,50	4,50	95	0,1
0615-0	FE01b	S-W	SW	6	14,2	1,30	0,50	4,50	120	0,7
0618-0	FE01b	S-O	SO	6	5,3	1,30	0,50	4,50	132	0,3
0619-0	AW01a	N-O	NO	6	4,7	0,28	0,50	4,50	112	0,0
0620-0	AW01b	N-O	NO	6	40,4	0,28	0,50	4,50	112	0,4
0622-0	FE01b	N-O	NO	6	5,3	1,30	0,50	4,50	112	0,2
0623-0	AW01b	Ost	O	6	56,5	0,28	0,50	4,50	138	0,7
0624-0	AW01b	Süd	S	6	24,0	0,28	0,50	4,50	113	0,2
0625-0	AW01b	Nord	N	6	24,0	0,28	0,50	4,50	81	0,1
0626-0	FE01b	Ost	O	6	7,1	1,30	0,50	4,50	138	0,4
0628-0	FE01b	Süd	S	6	3,6	1,30	0,50	4,50	113	0,2
0631-0	FE01b	Nord	N	6	3,6	1,30	0,50	4,50	81	0,1
0632-0	AW01b	S-O	SO	6	51,2	0,28	0,50	4,50	132	0,6
0633-0	AW01b	S-W	SW	6	110,1	0,28	0,50	4,50	120	1,1
0634-0	DA01	-	-	6	632,1	0,20	0,50	4,50	210	7,3
0635-0	AW01b	N-W	NW	6	29,8	0,28	0,50	4,50	95	0,2
0636-0	FE01b	S-W	SW	6	14,2	1,30	0,50	4,50	120	0,7
0638-0	FE01b	N-W	NW	6	3,6	1,30	0,50	4,50	95	0,1
0641-0	FE01b	S-O	SO	6	5,3	1,30	0,50	4,50	132	0,3
0642-0	AW01b	N-O	NO	6	53,4	0,28	0,50	4,50	112	0,5
0643-0	FE01b	N-O	NO	6	5,3	1,30	0,50	4,50	112	0,2
0703-0	AW02a	N-O	NO	7	18,9	0,28	0,50	4,50	112	0,2
0704-0	AW02a	N-W	NW	7	27,6	0,28	0,50	4,50	95	0,2
0705-0	T01	N-W	NW	7	9,6	1,80	0,50	4,50	95	0,4
0706-0	AW02b	N-O	NO	7	28,0	0,28	0,50	4,50	112	0,3
0707-0	AW02b	N-W	NW	7	42,6	0,28	0,50	4,50	95	0,3
0708-0	AW01b	N-O	NO	7	72,1	0,28	0,50	4,50	112	0,6
0709-0	AW01b	N-W	NW	7	84,8	0,28	0,50	4,50	95	0,6
0711-0	AW01a	S-W	SW	7	19,9	0,28	0,50	4,50	120	0,2
0712-0	AW01b	S-O	SO	7	56,7	0,28	0,50	4,50	132	0,7
0713-0	DA01	-	-	7	461,0	0,20	0,50	4,50	210	5,3
0714-0	AW01a	S-O	SO	7	34,0	0,28	0,50	4,50	132	0,4
0715-0	AW01b	S-W	SW	7	33,5	0,28	0,50	4,50	120	0,3
0803-0	AW02a	Ost	O	8	11,4	0,28	0,50	4,50	138	0,1
0804-0	AW02b	Ost	O	8	16,9	0,28	0,50	4,50	138	0,2
0805-0	AW01b	Ost	O	8	11,3	0,28	0,50	4,50	138	0,1

4.869,5

59,5

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

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 * 0.8 = 4 W/(m²K)

$\Delta \vartheta_{er}$ = 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 ...								
Zone 1 Nebenfl	587	387	157	98	173	196	469	6.940
Zone 2 Sonstig	1.619	1.120	441	285	529	554	1.305	19.003

Zone 3 WC/Sani	19	16	6	4	9	7	16	213
Zone 4 Büro/Be	962	726	272	196	359	302	768	10.158
Zone 5 Mensa/F	392	317	112	81	166	135	326	4.082
Zone 6 Klassen	2.063	1.493	567	383	719	687	1.676	23.195
Zone 7 Sportha	249	141	63	35	55	82	191	3.058
Zone 8 Aufwärm	-	-	-	-	-	-	-	-
über opake ...								
Zone 1 Nebenfl	161	53	-	-	5	-	70	2.530
Zone 2 Sonstig	83	17	-	-	3	0	27	1.343
Zone 3 WC/Sani	38	7	-	-	0	-	14	636
Zone 4 Büro/Be	73	35	-	-	1	-	40	801
Zone 5 Mensa/F	19	12	-	-	2	0	13	193
Zone 6 Klassen	250	105	-	-	8	1	128	3.213
Zone 7 Sportha	95	25	-	-	2	-	35	1.566
Zone 8 Aufwärm	6	2	-	-	-	-	4	85
	6.616	4.457	1.618	1.082	2.029	1.964	5.083	77.018

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

Zone	AB m²	qI,p kWh/d	qI,fac kWh/d	QI,g kWh/d	QI kWh/d
Zone 1 Nebenflächen	1230	-	-	0,0	0,0
Zone 2 Sonstiger Aufenthalt	845	78,6	6,8	0,0	85,4
Zone 3 WC/Sanitär/Umkleide	323	-	-	0,0	0,0
Zone 4 Büro/Besprechung	464	13,9	20,0	0,0	33,9
Zone 5 Mensa/Foyer	360	33,5	2,9	0,0	36,4
Zone 6 Klassen-/Gruppenräume	1110	111,0	22,2	0,0	133,2
Zone 7 Sporthalle	418	26,3	-	0,0	26,3
Zone 8 Aufwärmküche	72	4,0	12,9	0,0	16,9

⇒ WE-Betrieb ...

Zone 1 Nebenflächen	-	-	0,0	0,0
Zone 2 Sonstiger Aufenthalt	-	-	0,0	0,0
Zone 3 WC/Sanitär/Umkleide	-	-	0,0	0,0
Zone 4 Büro/Besprechung	-	-	0,0	0,0
Zone 5 Mensa/Foyer	-	-	0,0	0,0
Zone 6 Klassen-/Gruppenräume	-	-	0,0	0,0
Zone 7 Sporthalle	-	-	0,0	0,0
Zone 8 Aufwärmküche	-	-	0,0	0,0

ungeregelte Wärmeeinträge im Januar

Zone	Leuchtenabluft m³/hW	QI,L kWh/d	QI,h kWh/d	QI,w kWh/d	QI,rv kWh/d
Zone 1 Nebenflächen	0,0	5,8	38,0	0,0	0,0
Zone 2 Sonstiger Aufenthalt	0,0	39,5	26,1	0,0	0,0
Zone 3 WC/Sanitär/Umkleide	0,0	20,7	9,9	9,3	0,0
Zone 4 Büro/Besprechung	0,0	42,7	14,3	0,0	0,0
Zone 5 Mensa/Foyer	0,0	20,5	11,2	0,0	0,0
Zone 6 Klassen-/Gruppenräume	0,0	37,5	34,3	0,0	0,0
Zone 7 Sporthalle	0,0	38,8	2,2	0,0	0,0
Zone 8 Aufwärmküche	0,0	7,2	2,2	0,0	0,0

AB = Bezugsfläche für die internen Wärmequellen / -senken

qI,p = durchschnittliche, tägliche Wärmeabgabe von Personen (Gl.125)

qI,fac = durchschnittliche, tägliche Wärmeabgabe von Geräten und Maschinen

QI,g = QI,goods = täglicher Wärmeeintrag durch Stofftransporte

QI = Summe der internen Wärmequellen / -senken, Tageswert

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

QI,L = Wärmeeinträge durch künstliche Beleuchtung, berücksichtigt vorhandene Abluftsysteme

QI,h = unregelmäßige Wärmeeinträge der Heizungsanlage, siehe Heizsysteme

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

$Q_{l,r}$ = 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	$\Sigma H_{V, mech}$ W/K	Q_{sink} kWh/d	Q_{source} kWh/d	γ
Zone 1 Nebenflächen	750	242	34	513	56	0,108
Zone 2 Sonstiger Aufenthalt	510	131	1090	381	171	0,450
Zone 3 WC/Sanitär/Umkleide	172	62	891	160	42	0,263
Zone 4 Büro/Besprechung	349	88	342	234	104	0,442
Zone 5 Mensa/Foyer	167	60	465	140	75	0,538
Zone 6 Klassen-/Gruppenräume	848	193	1309	569	232	0,407
Zone 7 Sporthalle	418	144	301	255	69	0,272
Zone 8 Aufwärmküche	31	236	0	125	27	0,214

Zone	C_{wirk} Wh/(m²K)	H W/K	τ h	a -	η -	η_{WE}
Zone 1 Nebenflächen	50	1025	59,98	4,75	1,000	1,000
Zone 2 Sonstiger Aufenthalt	50	1731	24,42	2,53	0,922	1,000
Zone 3 WC/Sanitär/Umkleide	50	1125	14,33	1,90	0,940	1,000
Zone 4 Büro/Besprechung	50	779	29,79	2,86	0,944	1,000
Zone 5 Mensa/Foyer	50	692	26,05	2,63	0,899	1,000
Zone 6 Klassen-/Gruppenräume	50	2350	23,61	2,48	0,933	1,000
Zone 7 Sporthalle	50	863	24,19	2,51	0,972	1,000
Zone 8 Aufwärmküche	50	267	13,40	1,84	0,953	1,000

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

ΣH_V = Lüftungswärme-Transferkoeffizienten aus Infiltration und Fensterlüftung

$\Sigma H_{V, mech}$ = 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

$\gamma = Q_{source} / Q_{sink}$ = 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

$a = a_0 + \tau / \tau_0 = 1 + \tau / 16$ = 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
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	20,1	20,1	20,2	20,4	20,7	20,8	20,9	20,9	20,7	20,5	20,2	20,1

Ti, 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
Ti, 3	°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
Ti, 4	°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
Ti, 5	°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
Ti, 6	°C	19,5	19,6	19,8	20,1	20,5	20,7	20,9	20,8	20,5	20,1	19,8	19,5
Ti, 7	°C	18,4	18,4	18,5	18,7	18,8	18,9	19,0	19,0	18,8	18,7	18,5	18,4
Ti, 8	°C	20,1	20,1	20,2	20,5	20,7	20,8	20,9	20,9	20,7	20,5	20,2	20,1

⇒ WE-Betrieb ...

Ti, 1	°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
Ti, 2	°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
Ti, 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
Ti, 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
Ti, 5	°C	17,5	17,7	18,2	18,9	19,8	20,2	20,7	20,6	19,8	19,0	18,0	17,5
Ti, 6	°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
Ti, 7	°C	15,6	15,8	16,3	17,2	18,1	18,6	19,0	18,9	18,1	17,2	16,2	15,6
Ti, 8	°C	17,5	17,7	18,2	18,9	19,8	20,3	20,7	20,6	19,8	19,0	18,1	17,5

7.1 Zone Zone 1 Nebenflächen

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 $\vartheta_{h,Jan} = 20,1$ °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}		0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,983
$\eta_{\text{source,WE}}$		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,964
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	638	1.090	1.055	1.090	1.090	984	1.090	10.274
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	7.648
<hr/>									
$Q_{h,b,RE}$	kWh	2.904	5.805	8.125	9.830	9.712	8.378	7.800	62.603
$Q_{h,b,WE}$	kWh	333	906	1.898	2.541	2.487	2.085	1.698	12.759
<hr/>									
Q_T	kWh	3.295	5.844	8.312	10.215	10.164	8.768	8.284	68.544
Q_V	kWh	1.084	1.924	2.715	3.326	3.310	2.857	2.707	22.306
Q_S^*	kWh	748	440	157	98	177	196	538	9.083
Q_I^*	kWh	397	681	1.045	1.329	1.299	1.107	973	8.337

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

$\Delta Q_{C,b,WE}$ = Übertrag gespeicherter Wärme zwischen Regel- und WE-Betrieb (tutzt < 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 $Q_{h,b} = Q_T + Q_V - Q_S^* \cdot \eta - Q_I^* \cdot \eta$ mit dem Ausnutzungsgrad η

7.2 Zone Zone 2 Sonstiger Aufenthalt

Regelbetrieb (68,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,9$ °C und $Q_I = 85,4$ 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}		0,677	0,846	0,913	0,927	0,922	0,916	0,878	0,676
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,958	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	0,821

$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	745	749	725	749	749	676	749	7.699
t_h	h	393	744	720	744	744	672	744	5.983
$Q_{h,b,RE}$	kWh	813	2.413	3.889	4.848	4.715	4.043	3.454	26.939
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	280	1.052	1.490	1.400	1.149	739	6.111
Q_T	kWh	2.229	3.954	5.623	6.911	6.877	5.932	5.604	46.373
Q_V	kWh	1.265	2.281	2.566	2.838	2.832	2.510	2.616	18.590
Q_S^*	kWh	1.302	1.017	414	270	503	523	1.220	11.807
Q_I^*	kWh	1.838	2.556	2.945	3.285	3.206	2.808	2.812	24.945

7.3 Zone Zone 3 WC/Sanitär/Umkleide

Regelbetrieb (68,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,9^\circ\text{C}$ und $Q_I = 0,0\text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,4^\circ\text{C}$ und $Q_I = 0,0\text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,866	0,934	0,939	0,941	0,940	0,939	0,936	0,807
$\eta_{source,WE}$		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	165	286	277	286	286	258	286	2.548
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	7.168
$Q_{h,b,RE}$	kWh	838	1.887	2.281	2.597	2.585	2.270	2.281	17.055
$Q_{h,b,WE}$	kWh	102	215	437	583	575	483	407	3.106
Q_T	kWh	750	1.330	1.891	2.324	2.313	1.995	1.885	15.596
Q_V	kWh	832	1.507	1.588	1.694	1.692	1.515	1.631	10.996
Q_S^*	kWh	52	23	5	4	9	7	29	662
Q_I^*	kWh	591	727	809	902	892	787	804	7.645

7.4 Zone Zone 4 Büro/Besprechung

Regelbetrieb (68,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,9^\circ\text{C}$ und $Q_I = 33,9\text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,3^\circ\text{C}$ und $Q_I = 0,0\text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,735	0,860	0,933	0,946	0,944	0,944	0,909	0,718
$\eta_{source,WE}$		0,970	0,997	1,000	1,000	1,000	1,000	0,998	0,874
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	509	411	398	411	411	371	411	4.168
t_h	h	402	744	720	744	744	672	744	6.178
$Q_{h,b,RE}$	kWh	398	1.280	2.329	2.969	2.915	2.540	2.100	15.975
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	277	807	1.103	1.042	887	625	4.857
Q_T	kWh	1.528	2.710	3.853	4.736	4.712	4.065	3.841	31.777
Q_V	kWh	601	1.078	1.320	1.523	1.518	1.331	1.334	10.081
Q_S^*	kWh	837	687	260	189	345	291	757	7.327
Q_I^*	kWh	1.176	1.549	1.814	2.050	1.958	1.702	1.693	15.630

7.5 Zone Zone 5 Mensa/Foyer

Regelbetrieb (68,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,9^\circ\text{C}$ und $Q_I = 36,4\text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,5^\circ\text{C}$ und $Q_I = 0,0\text{ kWh/d}$

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

η_{source}		0,681	0,828	0,888	0,905	0,899	0,897	0,865	0,690
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,997	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,968
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	271	319	309	319	319	288	319	2.905
t_h	h	302	744	720	744	744	672	744	6.069
$Q_{h,b,RE}$	kWh	238	810	1.280	1.579	1.534	1.337	1.188	8.866
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	69	321	460	431	364	246	1.904
Q_T	kWh	731	1.296	1.844	2.266	2.254	1.945	1.837	15.203
Q_V	kWh	559	1.008	1.144	1.271	1.268	1.123	1.165	8.338
Q_S^*	kWh	321	290	104	76	156	126	308	3.034
Q_I^*	kWh	846	1.135	1.288	1.430	1.405	1.243	1.260	11.462

7.6 Zone Zone 6 Klassen-/Gruppenräume

Regelbetrieb (54,8%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,5^\circ\text{C}$ und $Q_I = 133,2 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (45,2%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,3^\circ\text{C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,670	0,857	0,922	0,937	0,933	0,930	0,896	0,713
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,958	0,998	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	0,861
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	585	983	951	983	983	888	983	10.279
t_h	h	562	744	720	744	744	672	744	6.207
$Q_{h,b,RE}$	kWh	886	3.126	5.032	6.252	6.088	5.251	4.505	34.825
$Q_{h,b,WE}$	kWh	221	1.449	3.234	4.274	4.069	3.442	2.590	19.983
Q_T	kWh	3.587	6.363	9.049	11.121	11.066	9.545	9.019	74.622
Q_V	kWh	1.389	2.545	2.968	3.344	3.335	2.942	3.015	21.729
Q_S^*	kWh	1.851	1.470	543	370	700	661	1.700	17.772
Q_I^*	kWh	2.020	2.910	3.403	3.832	3.725	3.267	3.248	29.511

7.7 Zone Zone 7 Sporthalle

Regelbetrieb (68,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 18,4^\circ\text{C}$ und $Q_I = 26,3 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 15,6^\circ\text{C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,682	0,906	0,960	0,972	0,972	0,969	0,952	0,713
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,994	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,857
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	158	331	358	370	370	334	370	3.004
t_h	h	532	744	720	744	744	672	744	6.246
$Q_{h,b,RE}$	kWh	310	1.710	3.139	4.109	4.066	3.439	2.939	21.318
$Q_{h,b,WE}$	kWh	218	638	1.190	1.588	1.560	1.305	1.077	8.171
Q_T	kWh	1.297	2.709	4.111	5.161	5.132	4.404	4.077	31.739
Q_V	kWh	401	1.022	1.490	1.838	1.828	1.576	1.484	10.020
Q_S^*	kWh	268	155	62	35	56	80	219	2.722
Q_I^*	kWh	901	1.269	1.340	1.434	1.411	1.248	1.335	11.800

7.8 Zone Zone 8 Aufwärmküche

Regelbetrieb (82,2%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 20,1^\circ\text{C}$ und $Q_I = 16,9 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (17,8%)

mit $\theta_{h,Jan} = 17,5 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,799	0,900	0,941	0,953	0,953	0,950	0,940	0,823
$\eta_{source,WE}$		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	31	55	61	63	63	57	63	521
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	7.747
$Q_{h,b,RE}$	kWh	548	1.262	2.000	2.544	2.529	2.162	1.973	15.158
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	-	18	33	32	25	14	123
Q_T	kWh	137	243	346	425	423	365	345	2.855
Q_V	kWh	902	1.600	2.276	2.797	2.783	2.400	2.268	18.767
Q_S^*	kWh	5	2	-	-	-	-	4	65
Q_I^*	kWh	487	581	608	650	649	581	622	6.304

7.9 Summe Heizwärmebedarf

	Q_T kWh/a	Q_V kWh/a	Q_S^* kWh/a	Q_I^* kWh/a	$Q_{h,b}$ kWh/a	$Q_{h,b}$ kWh/(m²a)
Zone 1 Nebenflächen	68.544	22.306	9.083	8.337	75.362	61,3
Zone 2 Sonstiger Au	46.373	18.590	11.807	24.945	33.050	39,1
Zone 3 WC/Sanitär/U	15.596	10.996	662	7.645	20.161	62,5
Zone 4 Büro/Besprec	31.777	10.081	7.327	15.631	20.831	44,9
Zone 5 Mensa/Foyer	15.203	8.338	3.035	11.462	10.770	29,9
Zone 6 Klassen-/Gru	74.622	21.729	17.772	29.511	54.808	49,4
Zone 7 Sporthalle	31.739	10.020	2.722	11.800	29.489	70,6
Zone 8 Aufwärmküche	2.855	18.767	65	6.304	15.280	213,7
	286.710	120.828	52.472	115.634	259.751	53,9

9.0 RLT-Systeme (DIN V 18599-3)

9.1 Gewählte RLT-Anlagen

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

Zone	Feuchteanf.	No Anlage	Komponenten	$\theta_{SUP, Jan}$ °C
Zone 1 Nebenflächen	-	203 RLT-Anlage	VE LH rec60	18,0
Zone 2 Sonstiger Aufenthalt	mT	203 RLT-Anlage	VE LH rec60	18,0
Zone 3 WC/Sanitär/Umkleide	-	203 RLT-Anlage	VE LH rec60	18,0
Zone 4 Büro/Besprechung	mT	203 RLT-Anlage	VE LH rec60	18,0
Zone 5 Mensa/Foyer	mT	203 RLT-Anlage	VE LH rec60	18,0
Zone 6 Klassen-/Gruppenräum	mT	203 RLT-Anlage	VE LH rec60	18,0
Zone 7 Sporthalle	-	203 RLT-Anlage	VE LH rec60	18,0
Zone 8 Aufwärmküche	mT	000 RLT-Anlage	VE	2,8

Zone <1> RLT-Anlage (203) mit $V_{SUP}/ETA = 185 / 185 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, rec60
 Zone <2> RLT-Anlage (203) mit $V_{SUP}/ETA = 5918 / 5918 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, rec60
 Zone <3> RLT-Anlage (203) mit $V_{SUP}/ETA = 4839 / 4839 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, rec60
 Zone <4> RLT-Anlage (203) mit $V_{SUP}/ETA = 1856 / 1856 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, rec60
 Zone <5> RLT-Anlage (203) mit $V_{SUP}/ETA = 2522 / 2522 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, rec60
 Zone <6> RLT-Anlage (203) mit $V_{SUP}/ETA = 10265 / 10265 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, rec60
 Zone <7> RLT-Anlage (203) mit $V_{SUP}/ETA = 1253 / 1253 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, rec60
 Zone <8> RLT-Anlage (000) mit $V_{SUP}/ETA = 0 / 1072 \text{ m}^3/\text{h}$, 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

	$V_{mech,m}$ m^3/h	$t_V \cdot d_V$ h/m	$P_{V,SUP}$ kW	$P_{V,ETA}$ kW	W_V, Jan kWh
Zone 1 Nebenflächen	185	276	0,09	0,07	44
Zone 2 Sonstiger Aufenthalt	5918	276	2,96	2,14	1.406
Zone 3 WC/Sanitär/Umkleide	4839	276	2,42	1,75	1.150
Zone 4 Büro/Besprechung	1856	276	0,93	0,67	441
Zone 5 Mensa/Foyer	2522	276	1,26	0,91	599
Zone 6 Klassen-/Gruppenräum	10265	153	5,13	3,71	1.352
Zone 7 Sporthalle	1253	361	0,63	0,45	389
Zone 8 Aufwärmküche	1072	382	0,00	0,39	148

monatliche Werte W_V [kWh]

	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Zone 1 Nebenflä	42	44	42	44	44	40	44	517
Zone 2 Sonstige	1.361	1.406	1.361	1.406	1.406	1.270	1.406	16.560
Zone 3 WC/Sanit	1.113	1.150	1.113	1.150	1.150	1.039	1.150	13.542
Zone 4 Büro/Bes	427	441	427	441	441	398	441	5.193
Zone 5 Mensa/Fo	580	599	580	599	599	541	599	7.058
Zone 6 Klassen-	1.307	1.352	1.307	1.352	1.352	1.221	1.352	15.912
Zone 7 Sporthal	377	389	377	389	389	351	389	4.582
Zone 8 Aufwärmk	143	148	143	148	148	134	148	1.742
	5.351	5.530	5.351	5.530	5.530	4.995	5.530	65.105

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

$t_V \cdot d_V$ = monatliche Betriebsstunden der RLT-Anlage = h/Tag * Tage * Nutzungsanteil im Regelbetrieb

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

W_V = Endenergiebedarf für die Luftförderung im Betrachtungsmonat (Hilfsenergie)

9.3 Zuluftkonditionierung (DIN V 18599-3)

Energiebedarfskennwerte für den Standort Deutschland (Potsdam)

Kennwerte für Zuluftvorwärmung im Januar

	θ_{HC} °C	$q_{H,12h}$ Wh/m ³	f_H	q_H Wh/m ³	$Q_{V,H}$ kWh	$A_{K,A}$ m ²
Zone 1 Nebenflächen	19,4	466	1,01	349	65	0,0
Zone 2 Sonstiger Aufentha	19,4	466	1,01	349	2.067	0,0
Zone 3 WC/Sanitär/Umkleid	19,4	466	1,01	349	1.690	0,0
Zone 4 Büro/Besprechung	19,4	466	1,01	349	648	0,0
Zone 5 Mensa/Foyer	19,4	466	1,01	349	881	0,0
Zone 6 Klassen-/Gruppenrä	19,4	466	0,98	188	1.927	0,0
Zone 7 Sporthalle	19,4	466	1,03	466	584	0,0

Indizierungen (i) für die Bilanzgrößen: H = Heizen, C = Kühlen, St = Befeuchten

θ_{HC} = korrigierte, mittlere Zulufttemperatur (berücksichtigt unterschiedliche Ventilatorabwärme)

$q_{i,12h} / q_i$ = Kennwerte für den Nutzenergiebedarf = F(Anlage-No, Bilanzgröße, Monat) nach Anhang A

f_i = Korrekturfaktor für die tägliche Anlagenbetriebszeit nach Gl.37

$Q_{V,i}$ = monatlicher Nutzenergiebedarf für die Bilanzgröße i

$A_{K,A}$ = Oberfläche der Luftleitungen außerhalb der thermischen Hülle

9.4 Energiebedarf für Zuluftvorwärmung

Zone Zone 1 Nebenflächen

		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
QV,H	kWh	2	19	41	66	65	52	37	332
t _h *,op	h	27	28	27	28	28	25	28	325
Q _h *,b	kWh	2	20	46	72	71	57	41	365
		2	20	46	72	71	57	41	365

Zone Zone 2 Sonstiger Aufenthalt

		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
QV,H	kWh	49	594	1.326	2.098	2.067	1.672	1.197	10.627
t _h *,op	h	27	28	27	28	28	25	28	325
Q _h *,b	kWh	54	654	1.459	2.308	2.273	1.839	1.317	11.689
		55	674	1.504	2.380	2.345	1.897	1.358	12.054

Zone Zone 3 WC/Sanitär/Umkleide

		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
QV,H	kWh	40	486	1.084	1.715	1.690	1.367	979	8.689
t _h *,op	h	27	28	27	28	28	25	28	325
Q _h *,b	kWh	44	535	1.193	1.887	1.859	1.504	1.077	9.558
		99	1.209	2.697	4.267	4.203	3.401	2.435	21.612

Zone Zone 4 Büro/Besprechung

		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
QV,H	kWh	15	186	416	658	648	524	376	3.333
t _h *,op	h	27	28	27	28	28	25	28	325
Q _h *,b	kWh	17	205	457	724	713	577	413	3.666
		116	1.414	3.155	4.990	4.916	3.977	2.849	25.278

Zone Zone 5 Mensa/Foyer

		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
QV,H	kWh	21	253	565	894	881	713	510	4.529
t _h *,op	h	27	28	27	28	28	25	28	325
Q _h *,b	kWh	23	279	622	983	969	784	561	4.981
		139	1.692	3.776	5.974	5.885	4.761	3.410	30.259

Zone Zone 6 Klassen-/Gruppenräume

		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
QV,H	kWh	-	554	1.236	1.955	1.927	1.559	1.116	9.881
t _h *,op	h	-	15	15	15	15	14	15	165
Q _h *,b	kWh	-	609	1.360	2.151	2.119	1.714	1.228	10.869
		139	2.302	5.136	8.125	8.004	6.476	4.638	41.128

Zone Zone 7 Sporthalle

		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
QV,H	kWh	13	168	374	592	584	472	338	2.969
t _h *,op	h	35	36	35	36	36	33	36	425
Q _h *,b	kWh	14	185	412	652	642	519	372	3.266

153	2.486	5.548	8.776	8.646	6.995	5.010	44.394
-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--------

Nutzwärmebedarf $Q_{V,H}$ nach Heizbereichen [kWh]

	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
1 Warmluftheizu	14	185	412	652	642	519	372	3.266
2 freie Heizflä	139	2.302	5.136	8.125	8.004	6.476	4.638	41.128
	153	2.486	5.548	8.776	8.646	6.995	5.010	44.394

Wärmeerzeugung siehe Abs.13 Heizsysteme

mit $Q_{V,H}$ = Nutzwärmebedarf der Zuluftvorwärmung, $t_{h*,op}$ = Bedarfszeit der Heizregister und $Q_{h*,b}$ = Nutzwärmebedarf der Heizregister $t_{h*,op} = t_{H,r} * t_{V,mech} * dV_{mech} * b_{bv,mth} / b_{vh,a} \cdot \max. t_{V,mech} * dV_{mech,m}$ (DIN V 18599-7, Gl.4) $Q_{h*,b}$ nach DIN V 18599-7, Gl.1, Übergabeverluste pauschal 10% (5.4.2)Leitungsverluste mit $\lambda_{K,A}$ und $f_{vh,d} = 16 \text{ W/m}^2$ **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 (34), 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	ATL m^2	ARB m^2	Tageslicht	CTL %
1 0107-0 FF FE01a S-W	S-W	1	100	57,0	6,9	gering	59
2 0110-0 FF FE01a N-W	N-W	1	100	30,4	4,6	gering	57
3 0112-0 FAW T02 S-O	S-O	1	100	33,0	21,6	gut	91
4 0114-0 FF FA01 S-O	S-O	1	100	20,1	4,3	mittel	78
5 0118-0 FAW T02 N-O	N-O	1	100	23,5	7,7	gut	81
6 0120-0 FF FE01a S-O	S-O	1	100	24,9	9,0	gut	85
7 0122-0 FF FE01a N-O	N-O	1	100	79,9	19,5	mittel	69
8 0123-0 FAW T02 N-W	N-W	1	100	16,6	7,7	gut	90
9 0124-0 FF FA01 N-W	N-W	1	100	53,1	21,5	gut	90
10 0127-0 FAW T02 Nord	Nord	1	100	13,5	3,8	mittel	75
11 0140-0 FF FE01a Nord	Nord	1	100	25,6	6,2	mittel	70
12 0142-0 FF FE01a West	West	1	100	30,7	6,2	gering	62
13 0205-0 FF FA01 S-O	S-O	2	300	105,1	46,2	gut	87
14 0208-0 FF FA01 N-W	N-W	2	300	123,0	88,9	gut	95
15 0209-0 FF FA01 N-O	N-O	2	300	78,1	55,3	gut	95
16 0213-0 FF FA01 Süd	Süd	2	300	85,4	30,5	gut	82
17 0305-0 FF FE01a S-O	S-O	3	200	14,5	2,3	gering	67
18 0313-0 FAW T02 Nord	Nord	3	200	8,3	7,7	gut	97
19 0411-0 FF FE01a S-W	S-W	4	500	185,6	55,8	gut	71
20 0412-0 FF FA01 S-W	S-W	4	500	85,1	39,0	gut	80
21 0414-0 FF FE01a S-O	S-O	4	500	26,2	8,9	gut	74
22 0419-0 FF FE01a N-O	N-O	4	500	28,4	6,7	mittel	59
23 0423-0 FF FE01a West	West	4	500	23,3	6,2	mittel	64

24	0506-0	FAW T02 Ost	Ost	5	300	8,7	3,4	gut	84
25	0508-0	FF FA01 Süd	Süd	5	300	50,3	27,3	gut	86
26	0509-0	FF FA01 Ost	Ost	5	300	24,6	17,3	gut	90
27	0604-0	FF FE01a Süd	Süd	6	300	44,8	17,7	gut	84
28	0605-0	FF FE01a Ost	Ost	6	300	109,5	41,6	gut	84
29	0611-0	FF FE01a S-W	S-W	6	300	254,3	89,5	gut	85
30	0613-0	FF FE01a N-W	N-W	6	300	50,7	17,7	gut	85
31	0614-0	FF FE01a S-O	S-O	6	300	74,6	32,7	gut	88
32	0618-0	FF FE01a N-O	N-O	6	300	132,5	48,3	gut	86
33	0621-0	FF FE01a Nord	Nord	6	300	46,9	17,7	gut	83
34	0710-0	FF FE01a N-W	N-W	7	300	262,1	37,9	gering	53

tageslichtversorgte Flächen nach Zonen

Zone	ANGF [m²]	ATL [m²]	AKTL [m²]
Zone 1 Nebenflächen	1230	408	822
Zone 2 Sonstiger Aufenth	845	392	454
Zone 3 WC/Sanitär/Umklei	323	23	300
Zone 4 Büro/Besprechung	464	349	115
Zone 5 Mensa/Foyer	360	84	277
Zone 6 Klassen-/Gruppenr	1110	713	396
Zone 7 Sporthalle	418	262	156
Zone 8 Aufwärmküche	72	-	72

ATL = 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 $DR_b = \max[(4.13 + 20 \cdot I_{Tr} - 1.36 \cdot I_{Rt}) \cdot I_v; 0]$ (Gl.30),

bei Dachoberlichtern $D_j = D_a \cdot \tau_{D65} \cdot k \cdot ARB / ATL \cdot \eta_R$ (Gl. 35), mit D_a = Außentageslichtquotient nach Tab.17, η_R =

Raumwirkungsgrad nach Tab. 18 / 19

c_{TL} = Tageslichtversorgungsfaktor = $c_{TL,Vers,SNA} \cdot (1 - t_{rel,TL,SA}) + c_{TL,Vers,SA} \cdot t_{rel,TL,SA}$ (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	0107-0	FF	FE01a	S-	1	59	65	67	63	59	57	55	55
2	0110-0	FF	FE01a	N-	1	57	65	69	64	61	59	57	57
3	0112-0	FAW	T02	S-O	1	91	73	43	35	29	25	23	22
4	0114-0	FF	FA01	S-O	1	78	70	54	47	42	39	37	36
5	0118-0	FAW	T02	N-O	1	81	70	52	45	40	36	34	34
6	0120-0	FF	FE01a	S-	1	85	70	50	42	37	34	31	31
7	0122-0	FF	FE01a	N-	1	69	70	59	53	49	46	44	43
8	0123-0	FAW	T02	N-W	1	90	73	44	36	30	26	24	23
9	0124-0	FF	FA01	N-W	1	90	73	44	37	31	27	24	23
10	0127-0	FAW	T02	Nor	1	75	70	55	49	44	41	39	38
11	0140-0	FF	FE01a	No	1	70	70	58	52	48	45	43	43
12	0142-0	FF	FE01a	We	1	62	65	66	61	57	55	53	53
13	0205-0	FF	FA01	S-O	2	87	60	55	49	44	41	39	39
14	0208-0	FF	FA01	N-W	2	95	60	51	44	39	36	34	33
15	0209-0	FF	FA01	N-O	2	95	60	51	44	39	36	34	33
16	0213-0	FF	FA01	Süd	2	82	60	58	52	48	45	43	43
17	0305-0	FF	FE01a	S-	3	67	50	72	68	65	63	61	61
18	0313-0	FAW	T02	Nor	3	97	60	51	44	38	35	33	32
19	0411-0	FF	FE01a	S-	4	71	73	56	49	45	42	40	39
20	0412-0	FF	FA01	S-W	4	80	75	49	42	36	33	30	30
21	0414-0	FF	FE01a	S-	4	74	73	54	48	43	40	38	37
22	0419-0	FF	FE01a	N-	4	59	73	64	59	55	52	50	50
23	0423-0	FF	FE01a	We	4	64	73	60	55	51	48	46	45

24	0506-0	FAW T02 Ost	5	84	60	57	51	47	44	42	41
25	0508-0	FF FA01 Süd	5	86	60	56	50	45	42	40	39
26	0509-0	FF FA01 Ost	5	90	60	54	48	43	39	37	37
27	0604-0	FF FE01a Sü	6	84	73	48	40	35	31	29	28
28	0605-0	FF FE01a Os	6	84	73	48	41	35	32	29	29
29	0611-0	FF FE01a S-	6	85	73	47	40	34	30	28	27
30	0613-0	FF FE01a N-	6	85	73	47	40	34	31	28	27
31	0614-0	FF FE01a S-	6	88	73	45	38	32	28	25	25
32	0618-0	FF FE01a N-	6	86	73	47	39	33	30	27	26
33	0621-0	FF FE01a No	6	83	73	48	41	35	32	29	29
34	0710-0	FF FE01a N-	7	53	65	71	67	63	61	60	60

Kontrollsystem(e): autark nicht ausschaltend, 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 (8)

Tabellenverfahren, monatlich berechnet (Januar)

Bereich	Zone	E _m lx	Lampen lx	P _j W/m ²	f _{Prä} m ²	t _{T,TL} h/m	t _{T,KTL} h/a	t _N h/a	Q _{l,b} kWh/m
1 Zone 1 Nebenfläch	1	100	1-1-2	3,6	0,14	18	369	30	122
2 Zone 2 Sonstiger	2	300	1-1-2	10,9	0,53	61	1335	109	838
3 Zone 3 WC/Sanitär	3	200	1-1-2	10,6	0,55	76	1399	114	439
4 Zone 4 Büro/Bespr	4	500	1-1-2	20,6	0,85	91	2162	176	1293
5 Zone 5 Mensa/Foye	5	300	1-1-2	10,9	0,53	63	1335	109	435
6 Zone 6 Klassen-/G	6	300	1-1-2	9,3	0,88	49	1225	0	709
7 Zone 7 Sporthalle	7	300	1-1-2	9,6	0,71	108	1794	887	824
8 Zone 8 Aufwärmküc	8	300	1-1-2	14,4	0,53	0	1266	782	183

4843

1-1-2 (1): stabförmige Leuchtstofflampen, Vorschaltgerät EVG elektronisch, direkt / indirekt, A_{KL} = 4.741 m²

Präsenzmelder: Zonen 1/2/3/5/7/8/, Konstantlichtregelung: Zonen 4/

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
Zone 1 Nebenfl	114	120	119	127	122	108	117	1.393
Zone 2 Sonstig	764	814	820	886	838	726	785	9.390
Zone 3 WC/Sani	422	438	425	441	439	395	436	5.142
Zone 4 Büro/Be	795	863	892	988	905	772	814	9.857
Zone 5 Mensa/F	411	430	423	445	435	387	424	5.024
Zone 6 Klassen	545	601	636	713	638	537	557	6.819
Zone 7 Sportha	771	812	801	847	824	727	793	9.442
Zone 8 Aufwärm	177	183	177	183	183	166	183	2.158

4.000 4.261 4.293 4.629 4.383 3.817 4.109 49.224

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} = Σ F_{t,n} * Σ Q_{l,b} = Q_{l,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
Zone 1 Nebenflächen	71	54	0,751	50,000	59,98	0,921
Zone 2 Sonstiger Aufenthalt	46	218	4,727	50,000	24,42	0,208
Zone 3 WC/Sanitär/Umkleide	17	34	2,024	50,000	14,33	0,418
Zone 4 Büro/Besprechung	31	115	3,665	50,000	29,79	0,268
Zone 5 Mensa/Foyer	16	73	4,461	50,000	26,05	0,221
Zone 6 Klassen-/Gruppenräume	75	284	3,788	50,000	23,61	0,257
Zone 7 Sporthalle	40	88	2,176	50,000	24,19	0,422
Zone 8 Aufwärmküche	19	25	1,279	50,000	13,40	0,566

Kühlenergiebedarf

Zone	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Apr kWh	Mai kWh	Jun kWh	Jahr kWh
$\Rightarrow Q_{C,b}$ (Raumklima)								
Zone 1 Nebenfl	-	-	-	-	-	2	19	139
Zone 2 Sonstig	133	154	151	327	920	2.143	3.413	17.649
Zone 3 WC/Sani	19	19	19	26	47	141	443	2.593
Zone 4 Büro/Be	65	67	59	144	409	973	1.492	8.235
Zone 5 Mensa/F	78	89	81	149	305	668	1.096	6.356
Zone 6 Klassen	121	135	130	289	836	1.953	3.174	16.822
Zone 7 Sportha	26	26	26	45	133	385	746	3.941
Zone 8 Aufwärm	22	22	21	30	48	98	155	1.080

Kühlenergiebedarf der Raumklimasysteme $Q_{C,b}$

$Q_{C,b} = (1 - \eta) \cdot Q_{source}$ 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, Juli} kW	Q _{C, max, Sept} kW	techn. gekühlt
Zone 1 Nebenflächen	13	7,8	2,1	nein
Zone 2 Sonstiger Aufenthalt	13	19,5	11,6	nein
Zone 3 WC/Sanitär/Umkleide	13	3,6	-0,9	nein
Zone 4 Büro/Besprechung	13	11,0	8,4	nein
Zone 5 Mensa/Foyer	13	6,5	4,1	nein
Zone 6 Klassen-/Gruppenräum	9	34,3	22,6	nein
Zone 7 Sporthalle	17	8,0	3,6	nein
Zone 8 Aufwärmküche	15	1,8	0,5	nein
		92,5	52,0	

$Q_{C,max} = 0.8 \cdot (Q_{source} - Q_{sink}) \cdot (1 + 0.3 \cdot \exp(-\tau/120)) - c_{wirk}/60 \cdot (\Delta\theta - 2) + c_{wirk}/40 \cdot (12 / t_{c-1})$ (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
Zone 1 Nebenflächen	nicht relevant			-
Zone 2 Sonstiger Auf	nicht relevant			-
Zone 3 WC/Sanitär/Um	Schule mit Dusc	0,500 m² Klassenräu	428	4.544 c
Zone 4 Büro/Besprech	nicht relevant			-
Zone 5 Mensa/Foyer	nicht relevant			-
Zone 6 Klassen-/Grup	nicht relevant			-
Zone 7 Sporthalle	nicht relevant			-
Zone 8 Aufwärmküche	nicht relevant			-

$Q_{w,b} = q_{w,b} \cdot d_{mth} \cdot d_{nutz}/365 \cdot \text{Menge}$ [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 zentrale WW-Versorgung	100% 3/	1,00	53.500
2			

12.3 Verteilungsnetze

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 3

Verteilssystem: mit Zirkulation, Zirkulationsbetrieb an $z = 11,0$ h/d

Wärmedurchgangskoeffizient U_i , gedämmte Leitungen nach 1995 (REF)

mittlere Temperatur des Rohrabschnitts $\theta_{w,av}$ ohne Zirkulation, im Zirkulationsbetrieb $57,5^\circ\text{C}$ (Tab.6)

Umgebungstemperatur in der thermischen Hülle = Bilanzinnentemperatur

Zirkulationspumpe

Volumenstrom $V = 0,26$ m³/h, $\Delta p = 15,9$ kPa, $P_{hydr} = 1,155$ kPa·m³/h, $e_{w,d,aux} = 16,3$

Elektrische Leistungsaufnahme P_p = unbekannt, geregelt, bedarfsorientiert

Verteilung (V)					Stränge (S)		Stichtlg. (St)	
(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 3								
Leitungslängen l_i		70 m			26 m		89 m	
Wärmedurchgangskoeffizient U_i		0,200 W/(mK)			0,255 W/(mK)		0,255 W/(mK)	
Warmwassertemperatur $\theta_{w,av}$		34,5 °C			32,9 °C		32,9 °C	
Umgebungstemperatur $\theta_{I,Jan}$		13,0 °C			19,9 °C		19,9 °C	
Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 3

$Q_{w,b}$	kWh	4.397	4.544	4.397	4.544	4.544	4.104	4.544	53.500
$Q_{w,d, V}$	kWh	361	373	361	373	373	337	373	4.396
$Q_{w,d, S}$	kWh	132	137	134	140	140	126	139	1.616
$Q_{w,d, St}$	kWh	137	145	143	150	150	135	148	1.702
$Q_{w,d}$	kWh	630	655	639	663	663	598	660	7.714
$w_{w,d}$	kWh	4	4	4	4	4	4	4	52

$Q_{I,w,d}$ kWh 268 282 278 290 290 261 286 3.318

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) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 3

indirekt beheizter Speicher, bivalent mit Solarteil, Speichervolumen $V_{aux} = 750$, $V_{sol} = 150$ Liter

Bereitschafts-Wärmeverlust $Q_{s,P0,day} = 5,3$ kWh/d

Umgebungstemperatur am Aufstellort θ_l 13,0 °C (Heizperiode), außerhalb der Heizperiode 22,0 °C

Speicher-Wärmeverlust $Q_{w,s} = f_{con} * (55 - T_u) / 45 * d_{op,mth} * Q_{s,P0,day}$ mit $f_{con} = 1,2$ (Gl.25)

Speicherladepumpe mit $P_p = 4973$ W, Hilfsenergiebedarf $W_{w,s}$

Erzeugernutzwärmeabgabe für Trinkwarmwasserbereitung $Q_{w,outg} = Q_{w,b} + Q_{w,d}$ monatlich

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

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 3

$Q_{w,outg}$	kWh	5.027	5.199	5.036	5.207	5.207	4.702	5.204	61.214
--------------	-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--------

$Q_{w,s}$	kWh	122	126	122	126	126	114	126	1.379
-----------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-------

$W_{w,s}$	kWh	1.174	1.214	1.176	1.215	1.215	1.097	1.215	14.264
-----------	-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--------

12.5 Solaranlage zur Trinkwassererwärmung

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 3

Solaranlage (1), Klimaregion 4

Kollektoren mit Apertur $A_C = 183,6$ m², Orientierung = Süd -45,0 °, Neigung zur Horizontalen = 30,0 °

Solarspeicher mit $V_{sol} = 150$ und $V_{aux} = 750$ Liter

Energieertrag der thermischen Solaranlage nach T8, Abs. 6.4.3 = 49.792 kWh/a (Klimaregion 4 Potsdam (Deutschland)), davon nutzbar 38.972 kWh/a für Warmwasser (Deckungsanteil 57,9%), Korrekturen für abweichende Kollektor- / Speichergröße nach Gl.67 mit $A_{C,Soll} = 176,17$ m² und $V_{Soll} = 5558 + 3153$ Liter, Hilfsenergiebedarf der Solarpumpe vereinfachend $W_{w,gen} = 0.025 * Q_{w,sol}$

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

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 3

$Q_{w,sol}$	kWh	5.149	3.834	299	-	677	251	2.616	38.972
-------------	-----	-------	-------	-----	---	-----	-----	-------	--------

$W_{w,gen}$	kWh	129	96	7	-	17	6	65	974
-------------	-----	-----	----	---	---	----	---	----	-----

12.6 Nutzwärmebedarf der Warmwassererzeugung

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

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 3

$Q_{w,outg}$	kWh	-	1.492	4.860	5.333	4.657	4.565	2.714	23.620
--------------	-----	---	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--------

12.7 Wärmepumpen zur Trinkwassererwärmung

nicht vorgesehen

12.8 Wärmeerzeugung

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 3

Wärmeerzeuger 283 Brennwertkessel, verbessert ab 1999 (283) 239,4 kW (Erdgas), siehe Heizbereich 2
Wirkungsgrad bei Nennwärmeleistung $\eta_{k,P_n} = 96,4 \%$, Bereitschaftswärmeverlust $q_{P0,70} = 0,0045 \text{ kW}$
elektrische Leistungsaufnahme im Betrieb $P_{aux,P_n} = 624 \text{ W}$, im Schlummerbetrieb $P_{aux,P0} = 15 \text{ W}$
mittlere Kesseltemperatur 45 °C , Kesselaufstellung im unbeheizten Bereich (13 °C)

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) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 3									
$Q_{w,outg}$	kWh	-	1.492	4.860	5.333	4.657	4.565	2.714	23.620
$t_{w,P_n,d}$	h/d	-	0,3	1,0	1,0	0,9	1,0	0,5	
$Q_{w,g}$	kWh	-	3	33	38	29	31	10	144
$Q_{w,f}$	kWh	-	1.495	4.892	5.371	4.686	4.596	2.724	23.764
$W_{w,gen}$	kWh	3	4	13	14	12	12	7	89

mit $Q_{w,outg}$ = Nutzwärmebedarf der Erzeugung, $t_{w,P_n,d}$ = Laufzeit des Kessels im WW-Betrieb, $Q_{w,g}$ = Wärmeverlust des Kessels im WW-Betrieb und ggf. anteilig im Stillstand, $Q_{w,f} = Q_{w,outg} + Q_{w,g}$ = Endenergiebedarf, $W_{w,gen}$ = Hilfsenergiebedarf

12.9 Endenergie Warmwasserbereitung

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{w,outg}$	kWh	5.149	5.325	5.158	5.333	5.333	4.816	5.330	62.592
$Q_{w,f}$	kWh	-	1.495	4.892	5.371	4.686	4.596	2.724	23.764
$W_{w,f}$	kWh	1.310	1.318	1.200	1.234	1.249	1.120	1.292	15.380
solar	kWh	5.149	3.834	299	-	677	251	2.616	38.972
Erdgas	kWh	-	1.495	4.892	5.371	4.686	4.596	2.724	23.764
$Q_{I,w,<3>}$	kWh/d	8,9	9,1	9,3	9,3	9,3	9,3	9,2	

$Q_{w,outg} / Q_{w,f}$ = Nutz- / Endenergiebedarf für Warmwasserbereitung
 $W_{w,f}$ = Hilfsenergiebedarf, $Q_{I,w}$ = ungeregelte Wärmeeinträge durch Leitungs- / Speicherverluste
Ungeregelte 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 $\theta_{e,min} = -12 \text{ °C}$

Zone	$Q_{T,max}$ kW	$Q_{V,max}$ kW	V_{mech} m³/h	$Q_{V,mech}$ kW	$\Phi_{h,max}$ kW
Zone 1 Nebenflächen	24,0	3,9	197	0,9	28,7
Zone 2 Sonstiger Aufenthalt	16,3	2,1	5921	25,8	44,2
Zone 3 WC/Sanitär/Umkleide	5,5	1,0	4843	21,1	27,6
Zone 4 Büro/Besprechung	11,2	1,4	1860	8,1	20,7
Zone 5 Mensa/Foyer	5,3	1,0	2524	11,0	17,3
Zone 6 Klassen-/Gruppenraum	27,1	3,1	10255	44,6	74,9
Zone 7 Sporthalle	13,4	2,3	1263	5,5	21,2
Zone 8 Aufwärmküche	1,0	3,8	0	0,0	4,8

$Q_{T,max}$ = 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

$V_{mech} = n_{mech,ZUL} \cdot V$ = Mindestvolumenstrom der mechanischen Lüftungsanlage

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

$\Phi_{h,max} = Q_{T,max} + 0.5 \cdot Q_{V,max} + Q_{V,mech}$ = erforderliche Heizleistung in der Gebäudezone (T2 Gl.B.4)

13.2 Eingesetzte Heizsysteme

Anlage	Versorgungsbereich	Zone (n)	$Q_{h,b}$ kWh/Jahr	$\Phi_{h,max}$ kW	$Q_{N,h}$ kW
1 Warmluftheizung, Luftauslässe	100%	7/	32.755	21,2	155,4
2 freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr	**		271.390	218,0	239,4
3					

** = 1/2/3/4/5/6/8/

<1> hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, Warmluftsystem (Gradient T'_{str}), $\theta_{str} = K/m$

<2> hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, Heizkörper, Raumtemperaturregelung P-Regler nicht zertifiziert, intermittierender Heizbetrieb ja, Einzelraumregelsystem ohne

RLT-Heizregister im Heizbereich $\Rightarrow Q_{h,b} = Q_{h,b} + Q_{h^*,b}$ enthält Nutzwärmebedarf für das Heizregister
Übergabe- und Verteilungsverluste für $Q_{h^*,b}$ siehe "RLT-Systeme"

Heizwärmebedarf nach Heizbereichen

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,b}, <1>$	kWh	528	2.347	4.330	5.696	5.626	4.745	4.016	29.489
$Q_{h^*,b}, <1>$	kWh	14	185	412	652	642	519	372	3.266
$Q_{h,b}, <2>$	kWh	7.282	19.779	32.703	41.105	40.112	34.418	29.619	230.262
$Q_{h^*,b}, <2>$	kWh	139	2.302	5.136	8.125	8.004	6.476	4.638	41.128

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

13.3 Heizzeiten

(1) Bereich "Warmluftheizung, Luftauslässe seitlich (REF '20)", Leitzone Zone 7 Sporthalle

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$t_h <7>$	h/m	532	744	720	744	744	672	744	6.246
$t_{h,rL,d} <7>$	h/d	17	17	19	20	20	20	19	
$d_{h,rB} <7>$	d/m	15	23	24	26	26	23	25	205
$t_{h,rL} <7>$	h/m	261	398	460	524	522	459	467	3.789

(2) Bereich "freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr", Leitzone Zone 8 Aufwärmküche

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$t_h <8>$	h/m	720	744	720	744	744	672	744	7.747
$t_{h,rL,d} <8>$	h/d	15	15	17	19	19	18	17	
$d_{h,rB} <8>$	d/m	25	27	27	28	28	25	28	280
$t_{h,rL} <8>$	h/m	372	405	467	531	529	466	474	4.637

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

$t_{h,rL,day} = 24 - f_{L,NA} \cdot (24 - t_{h,op,day})$ (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)

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

13.4 Heizwärmeübergabe

(1) Warmluftheizung, Luftauslässe seitlich (REF '20)

hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, Warmluftsystem (Gradient T'_{str}),
 $\theta_{str} = K/m$

Summe der Temperaturschwankungen $\Delta\theta_{ce} = 0,2+0 = 0,20^\circ K$ (T5 Gl.35)
 $Q_{h,ce} = Q_{h,b} \cdot \Delta\theta_{ce} / (T_{i,h} - T_e)$ (Gl.34) (1,5%)

Hilfsenergie der Wärmeübertragungsprozesse:
 $W_{h,ce} = f_{h,ce,aux} \cdot Q_{h,b}$ (Gl.49 / 51), unregelte Wärmeeinträge $Q_{l,h,ce} = W_{h,ce}$

(2) freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr
 hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, Heizkörper,
 Raumtemperaturregelung P-Regler nicht zertifiziert, intermittierender Heizbetrieb ja,
 Einzelraumregelsystem ohne

Summe der Temperaturschwankungen $\Delta\theta_{ce} = (0+0)/2+1,2-0,3+0,2+0 = 1,10^\circ K$ (T5 Gl.35)
 $Q_{h,ce} = Q_{h,b} \cdot \Delta\theta_{ce} / (T_{i,h} - T_e)$ (Gl.34) (7,8%)

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
<hr/>									
(1) Warmluftheizung, Luftauslässe seitlich (REF '20)									
$Q_{h,b}$	kWh	528	2.347	4.330	5.696	5.626	4.745	4.016	29.489
$Q_{h,ce}$	kWh	23	51	60	65	65	57	58	432
$W_{h,ce}$	kWh	6	28	52	68	68	57	48	354
$Q_{l,h,ce}$	kWh	6	28	52	68	68	57	48	354
 (2) freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr									
$Q_{h,b}$	kWh	7.282	19.779	32.703	41.105	40.112	34.418	29.619	230.262
$Q_{h,ce}$	kWh	1.254	1.984	2.232	2.359	2.313	2.078	2.096	17.907
<hr/>									
$\Sigma Q_{h,b+ce}$	kWh	9.087	24.161	39.324	49.225	48.115	41.298	35.789	278.090

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

Verluste der Wärmeübergabe $Q_{h,ce} = Q_{h,b} \cdot \Delta\theta_{ce} / (T_{i,h} - T_e)$ (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

Hilfsenergiebedarf der Wärmeübergabe $W_{h,ce}$ mit den Parametern

P_C = elektrische Nennleistungsaufnahme der Regelungseinrichtungen (Tab.20 oder Herstellerangabe)

P_V / P_P = elektrische Nennleistungsaufnahme der Ventilatoren und Pumpen (Tab.21)

$P_{h,aux}$ = Hilfsenergiebedarf von Erzeugern, Erhitzern und Ventilatoren bei direkter Beheizung ($h_R > 4m$, Gl.49)

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) Warmluftheizung, Luftauslässe seitlich (REF '20)
 Verteilung nicht vorgesehen

(2) freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr
 System: (DIN V 18599-5:2018) Nutzungstyp "1 Wohnen, Büro, Hotels", Netztyp 3 Steigestrangtyp,
 Leitungslängen nach Abs.6.3 mit $A_{Nutz,Heizbereich} = 4313,2 m^2$, Geschosshöhe i.M. = 4,03 m, 3
 Geschosse.
 Vor- / Rücklauftemperatur (Auslegung) $\theta_{VA} = 70^\circ C$ / $\theta_{RA} = 55^\circ C$, $T_{i,Soll,<8>} = 21,0^\circ C$

Wärmedurchgangszahlen U_i nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 32 kPa (aus Rohrleitung, Erzeuger, Wärmemengenzähler, Strangarmaturen)

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

Heizungspumpe, P_{Pumpe} unbekannt

	Verteilung (V)	Stränge (S)	Anbindung (A)
(2) freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr			
Leitungslängen l_i	518,1 m	902,5 m	1.078,3 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
(2) freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr								
$\beta_{h,d}$	0,05	0,13	0,22	0,27	0,26	0,25	0,20	
$\theta_{VL,av}$ °C	26,2	31,4	36,4	38,8	38,4	37,8	35,0	
$\theta_{RL,av}$ °C	24,6	28,2	31,7	33,3	33,1	32,7	30,7	
$Q_{h,d}$ kWh	1.492	2.717	4.337	5.580	5.467	4.656	4.043	32.567
$W_{h,d}$ kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
$Q_{I,h,d}$ kWh	1.014	2.011	3.318	4.310	4.218	3.583	3.069	25.005

Leitungsverluste $Q_{h,d}$ = 11,7 %, unregelmäßige Wärmeeinträge $Q_{I,h,d}$ = 9,0 %

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) Warmluftheizung, Luftauslässe seitlich (REF '20)

Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,out}^*$ kWh	565	2.583	4.802	6.413	6.332	5.321	4.446	33.187

(2) freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr

Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,out}^*$ kWh	10.167	26.782	44.407	57.168	55.897	47.627	40.395	321.864

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

$Q_{h,out}^*$ = Nutzwärmebedarf mit RLT-Wärmebedarf

Die Erzeugerverluste $Q_{h,g}$ im sommerlichen Heizbetrieb (nur $Q_{h*,b}$) können mangels rechnerischer Laufzeiten für die Erzeuger derzeit nicht bestimmt werden.

13.7 Heizwärmepufferspeicher

nicht vorgesehen

13.8 solare Heizungsunterstützung

nicht vorgesehen

13.9 Heizungswärmepumpen

nicht vorgesehen

13.10 Konventionelle Heizwärmeerzeuger

Heizbereiche (1) (2)

(1) "Warmluftheizung, Luftauslässe seitlich (REF '20)", Zonen 7 ($A_{NGF} = 418 \text{ m}^2$)

Heizung dezentrale Warmluftbeheizungsgeräte, nicht kondensierend mit konstanter Verbrennungsluftmenge

Dezentrale Hallenheizung 155,4 kW, Energieträger Erdgas

Verluste der Wärmeerzeugung $Q_{h,gen} = (f_{Hs}/\eta_{h,gen} - 1) \cdot Q_{h,outg}$ mit $\eta_{h,gen}$ nach Tab.52(2) "freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr", Zonen 1/2/3/4/5/6/8 ($A_{NGF} = 4.403 \text{ m}^2$)

Heizung mit einem konventionellen Wärmeerzeuger

1. Brennwärtekessel, verbessert ab 1999 (283), $P_n = 239,4 \text{ kW}$ (Erdgas)Umgebungstemperatur am Aufstellort $\theta_i = 13^\circ\text{C}$, außerhalb der thermischen HülleTageslaufzeit zur TW-Erwärmung $t_{w,100,Jan} = 0,00 \text{ h/d}$ Kesselwirkungsgrade, Prüfstand $\eta_{k,Pn} = 0,964$ (Nennlast), $\eta_{k,Pint} = 1,054$ (Teillast)Bereitschaftswärmeverlust $q_{p0,70} = 0,0045 \text{ kW}$, monatliche Belastungsgrade β_h siehe TabelleVerlustleistungen im Januar $P_{gen,Pn} = 19,75 \text{ kW}$, $P_{gen,Pint} = 4,68 \text{ kW}$, $P_{gen,P0} = 0,65 \text{ kW}$ (Gl.183 ff)elektrische Leistungsaufnahme $P_{aux,Pn} = 0,624 \text{ kW}$, $P_{aux,Pint} = 0,208 \text{ kW}$, $P_{aux,P0} = 0,015 \text{ kW}$ $P_{d,in} = Q_{h,outg} / \text{Betriebszeit} = \text{durchschnittliche Wärmeabgabeleistung [kW]}, \text{Gl.181 } (d_{h,rB} > 1)$ $\beta_h = P_{d,in} / P_n = \text{Belastungsgrade der Heizkessel, monatlich, Gl.154}$ $Q_{h,gen} = \sum Q_{h,gen,ls,day,i} \cdot d_{h,rB} = \text{Gesamtverlust der Heizwärmeerzeugung [kWh/m]}, \text{Gl.178}$ $Q_{h,f} = Q_{h,outg} + Q_{h,gen} = \text{Endenergiebedarf der Wärmeerzeugung}$ $W_{h,gen} = \text{Hilfsenergiebedarf nach Gl.192}$ $Q_{l,h,gen} = \text{ungeregelte Wärmeeinträge durch Wärmeerzeuger in der thermischen Hülle, Gl.191}$

(1) Warmluftheizung, Luftauslässe seitlich (REF '20)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,outg}$	kWh	565	2.583	4.802	6.413	6.332	5.321	4.446	33.187
$Q_{h,gen}$	kWh	124	568	1.055	1.409	1.392	1.170	977	7.294
$Q_{h,f}$	kWh	690	3.151	5.857	7.823	7.724	6.491	5.423	40.481
$W_{h,gen}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-

(2) freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,outg}$	kWh	10.167	26.782	44.407	57.168	55.897	47.627	40.395	321.864
$\beta_{h,1}$		0,11	0,28	0,40	0,45	0,44	0,43	0,36	
$Q_{h,gen,1}$	kWh	516	1.411	2.955	4.230	4.086	3.386	2.503	21.007
$Q_{h,f}$	kWh	10.683	28.192	47.362	61.398	59.983	51.013	42.898	342.871
$W_{h,gen}$	kWh	38	83	128	161	158	135	118	982

13.11 Endenergie Heizwärme

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,f}$	kWh	11.373	31.343	53.219	69.220	67.707	57.504	48.321	383.351
W_h	kWh	44	111	180	229	225	192	167	1.336

Erdgas	kWh	11.373	31.343	53.219	69.220	67.707	57.504	48.321	383.343
Q _{I,h,<1>}	kWh/d	9,4	18,1	30,9	38,8	38,0	35,7	27,6	
Q _{I,h,<2>}	kWh/d	6,5	12,5	21,2	26,7	26,1	24,6	19,0	
Q _{I,h,<3>}	kWh/d	2,5	4,7	8,1	10,2	9,9	9,3	7,2	
Q _{I,h,<4>}	kWh/d	3,6	6,8	11,6	14,6	14,3	13,4	10,4	
Q _{I,h,<5>}	kWh/d	2,8	5,3	9,1	11,4	11,2	10,5	8,1	
Q _{I,h,<6>}	kWh/d	8,5	16,3	27,9	35,0	34,3	32,2	25,0	
Q _{I,h,<7>}	kWh/d	0,2	0,9	1,7	2,2	2,2	2,0	1,6	
Q _{I,h,<8>}	kWh/d	0,5	1,0	1,8	2,2	2,2	2,0	1,6	

$Q_{h,f}$ = 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
Erdgas	Heizwärme	*	383.343	1,10	1,11	379.890
solar	Warmwasser		38.972	0,00	1,00	-
Erdgas	Warmwasser	3/	23.764	1,10	1,11	23.550
Strom-Mix	Beleuchtung	**	49.224	1,80	1,00	88.603
Strom-Mix	Hilfsenergie		81.821	1,80	1,00	147.278
Σ [kWh/Jahr]			577.125			639.321

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

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

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

Jahres-Primärenergiebedarf $q_P = 639.321 / 4.821 = 132,6 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$ ($\Sigma A_{NGF} = 4.821 \text{ m}^2$)

Endenergie (brennwertbezogen) = Jahressummen aus den Prozessbereichen

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

Endenergiebedarf: Hilfsenergie 17,0 kWh/(m²a), Erdgas 84,4 kWh/(m²a), solar 8,1 kWh/(m²a),

Strom-Mix 10,2 kWh/(m²a)

Treibhausgasemissionen (CO₂)

Energieträger	Endenergie kWh/a	Emissionsfaktor g CO ₂ /kWh	Emissionen kg/a	kg/(m ² a)
Erdgas	345.354	240	82.885	
solar	38.972		-	
Erdgas	21.409	240	5.138	
Strom-Mix	49.224	560	27.566	
Strom-Mix	81.821	560	45.820	

536.780

161.409

33,5

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 Zone	m²	RLT 9 kWh/a	Beleucht. 10 kWh/a	Klima 11 kWh/a	Warmwasser 12 kWh/a	Heizung 13 kWh/a	Summe kWh/a
Zone 1 Nebenfläch	1.230	-	1.393	-	-	112.222	113.614
Zone 2 Sonstiger	845	-	9.390	-	-	49.202	58.592
Zone 3 WC/Sanitär	323	-	5.142	-	62.736	30.036	97.914
Zone 4 Büro/Bespr	464	-	9.857	-	-	31.030	40.886
Zone 5 Mensa/Foye	360	-	5.024	-	-	16.046	21.070
Zone 6 Klassen-/G	1.110	-	6.819	-	-	81.603	88.422
Zone 7 Sporthalle	418	-	9.442	-	-	40.481	49.923
Zone 8 Aufwärmküc	72	-	2.158	-	-	22.767	24.925
Gebäude	4.821	-	49.224	-	62.736	383.386	495.346

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	13,5	10,2	0,0	11,1	63,1	97,9
Endenergiebedarf	13,5	10,2	0,0	16,2	79,8	119,7
Primärenergiebedarf	24,3	18,4	0,0	10,6	79,3	132,6

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

15.0 Primärenergie-Referenzwert

vorh $q_P = 132,6 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

Anhang D

Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes

Sommerlicher Wärmeschutz

Sommerlicher Wärmeschutz nach DIN 4108-2:2013-02

Objekt Schule Essen Kettwig

Nachweis erstellt am 06.04.2023

Raum / Raumbereich: EG 0.27 Ruheraum Beschäftigte

Sommerklima-Region B

Nettogrundfläche A_G	Nutzung	Bauart
23,28 m ²	Nichtwohngebäude	mittel

Zugehörige Fenster

Bezeichnung	Orientierung	Neigung	Fläche A_w	g-Faktor	F_c	$F_{c, \text{permanent}}$	F_s	$A_w \cdot g \cdot F_c \cdot F_s$
Fenster S-W	Süd-West	90,0	4,40 m ²	0,35	0,20	1,00	1,00	0,31 m ²
Fenster S-W - Sonnenschutz / Verschattung: Jalousie und Raffstore, drehbare Lamellen, 45° Lamellenstellung / keine Verschattung								
Summe			4,40 m ²					0,31 m ²

Sonneneintragskennwert $S = \text{Summe } (A_w \cdot g \cdot F_c \cdot F_s) / A_G$ 0,013

Bestimmung des zulässigen Sonneneintragskennwertes $S_{\text{zulässig}}$

Anteile	Anteiliger Sonneneintragskennwert
S_1 : mittlere Bauart, ohne Nachtlüftung	0,013
S_2 : Grundflächenbezogener Flächenanteil ($f_{WG} = 0,189$)	0,008
S_3 : Fenster mit Sonnenschutzglas ($A_{W, \text{glot}} \leq 0,4 = 4,40 \text{ m}^2$)	0,030
S_4 : Fensterneigung $< 60^\circ$ ($f_{\text{neig}} = 0,000$)	0,000
S_5 : Orientierung ($f_{\text{nord}} = 0,000$)	0,000
S_6 : Ohne Einsatz passiver Kühlung	0,000
Summe = $S_{\text{zulässig}}$	0,051

Der Sonneneintragskennwert $S = 0,013$ ist kleiner gleich als der zulässige Sonneneintrags-Höchstwert $S_{\text{zulässig}} = 0,051$

Die Anforderungen für den Raum "EG 0.27 Ruheraum Beschäftigte" nach DIN 4108-2:2013-02 sind erfüllt

Sommerlicher Wärmeschutz

Sommerlicher Wärmeschutz nach DIN 4108-2:2013-02

Objekt Schule Essen Kettwig

Nachweis erstellt am

06.04.2023

Raum / Raumbereich: EG 0.04 Mensa

Sommerklima-region B

Mensa, keine Nachtlüftung

Nettogrundfläche A_G	Nutzung	Bauart
150,40 m ²	Nichtwohngebäude	mittel

Zugehörige Fenster

Bezeichnung	Orientierung	Neigung	Fläche A_w	g-Faktor	F_c	$F_{c, \text{permanent}}$	F_s	$A_w \cdot g \cdot F_c \cdot F_s$
Fenster S-W	Süd-West	90,0	26,71 m ²	0,35	0,20	1,00	1,00	1,87 m ²
Fenster S-W - Sonnenschutz / Verschattung: Jalousie und Raffstore, drehbare Lamellen, 45° Lamellenstellung / keine Verschattung								
Fenster S-O	Süd-Ost	90,0	19,36 m ²	0,35	0,20	1,00	1,00	1,36 m ²
Fenster S-O - Sonnenschutz / Verschattung: Jalousie und Raffstore, drehbare Lamellen, 45° Lamellenstellung / keine Verschattung								
Summe			46,07 m ²					3,22 m ²

Sonneneintragskennwert $S = \text{Summe } (A_w \cdot g \cdot F_c \cdot F_s) / A_G$ 0,021

Bestimmung des zulässigen Sonneneintragskennwertes $S_{\text{zulässig}}$

Anteile	Anteiliger Sonneneintragskennwert
S_1 : mittlere Bauart, ohne Nachtlüftung	0,013
S_2 : Grundflächenbezogener Flächenanteil ($f_{WG} = 0,306$)	-0,005
S_3 : Fenster mit Sonnenschutzglas ($A_{W, \text{glot} \leq 0,4} = 46,07 \text{ m}^2$)	0,030
S_4 : Fensterneigung $< 60^\circ$ ($f_{\text{neig}} = 0,000$)	0,000
S_5 : Orientierung ($f_{\text{nord}} = 0,000$)	0,000
S_6 : Ohne Einsatz passiver Kühlung	0,000
Summe = $S_{\text{zulässig}}$	0,038

Der Sonneneintragskennwert $S = 0,021$ ist kleiner gleich als der zulässige Sonneneintrags-Höchstwert $S_{\text{zulässig}} = 0,038$

Die Anforderungen für den Raum "EG 0.04 Mensa" nach DIN 4108-2:2013-02 sind erfüllt

Sommerlicher Wärmeschutz

Sommerlicher Wärmeschutz nach DIN 4108-2:2013-02

Objekt Schule Essen Kettwig

Nachweis erstellt am 06.04.2023

Raum / Raumbereich: 1OG 1.26 Lernbereich Kl. 2

Sommerklima-region B

Unterricht Klasse 2, keine Nachtlüftung

Nettogrundfläche A_G	Nutzung	Bauart
72,68 m ²	Nichtwohngebäude	mittel

Zugehörige Fenster

Bezeichnung	Orientierung	Neigung	Fläche A_w	g-Faktor	F_c	$F_{c \text{ permanent}}$	F_s	$A_w \cdot g \cdot F_c \cdot F_s$
Fenster S-W	Süd-West	90,0	15,55 m ²	0,35	0,20	1,00	1,00	1,09 m ²
Fenster S-W - Sonnenschutz / Verschattung: Jalousie und Raffstore, drehbare Lamellen, 45° Lamellenstellung / keine Verschattung								
Fenster S-O	Süd-Ost	90,0	12,42 m ²	0,35	0,20	1,00	1,00	0,87 m ²
Fenster S-O - Sonnenschutz / Verschattung: Jalousie und Raffstore, drehbare Lamellen, 10° Lamellenstellung / keine Verschattung								
Summe			27,97 m ²					1,96 m ²

Sonneneintragskennwert $S = \text{Summe } (A_w \cdot g \cdot F_c \cdot F_s) / A_G$ 0,027

Bestimmung des zulässigen Sonneneintragskennwertes $S_{\text{zulässig}}$

Anteile	Anteiliger Sonneneintragskennwert
S_1 : mittlere Bauart, ohne Nachtlüftung	0,013
S_2 : Grundflächenbezogener Flächenanteil ($f_{WG} = 0,385$)	-0,014
S_3 : Fenster mit Sonnenschutzglas ($A_{W, \text{glot} \leq 0,4} = 27,97 \text{ m}^2$)	0,030
S_4 : Fensterneigung $< 60^\circ$ ($f_{\text{neig}} = 0,000$)	0,000
S_5 : Orientierung ($f_{\text{nord}} = 0,000$)	0,000
S_6 : Ohne Einsatz passiver Kühlung	0,000
Summe = $S_{\text{zulässig}}$	0,029

Der Sonneneintragskennwert $S = 0,027$ ist kleiner gleich als der zulässige Sonneneintrags-Höchstwert $S_{\text{zulässig}} = 0,029$

Die Anforderungen für den Raum "1OG 1.26 Lernbereich Kl. 2" nach DIN 4108-2:2013-02 sind erfüllt

Sommerlicher Wärmeschutz

Sommerlicher Wärmeschutz nach DIN 4108-2:2013-02

Objekt Schule Essen Kettwig

Nachweis erstellt am 06.04.2023

Raum / Raumbereich: 1OG 1.24 Differenzierung

Sommerklimaregion B

Differenzierung, keine Nachtlüftung

Nettogrundfläche A_G	Nutzung	Bauart
20,06 m ²	Nichtwohngebäude	mittel

Zugehörige Fenster

Bezeichnung	Orientierung	Neigung	Fläche A_w	g-Faktor	F_c	$F_{c, \text{permanent}}$	F_s	$A_w \cdot g \cdot F_c \cdot F_s$
Fenster S-W	Süd-West	90,0	6,21 m ²	0,35	0,20	1,00	1,00	0,43 m ²
Fenster S-W - Sonnenschutz / Verschattung: Jalousie und Raffstore, drehbare Lamellen, 10° Lamellenstellung / keine Verschattung								
Summe			6,21 m ²					0,43 m ²

Sonneneintragskennwert $S = \text{Summe } (A_w \cdot g \cdot F_c \cdot F_s) / A_G$ 0,022

Bestimmung des zulässigen Sonneneintragskennwertes $S_{\text{zulässig}}$

Anteile	Anteiliger Sonneneintragskennwert
S_1 : mittlere Bauart, ohne Nachtlüftung	0,013
S_2 : Grundflächenbezogener Flächenanteil ($f_{WG} = 0,310$)	-0,006
S_3 : Fenster mit Sonnenschutzglas ($A_{W, \text{glot} < 0,4} = 6,21 \text{ m}^2$)	0,030
S_4 : Fensterneigung $< 60^\circ$ ($f_{\text{neig}} = 0,000$)	0,000
S_5 : Orientierung ($f_{\text{nord}} = 0,000$)	0,000
S_6 : Ohne Einsatz passiver Kühlung	0,000
Summe = $S_{\text{zulässig}}$	0,037

Der Sonneneintragskennwert $S = 0,022$ ist kleiner gleich als der zulässige Sonneneintrags-Höchstwert $S_{\text{zulässig}} = 0,037$

Die Anforderungen für den Raum "1OG 1.24 Differenzierung" nach DIN 4108-2:2013-02 sind erfüllt